

MT Bilimsel

Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources*

Derginin Adı
MT Bilimsel

İmtiyaz Sahibi
MAYEB Basın Yayın
İnsan Kaynakları Ltd. Şti.
adına Onur Aydın

Genel Koordinatör
Onur Aydın
onur@mayeb.com.tr

Yazı İşleri Müdürü
Volkan Okyay
volkan@mayeb.com.tr

Grafik Tasarım - Uygulama
Simge Ören
simge@mayeb.com.tr

Hukuk Danışmanı
Av. Evrim İnal

Yayın İdare Merkezi
1042. Cd. (Eski 4. Cd.) 1335. Sk.
(Eski 19. Sk.) Vadi Köşk Apt.
No: 6/8 A. Öveçler ANK.
Tel : +90 (312) 482 18 60
Fax : +90 (312) 482 18 61

info@mtbilimsel.com
www.mtbilimsel.com

Yerel Süreli Yayıncıdır

ISSN 2146-9431

Ulusal Hakemli Dergidir



Yayın Kurulu

Baş Editör:

C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
o.aksoy@mtbilimsel.com

Editörler:

Mahmut Yavuz

Eskişehir Osmangazi Üni., Maden Müh. Bölümü

Vehbi Özacar

Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü

Eren Kömürlü

Giresun Üni., İnşaat Müh. Bölümü

Güzin Gülsev Uyar Aksoy

Ankara Üni., Jeofizik Müh. Bölümü

Madencilik Türkiye Dergisi Temsilcisi

Onur Aydın (Madencilik Türkiye Dergisi)
onur@mtbilimsel.com

Bilimsel Yayın Kurulu (Alfabetik):

- Ali Sarıışık (Afyon Kocatepe Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Bahtiyar Ünver (Hacettepe Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Christopher Mark (Mine Safety & Health Admin., Coal Mine S. & H.)
- Çağatay Pamukçu (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Emin Candansayar (Ankara Üni., Jeofizik Müh. Bölümü)
- Erol Kaya (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Güner Gürtunca (National Institute for Occupational Safety & Health)
- Hakan Başarır (Malatya İnönü Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Işık Yılmaz (Cumhuriyet Üni., Jeoloji Müh. Bölümü)
- İhsan Özkan (Selçuk Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Kadri Dağdelen (Colorado School Of Mines, Dept. of Mining Eng.)
- Kerim Küçük (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Melih Geniş (Zonguldak Karaelmas Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Melih İphar (Eskişehir Osmangazi Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Mustafa Ayhan (Dicle Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Nuh Bilgin (İstanbul Teknik Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Nuray Demirel (Orta Doğu Teknik Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Pinnaduva Kulatilake (The Univ. of Arizona, Dept. of Min. & Geo. Eng.)
- Raşit Altındağ (Süleyman Demirel Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Reşat Ulusay (Hacettepe Üni., Jeoloji Müh. Bölümü)
- Sair Kahraman (Niğde Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Samuel Frimpong (Missouri Univ. of Science & Tech., Dept. of Min. Eng.)
- Şevket Durucan (Imperial College, Mining And Environmental Eng.)
- Tim Joseph (Univ. of Alberta, School of Mining & Petroleum Eng.)
- Turgay Ertekin (The Pennsylvania State Univ., Petroleum & Nat. Gas Eng.)
- Turgay Onargan (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)

İçindekiler

Ömer Faruk Uğurlu, Ömer Özdemir

Cevher Üretim Operasyonlarında Gerekli Optimum Kamyon Sayısının Benzetim Yardımıyla Belirlenmesi1

Seyhan Önder, Mustafa Önder, Fatma Çiçek

Hata Türü ve Etkileri Analizi Yöntemi İle Bir Mermer Fabrikası'nda Risk Değerlendirmesi ..13

Celalettin Şimşek

Açık Ocak Madenciliğinde Su Kaynaklarının Yönetimine Bağlı Sorunlar.....25

Abdul Vahap Korkmaz

Yeraltı Maden İşletmelerinde Covid- 19'la Mücadelede Hibrit Bir Risk Modeli.....41

Dr. Yasemin Kınaş, Ali Koray Özdoğan

Madenciliğin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Değerinin Zaman Serileri Analizi ile Tahmin Edilerek 2023 Yılında Katkısının Araştırılması.....59

Tuğba Deniz Tombal Kara, Ilgın Kurşun

Characterization of Balıkesir Balya Lead-Zinc Ore and Determination of its Particle Shape Factor.....67

Mehmet Kuruoğlu, Nurcihan Taşkın, İlker Özkan

Saıpler Kilinin Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi ve Seramik Sektöründe Kullanılabilirliğinin Araştırılması.....83

C. Okay Aksoy, Gç Gülsev Uyar Aksoy, Burak Aktaş, Ahmet Seyyar, Yavuz Aydemir

Effects of Precipitation on Slope Stability in Open Mines: A Case Study.....99

Eren Kömürlü

Geotechnical Investigations of Different Lands in Espiye District For a New Building Construction.....107

Makale Gönderim Tarihi: 22.10.2021

Yayına Kabul Tarihi: 14.01.2022

Cevher Üretim Operasyonlarında Gerekli Optimum Kamyon Sayısının Benzetim Yardımıyla Belirlenmesi

Determining the Optimum Number of Trucks Required in Ore Production Operations with Simulation Techniques

Ömer Faruk UĞURLU^{1*}, Ömer ÖZDEMİR¹

¹ *İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

* *Sorumlu Yazar: ofugurlu@iuc.edu.tr*

Özet

Madencilik endüstrisi belirsizliklerle dolu operasyonlar bütünüdür. Bu belirsizliklerin göz ardı edilmesi yapılan hesaplamalarda hatalar meydana getirmekte ve tahmine dayalı kararların yanlış verilmesine neden olmaktadır. Doğru tahminlerin yapılması için bu belirsizlikleri hesaba katacak benzetim teknikleri kullanılması gerekir. Benzetim teknikleri, sistemleri doğru bir şekilde modellemek ve oluşabilecek farklı senaryoların sonuçlarını tahmin etmek için yıllar içinde geliştirilmiştir. Benzetimlerin doğru şekilde modellenmesi, büyük sermaye yatırımları içeren, güvenilir ve kendinden emin kararlar için çok önemlidir. Bu makalede kamyon-kepçe operasyonlarında kapasite değişikliklerini bir benzetim modeline dahil ederek açık ocak madenciliği operasyonu ele alınmış, Arena paket programı kullanılarak Afşin Elbistan kömür madeni pasa nakliyesi modellenmiştir. Operasyon yöneticileri tarafından zaman içerisinde yol ağları, işletme tesisleri, stoklar, ekipman arızaları, bakım ve kapasite değişiklikleri benzetim modeline dahil edilerek açık maden işletmesi operasyonu bütün olarak ele alınabilir. Bu makalede model dört ana aşamada geliştirilmiştir: 1) veri analizi ve veri dağılımını belirleme, 2) benzetim modelleme, 3) doğrulama ve onaylama ve 4) senaryoların ve analizin deneysel tasarımı. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın açık ocak maden işletmeciliğinde karar verme problemlerini çözmek için kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Açık İşletme, Ayrık Olay Benzetimi, Maden Planlaması

Abstract

There are a lot of uncertainties in the mining operations. Ignoring these uncertainties creates errors in the calculations and causes incorrect estimation-based decisions. Simulation techniques should be used to take these uncertainties into account in order to make accurate estimations. Simulation techniques have been developed over the years to accurately model systems and predict the outcomes of different scenarios that may occur. Accurately modeling simulations is essential for reliable and confident decisions involving large capital investments. In this article, the open-pit mining operation is discussed by including capacity changes in truck-bucket operations in a simulation model, and Afşin Elbistan coal mineral waste transportation is modeled using the Arena package program. By incorporating road networks, operating facilities, stocks, equipment failures, maintenance, and capacity changes over time into the simulation model, the entire open pit operation can be handled. In this article, the model was developed in four main phases: 1) data analysis and data distribution determination, 2) simulation modeling, 3)

validation and 4) experimental design of scenarios and their analysis. The results show that the proposed approach can be used to solve decision-making problems in open-pit mining.

Keywords: *Discrete Event Simulation, Mine Planing, Open-castMinev*

1. Giriş

Madencilik yüksek işletme maliyetine sahip küresel bir endüstridir. Maden fiyatlarındaki değişim ve üretim sürecinde karşılaşılan maliyet arttırıcı sorunların yanı sıra patlatma kaynaklı çevresel sorunlar, toz, gürültü ve yer sarsıntıları gibi zorluklar (Küleççi ve Yılmaz, 2018; Küleççi ve ark., 2018; Küleççi ve Yılmaz, 2019), madencilik şirketlerinin üretim operasyonlarının üretkenliğini ve verimliliğini arttıran, iyi mühendislik uygulamalarının kullanıldığı çalışmalara yatırım yapmasına neden olmuştur. Bu sayede üretim kapasitesi artırılmasının yanı sıra, aynı zamanda iş güvenliği önündeki risklerin ortadan kaldırılması hedeflenmiştir (Kambur ve Çınar, 2020). Malzeme taşıma maliyetleri, toplam işletme maliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Alarie ve Gamache, 2002; de Werk ve ark., 2017). Son yıllarda, nakliye ekipmanı kapasiteleri, ölçek ekonomilerinden yararlanmak ve operasyonun birim maliyetini düşürmek için önemli ölçüde artmıştır. Ancak bu kapasite artışı faydalarının yanında bazı riskleri de beraberinde getirmektedir. Kamyonlar veya kepçeler boştayken, işletme maliyetlerine ek olarak bir fırsat maliyeti ortaya çıkmıştır (de Werk ve ark., 2017). Tahmin edilebileceği gibi, bu büyük ekipmanın fırsat maliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle kullanımları olabildiğince yüksek tutulmalıdır. Verimli bir kamyon sevkiyatı ile bu hedefe ulaşılabilir. Kamyon ve kepçe, madencilik endüstrisinde en yaygın kullanılan ekipmandır. Bu ekipmanların performansları birbirine bağlıdır. Bir tür ekipmanlarda bir sorun ortaya çıktığında, diğer ekipman türünün performansı da etkilenir. Yani kepçe bekleme süreleri, kamyon kuyrukları, kırıcılarda atıl kapasite sorunları doğrudan meydana gelmektedir ve üretimin aksamasına neden olmaktadır (Ozdemir ve Kumral, 2020).

Birçok araştırmacı (Alarie ve Gamache, 2002; Gurgur ve ark., 2011; Bastos, 2013; de Werk ve ark., 2017; Ozdemir ve Kumral, 2020) kamyon sevkiyat ile ilgili ayrıntılı çalışmalar yapmış olsa da bu hala önemli bir araştırma konusudur çünkü (1) her madenin kendine has özellikleri vardır (Küleççi ve Vural, 2021) ve (2) hava durumu, kamyon döngü süresi, sürücü etkisi vb. gibi birçok belirsizlik mevcuttur (Ozdemir ve Kumral, 2020).

Kullanılan matematiksel optimizasyon yöntemleri genellikle belirsizlikleri göz ardı eden deterministik modellerdir. Bununla birlikte, maden üretim ortamı belirsizliklerle doludur. Örneğin, beklenmeyen arızalar, kamyonların döngü süresi ve kepçelerin yükleme süresi, hava ve yol koşulları gibi değişen durumlar nedeniyle mevcut ekipman sayısı değişebilir. Bu belirsizlikler operasyon sırasında, operasyon süresinde, maden üretiminde ve ekipman performanslarında farklılıklara neden olmaktadır. Bu dalgalanmalar üretim hedeflerinden sapmalara neden olur. Madencilik operasyonlarında belirsiz parametrelerin etkisini dikkate almak ve üretim hedeflerine karar vermek için benzetim tabanlı bir optimizasyon modeli tercih edilmelidir.

Benzetimler gerçek dünya sistemlerini taklit ederek, bilgisayar ortamında olası senaryolar üretirler. Madencilik ve hafriyat işlemleri, ayrık olay benzetimi ile modellenmeye uygundur, çünkü faaliyetler ayrı olaylar dizisine sahiptir (Blouin ve ark., 2007; He ve ark., 2010; Gurgur ve ark., 2011; Ta ve ark., 2013; Golzarpoor ve ark., 2017; Afrapoli ve Askari-Nasap, 2017). Bir diğer deyişle, ayrık olay benzetimi madencilik faaliyetlerini en iyi temsil eden benzetim çeşitlerinden birisidir. Ayrık olay benzetimi, zaman içinde farklı bir dizi etkinlik içeren bir sistemi benzetimlemek için kullanılan bir yöntemdir. Karar vericinin sistemdeki oluşan değişimlere göre karar vermesine yardımcı olur. Ayrık olay benzetimi, imalatta montaj hatları, hastane tedarik yönetimi, sermaye yatırım kararlarının değerlendirilmesi, banka ve çağrı merkezlerinde personel tahsisi, trafik ağı benzetimleri gibi birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Madencilik operasyonları, sondaj, patlatma, yükleme, taşıma ve boşaltma gibi zamana bağlı ayrı olaylar

dizisi içerdiğinden, madencilik operasyonlarındaki özellikle malzeme taşıma sistemlerini en iyi şekilde temsil eder(Ozdemir ve Kumral, 2019).

Benzetim daha önce, maden üretiminde makine sayısının belirlenmesi (Nageshwaraniyer ve ark., 2013; Ozdemir ve Kumral, 2019; Ugurlu ve Kumral, 2020), kısa vadeli maden planlaması (Torkamani ve Askari-Nasap, 2015), açık ocak madenlerinde tesislerin konumlandırılması (Paricheh ve Osanloo, 2018), madenciliği modellemek için bir kömür madenindeki madenden limana malzeme taşıma ağında kullanılmıştır(Bodon ve., 2011). Ayrıca, Jaoua vd. (2012), yerüstü madenlerinde dahili nakliye ağının karmaşık davranışını modellemek için gerçek zamanlı filo yönetimi için bir benzetim çerçevesi önermiştir. Sonuç olarak, gerçek zamanlı kamyon filosu yönetimi iyileştirilmiş ve nakliye ağlarının dahili trafiği kontrol edilmiştir. Ayrıca, kamyon sistemini yönetmek için benzetime dayalı gerçek zamanlı kontrol oluşumu uygulanmaktadır. Oluşum, gerçek zamanlı uygulamaların temel özelliklerini, eşzamanlılığı, tepkiselliği ve uygun zamanlamayı içerir. Ayrıca seyahat süresi, kuyrukta bekleme ve sürücü değişimi gibi belirsiz özellikler benzetim tabanlı tekniklerle modelde değerlendirilebilir (Bastos, 2013).

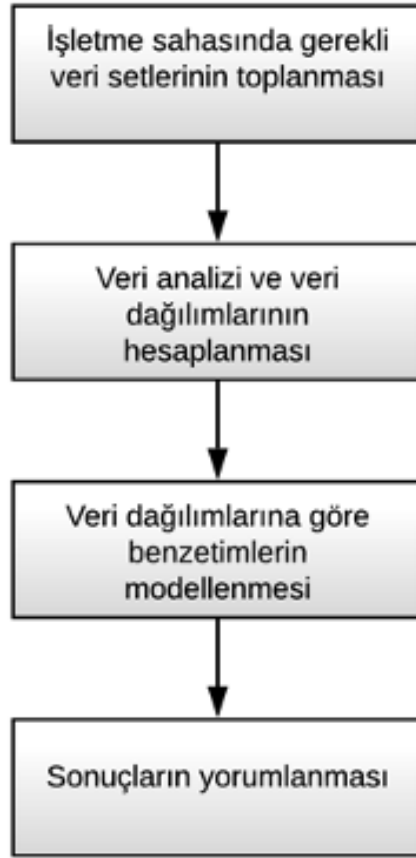
Bu araştırmada ayrık olay benzetimi kullanmanın temel amacı, madencilik operasyonlarında belirsiz parametrelerle ilişkili riskleri değerlendirmektir. Örneğin, maden yollarındaki dinamik değişim nedeniyle kamyonların döngü süresi belirsizdir. Maden yolları dayanıklıysa, kamyonlar daha hızlı hareket edebilir; bu nedenle döngü süreleri daha kısa olacaktır. Hava koşullarının değişmesi ve ağır araçların etkisiyle yollarda bozulmalar olabilir; bu da döngü süresinin artmasına neden olur. Ayrıca nakliye kamyonu operatörleri, kamyonların döngü sürelerini etkiler. Sonuç olarak, kamyon tam tur süreleri değişkenlik göstermektedir. Benzer şekilde, kepçe yükleme süresi de belirsizdir. Ayrıca, doldurma faktörü ve malzemenin yağışlı havalarda kamyon kasasına yapışması nedeniyle kamyonların taşıdıkları malzemenin ağırlığı da değişkendir.

Tüm bunların yanında makine arızası öngörülemeyen ve üretim operasyonunun durmasına neden olabilecek belirsizliklerden biridir. Makine arızası hesaba katılmadan yapılan maden üretim planlamalarında büyük ölçekli sapmalar meydana gelebilmektedir. Bu sapmalar yanlış değerlendirilebilir ve makine alımı ya da işletmedeki makinelerin yanlış kullanımı gibi maliyetli kararlara neden olunabilir.

Madencilik faaliyetleri oldukça dinamik ve belirsiz bir ortamda gerçekleştiğinden, belirsizliklerin etkisini görmek için benzetim tabanlı optimizasyon tercih edilmelidir. Bu makalede, kamyon-kepçe sistemlerinin kullanımını en üst düzeye çıkarmak için kamyon ve kepçe filoları, madencilik operasyonundaki belirsizlikleri dikkate alan ayrık olay benzetimi tabanlı bir optimizasyon yöntemi ile açık ocak maden işletmesinden toplanan veriler yardımıyla, ocakta malzeme nakliyatında kullanılmak üzere modellenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Yapılan çalışmanın akım şeması Şekil 1'de görülmektedir.

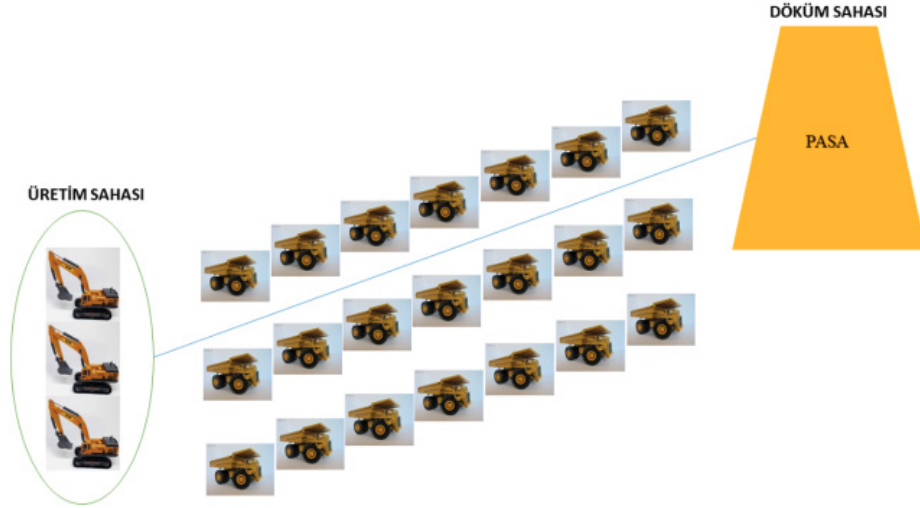


Şekil 1. Akış şeması

2.1 Veri Toplanması

Çalışma kapsamında kullanılan veri setleri ülkemiz linyit yatakları içinde en büyük potansiyele sahip olan Kahramanmaraş iline bağlı Afşin ilçesinin kuzeydoğusunda yer alan Afşin-Elbistan linyit havzasındaki Kışlaköy Açık İşletmesi'nden elde edilmiştir. Tüm havzadaki işletilebilir linyit miktarı 3.9 milyar ton olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin bilinen linyit rezervinin yaklaşık %20'si burada bulunmaktadır. Üretilen linyitin tamamı termik santrallerde elektrik üretiminde kullanılmaktadır.

İşletme bünyesinde linyit üretiminde 10'ar saatten 2 vardiya şeklinde çalışılmaktadır. 6 basamaklı oluşan açık işletme üretim sahasında 6 adet döner kepçeli ekskavatör çalışmaktadır. Kazılan malzemeler bant konveyörler vasıtasıyla stok sahasına veya dış döküm sahasına taşınmaktadır. Kazıcı makinenin kazamadığı veya kapasitesini düşüren sert formasyonlar delme-patlatma yapılarak gevşetilmektedir. Bu alanlarda kamyon kepçe grubuyla malzeme döküm sahalarına taşınmaktadır. İşletme bünyesinde 6 m³ kapasiteli 3 kepçe ve 18 m³ kapasiteli 21 kamyon bulunmaktadır. Kamyon kepçe grubunun kullanıldığı üretim sahası krokisi Şekil 2'de görülmektedir. Üretim sahası ve döküm sahası arasındaki mesafe 6 km'dir.



Şekil 2. Üretim sahası krokisi

Belirli bir popülasyonun (population size) tamamının ölçülemediği durumlarda popülasyonu temsil edebilecek yeterli büyüklükte bir küme belirlenmelidir. Bu kümeye örneklem (sample size) denir ve Denklem 1 kullanılarak minimum örneklem büyüklüğü hesaplanabilir (Evans ve ark., 2000). İşletme bünyesinde bir haftalık süre içerisinde ortalama 3600 kamyon seferi olması nedeniyle aşağıda verilen formüle göre en az 348 seferin gözlenerek (sample size), gereken verilerin toplanması gerekmektedir.

$$\text{Gerekli örnek sayısı} = \frac{Z \text{ skoru}^2 \times \text{Standart Sapma} \times (1 - \text{Standart Sapma})}{\text{Hata payı}^2} \quad (1)$$

Bu çalışma kapsamında kepçe doldurma süresi, kamyon dolu gidiş süresi, kamyon malzeme boşaltma süresi ve kamyon boş dönüş süresi 350 sefer için kaydedilmiş ve sürelerin dağılımları hesaplanarak, benzetim modellemede kullanılmıştır.

2.2 Veri Analizi ve Veri Dağılımını Belirleme

İşletme bünyesinden toplanan veri setlerinin istatistiksel analizi betimsel analiz yöntemi ile SPSS programı kullanılarak yapılmış ve Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. İstatistiksel analiz sonuçları

	Kepçe dol- durma süresi (sn)	Kamyon dolu gidiş süresi (sn)	Kamyon malzeme boşaltma süresi (sn)	Kamyon boş dönüş süresi (sn)	Tam tur (sn)
Maksimum	195	787	130	447	1529
Minimum	106	735	87	394	1398
Ortalama	171	764	106	415	1455
Standart Sapma	15	13	10	13	28
Varyans	225	177	109	161	763

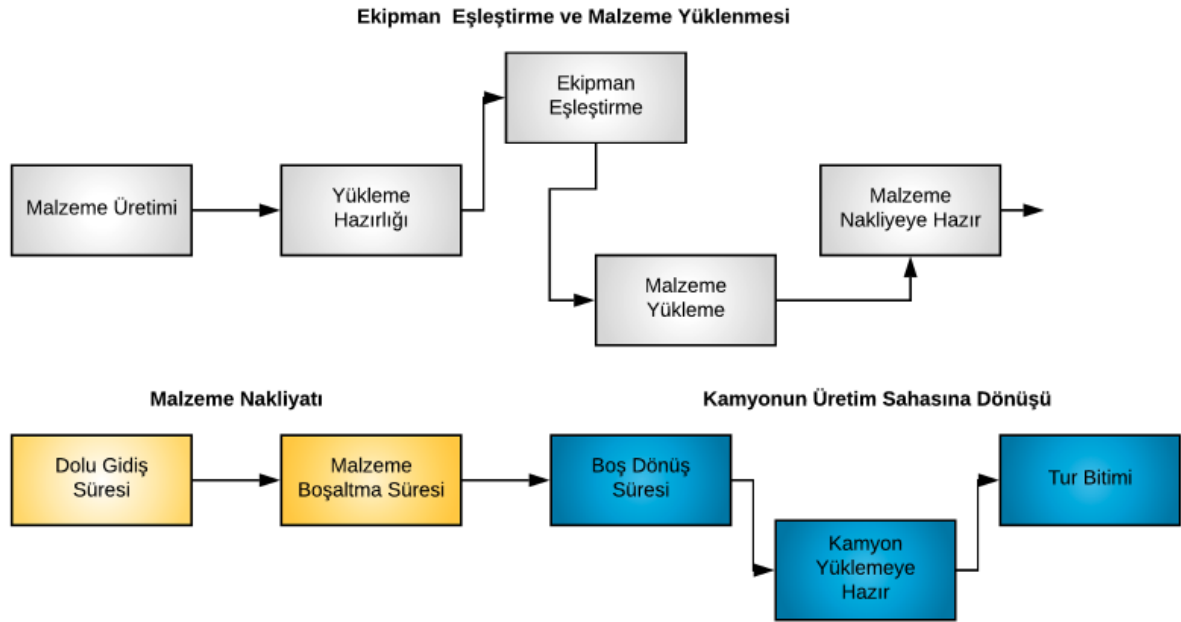
Elde edilen veri setlerine EastFit programı kullanılarak dağılım ataması yapılmıştır. Dağılım atamalarına göre her veri seti için en uygun ilk üç dağılım içerisinde yer alması nedeniyle, benzetim modelinde kolaylık sağlaması için benzetim modellenirken üçgen dağılım (TRIA) seçilmiştir. Benzetim modellemede kullanılan dağılım değişkenleri Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. Veri dağılımları

	Dağılım türü	Minimum	Ortalama	Maksimum
Kepçe doldurma süresi (sn)	TRIA	103	190	193
Kamyon dolu gidiş süresi (sn)	TRIA	735	770	787
Kamyon malzeme boşaltma süresi (sn)	TRIA	85	95	135
Kamyon boş dönüş süresi (sn)	TRIA	394	403	447
Kamyon arızasız çalışma süresi (sa)	TRIA	10	100	140
Kamyon bakım süresi (sa)	TRIA	0.5	5	20

2.3 Ayrık olay benzetimi ve benzetim sonuçları

Bu çalışma kapsamında, işletme bünyesinden toplanan veriler ve ARENA benzetim programı yardımıyla kamyon nakliyatı modellenmiştir. Bir kepçe ve yedi adet kamyonun rastgele eşleştiği göz önüne alınarak benzetim modellenmiştir. Bu benzetim kapsamında Tablo 2’deki veriler kullanılmış ve elde edilen model Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Arena benzetim programı ile modellenen benzetim modeli

Modelin gerçek işletme şartlarını yansıtması için kamyon arızaları da eklenerek, ön görülmesi zor şartlar da benzetime eklenmiştir. Mevcut maden şartlarında kömür nakliyatı benzetim sonuçları ile kamyon sayısının artırıldığı (1. Durum) ve azaltıldığı (2. Durum) durumlardaki sonuçlar karşılaştırılmış ve gerekli yorumlar yapılmıştır.

Tablo 3’te benzetim sonuçları yer almaktadır. Burada üç farklı durum için kamyonların çalışma sürelerinin yüzde cinsinden değerleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlar günde 10 saatten 2 vardiya çalışılan işletmedeki bir haftalık malzeme nakliyatı sonuçlarını içermektedir. Aynı benzetim 5 sefer (replication) tekrar edilerek sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3. Benzetim sonuçları (Aktif performans makine kullanım süreleri)

	Mevcut durum (%)	1. Durum (%)	2. Durum (%)
Kamyon 1	0.72	0.57	0.78
Kamyon 2	0.70	0.59	0.84
Kamyon 3	0.71	0.58	0.77
Kamyon 4	0.65	0.62	0.80
Kamyon 5	0.71	0.62	0.82
Kamyon 6	0.65	0.58	0.80
Kamyon 7	0.68	0.62	--
Kamyon 8	--	0.63	--
Kepçe	0.54	0.54	0.54

Mevcut durum ve 1. durum benzetim sonuçlarına göre bir haftalık çalışma için toplamda 1200 tur malzeme nakliyatı yapılmış, 2. durumda ise bu sayı 1198 olarak bulunmuştur. Her üç durum için de kepçe çalışma süresinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Kamyonların belirlenen süre içerisinde yapmış oldukları tur sayıları Tablo 4’de görülmektedir.

Tablo 4. Kamyon tur sayıları

	Mevcut durum	1. Durum	2. Durum
Kamyon 1	180	142	195
Kamyon 2	173	148	209
Kamyon 3	177	145	192
Kamyon 4	163	154	200
Kamyon 5	176	156	205
Kamyon 6	163	144	199
Kamyon 7	169	154	--
Kamyon 8	--	157	--

3. Tartışma ve Sonuçlar

Madencilik yüksek işletim maliyetine sahip operasyonlar bütünüdür. Bu işletim maliyetlerinin önemli bir kısmını ekipman maliyeti oluşturmaktadır. Herhangi bir madende üretim planı yapılırken ekipman temini gibi durumlarda karar vermeden önce benzetim yoluyla operasyonları modellemek ve sonuçları karşılaştırmak, maden işletmesi için önem arz etmektedir. Temini pahalı olan bu ekipmanların performans analizleri de benzetim yoluyla elde edilebilmektedir. Ekipman performansının yanında bakım işlerinde görevli personelin de performansı benzetim yoluyla kontrol edilebilir.

Bu çalışmada 3 farklı durum karşılaştırılmıştır. Mevcut durumda kamyonlar çalışma sürelerinin %70’inde aktif olarak performans vermekteyken, kepçe %55 aktif performansla çalışmaktadır. Mevcut durumda kamyonların malzeme taşıma süresinin, kepçe malzeme doldurma süresine göre fazla olduğu düşünülmüştür. Bu nedenle 1. durumda kepçe aktif performans süresini arttırmak için kamyon sayısı 1 artırılmıştır. Bu benzetimin sonucunda kepçe aktif performans süresinin değişmediği ve kamyon aktif performans sürelerini azaldığı ve kuyrukta bekleme sürelerinin arttığı görülmüştür. 2. durumda mevcut duruma göre 1 kamyon sistemden çıkartıl-

miş ve kamyon ve kepçe çalışma süreleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre kepçe çalışma süresi yine değişmemiş, fakat kamyon çalışma sürelerinde ortalamada %10'a yakın artış görülmüştür. Bu nedenle 2. durumun kamyon nakliyatı için mevcut duruma göre daha ekonomik olduğu belirlenmiştir.

Mevcut durum ve 1. durumda 1200 tur malzeme nakliyatı olmuşken, 2. durumda 1. duruma göre 2 kamyon eksik olmasına rağmen 1198 tur malzeme nakliyatı yapılmıştır. 2 turun, bir haftalık çalışma diliminde gözardı edilebilecek bir fark olması nedeniyle, 2. durumun ekonomik açıdan optimum durum olduğu görülmektedir.

2. durumda kamyon aktif çalışma performans süresinin %80-85 aralığında olması, benzetime eklenen makine arızaları ve bakım sürelerinin etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu sürelerin %90-95 seviyelerine gelebilmesi için arıza sonucu makine tamiri için gerekli olan bakım sürelerinin azaltılması ile mümkün olabilir. Bu sürelerin azaltılması bakım personelinin yeterli sayıda olmasına ve iyi şekilde eğitilmiş olmasına, tamir için gerekli olan ekipman ve parçaların işletme bünyesinde bulunmasına veya temininin hızlı bir şekilde yapılmasına bağlıdır.

Doğru bir maden üretim planlaması için benzetim modellerinin kullanılması önem arz etmektedir. Üretim sürecinde malzeme nakliyatı için sisteme kamyon ekleyip çıkararak veri elde etmenin maliyetli bir iş olması nedeniyle benzetim modellerinin kullanımı karar vermede maden işletmelerine kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca geçmiş veriler kullanılarak ön görülmesi zor şartların da benzetim modeline eklenebilmesi, yapılan üretim planının gerçeğe çok yakın sonuçlar vermesine yardımcı olmaktadır.

Teşekkür

Bu makale Ömer Özdemir'in İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa bünyesinde yapmış olduğu Bitirme Projesi kapsamında Çelikler Holding bünyesinde bulunan Açık Kömür İşletmesi'nden elde ettiği veriler yararlanarak hazırlanmıştır. Bu nedenle yardımlarından dolayı Çelikler Holding çalışanlarıyla birlikte makale inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılardan dolayı editör ve hakem/hakemlere teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Afrapoli, A.M. and Askari-Nasab, H.,2017. Mining fleet management systems: a review of models and algorithms. *Int. J. Surf. Min. Reclam. Environ.*, 1–19.

Alarie, S., and Gamache, M., 2002. Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines. *Int. J. Surf. Min. Reclam. Environ.*, 16(1), 59–76.

Bastos, G.S., 2013. Decision making applied to shift change in stochastic open-pit mining truck dispatching. *IFAC Proc.* 46(16), 34–39.

Blouin, S., Guay, M. and Rudie, K., 2007. An application of discrete-event theory to truck dispatching. *Cent. Eur. J. Oper. Res.*, 15 (4), 369–391.

Bodon, P., Fricke, C. and Sandeman, T., 2011. Stanford, Modeling the mining supply chain from mine to port: a combined optimization and simulation approach. *J. Min. Sci.* 47(2), 202–211.

de Werk, M., Ozdemir, B., Ragoub, B., Dunbrack, T. and Kumral, M., 2017. Cost analysis of material handling systems in open pit mining: case study on an iron ore prefeasibility study. *Eng. Econom.*, 62(4), 1–18.

Evans, M., Hastings, N. and Peacock, B., 2000. *Statistical Distributions* (3rd ed.). New York: Wiley.

Golzarpoor, H., González, V.A., O'Sullivan, M., Shahbazpour, M., Walker, C.G. and Poshdar, M., 2017. A non-queue-based paradigm in Discrete-Event-Simulation modelling for construction operations. *Simul. Modell. Pract. Theory*, 77, 49–67.

Gurgur, C.Z., Dagdelen, K. and Artittong, S., 2011. Optimisation of a real-time multi-period truck dispatching system in mining operations. *Int. J. Appl. Decis. Sci.*, 4(1), 57–79.

He, M. X., Wei, J. C., Lu, X. M. and Huang, B. X., 2010. The genetic algorithm for truck dispatching problems in surface mine. *Inf. Technol. J.*, 9(4), 710–714.

Jaoua, A., Riopel, D. and Gamache, M., 2012. A simulation framework for real-time fleet management in internal transport systems. *Simul. Modell. Pract. Theory* 21(1), 78–90.

Kambur, S., and Cinar, U., 2020. Investigation of the effect of noisy environment on employees' visual attention. *Fresenius Environmental Bulletin* 29(10), 8950-8953.

Külekçi, G., Çullu, M. ve Yılmaz, A. O., 2018. Environmental problems to be created in in mining procedures and measures to be taken; quarry an example of dust emissions. *Eurasia Waste Management Symposium, İstanbul, Turkey*, 219-227.

Külekçi, G. ve Yılmaz, A. O., 2018. Taş ocağı işletmelerinin çevre ve tarım arazilerine etkileri üzerine örnek bir çalışma. *Bahçe 47(Özel Sayı 2: Uluslar arası Tarım Kongresi)*, 230-237.

Külekçi, G. ve Yılmaz, A. O., 2019. Bir bakır işletmesinde üretim faaliyetlerinin tarihi eserlere etkisinin incelenmesi, *Gümüşhane Süleymaniye örneği. MT Bilimsel* 16, 1-14.

Külekçi, G. ve Vural, A., 2021. Bir taş ocağındaki kazılabilirliğin belirlenmesi ve uygulanan yöntem ile karşılaştırılması. *International Halich Congress on Multidisciplinary Scientific Research*, 299-307.

Nageshwaranier, S.S., Son, Y. J. and Dessureault, S., 2013. Simulation-based optimal planning for material handling networks in mining. *Simulation* 89(3), 330–345.

Ozdemir, B. and Kumral, M., 2019. Simulation-based optimization of truck-shovel material handling systems in multi-pit surface mines. *Simul. Modell. Pract. Theory* 95, 36-48.

Paricheh, M. and Osanloo, M., 2018. A simulation-based risk management approach to locating facilities in open-pit mines under price and grade uncertainties. *Simul. Modell. Pract. Theory* 89, 119–134.

Ta, C.H., Ingolfsson, A. and Doucette, J., 2013. A linear model for surface mining haul truck allocation incorporating shovel idle probabilities. *Eur. J. Oper. Res.*, 231(3),770–778.

Torkamani, E. and Askari-Nasab, H., 2015. A linkage of truck-and-shovel operations to short-term mine plans using discrete-event simulation. *Int. J. Min. Miner. Eng.* 6(2),97–118.

Ugurlu, O. F. and Kumral, M., 2020. Management of drilling operations in surface mines using reliability analysis and discrete event simulation. *Journal of Failure Analysis and Prevention* 20, 1143–1154.

Makale Gönderim Tarihi: 14.01.2022

Yayına Kabul Tarihi: 07.03.2022

Hata Türü ve Etkileri Analizi Yöntemi İle Bir Mermer Fabrikası'nda Risk Değerlendirmesi

*Risk Assessment In A Marble Factory with The Method of Failure Mode and Effects Analysis*Seyhan Önder^{1,a}, Mustafa Önder^{1,b}, Fatma Çiçek^{*2,a}^{1,a}Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, ^{1,b}Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, ^{2,a}Çukurova Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana* Sorumlu Yazar: fatma_c1990@hotmail.com

Özet

Günümüzde, çalışma koşullarının iyileştirilmesi teknolojik gelişmelere paralel olarak artmaktadır. Buna rağmen maden iş kolundaki iş kazaları ve meslek hastalıkları yoğun bir şekilde meydana gelmektedir. Son yıllarda doğal taş sektöründe ihracatta büyük bir gelişim kaydeden ülkemizde, mermer ocak işletmeciliği ve mermer üretim fabrikaları ön sıralarda yer almaktadır. Madencilik faaliyetlerinin çoğunun insan gücüne dayanarak yapıldığı bu alanların iş sağlığı ve güvenliği açısından daha güvenli hale getirilebilmesi için kazalar olmadan önce risk değerlendirmesi yapmak, gerek çalışan sağlığı gerekse işveren açısından büyük önem arz etmektedir. Çalışma kapsamında bir mermer işletme fabrikasındaki tehlike ve riskler belirlenmiştir. Sonrasında, Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) Risk Değerlendirmesi Yöntemi ile risk değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme sonrasında en büyük risk öncelik katsayısına sahip olan tehlikelerin insan kaynaklı tehlikeler olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), Mermer, Risk Değerlendirmesi.

Abstract

Today, the improvement of working conditions increases in parallel with technological developments. Despite this, work accidents and occupational diseases in the mining business line occur intensively. In our country, which has made a great progress in exports in the natural stone sector in recent years, marble quarry management and marble production factories are at the forefront. In order to make these areas, where most of the mining activities are based on human power, safer in terms of occupational health and safety, it is of great importance to make a risk assessment before accidents occur, both for employee health and employers. Within the scope of the study, the hazards and risks in a marble factory were determined. Afterwards, a risk assessment was made with the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Risk Assessment Method. After the evaluation, it has been seen that the hazards with the highest risk priority coefficient are human-made hazards.

Keywords: Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Marble, Risk Assessment.

1. Giriş

Dünya’da ve ülkemizde gelişen sanayileşme ve teknoloji ile birlikte çalışanların sağlık ve güvenlik sorunları da sıklıkla gündeme gelmeye başlamıştır. Çalışanlara verilen iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin yetersiz olması, çalışanların yeterince konu hakkında bilgilendirilmemesi, çalışanların kendilerine verilen eğitimler doğrultusunda güvenli çalışma yöntemlerini uygulamamaları gibi nedenlerden dolayı sık sık kazalar meydana gelmekte ve kayıplar yaşanmaktadır.

Maden sektörünün önemli iş kollarından biri olan mermer üretiminde; yaklaşık 1500 adet doğal taş ocağı, fabrika ölçeğinde faaliyet gösteren 2000 kadar tesis, orta ve küçük ölçekli 9000 atölye faaliyet göstermektedir. İstihdam edilen kişi sayısı 300000 civarındadır (Doğal Taşlar Sektör Raporu, 2021). Mermer sektöründe, 2010 ile 2018 yılları arasında yaşanan toplam iş kazası sayısı 61 iken; bu kazalarda 63 çalışan hayatını kaybetmiştir. Hemen hemen yaşanan her kaza ölüm ile sonuçlanmıştır. Yaşanan kazaların çoğu, mermer bloğunun devrilmesi, bloğun altında kalma ve iki mermer bloğu arasında sıkışma gibi kazalardır (www.madenciyim.com, Erişim tarihi:27.05.2021).

Mermercilik sektöründe yapılan önceki çalışmalara bakıldığında; Ilgaz (2019), mermer ve taş ocağı işletmelerinde çalışan bireylerin, iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin algı düzeylerinin belirlenmesi için bir çalışma yapmıştır. 194 çalışana uygulanan anket verileri sonucunda, çalışanların kanunlarda belirtilen sürelerde iş sağlığı ve güvenliği eğitimini almadıklarını, çalışma ortamındaki tehlikelerin yeterince farkında olmadıklarını tespit etmiştir. Mermer ve taş ocağı işletmelerinde çalışanların iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin algı puan ortalamalarının orta düzeyde olduğunu gözlemlemiştir. Dolmaz (2018), bir mermer kesme ve cilalama tesisinde fiziksel risk etmenlerinden aydınlatma, termal konfor, gürültü, toz ve titreşim ölçümlerini gerçekleştirdiği ve ölçümler sonrasında risk düzeylerini belirlediği bir çalışma yapmıştır. Ölçümler sonrasında elde etmiş olduğu verileri, L Matris ve Fine – Kinney Risk Analizi ile yorumlamıştır. Analizler sonrası, Fine – Kinney risk analizinin frekans faktöründen dolayı L Matris analizine göre daha avantajlı olduğu sonucuna varmıştır. Gök (2018), bir mermer ocağında yapmış olduğu risk değerlendirmesinde risk değerlendirme metodlarından olan L tipi matris risk değerlendirmesi yöntemi ile Fine – Kinney risk değerlendirme yöntemini kullanmıştır. Değerlendirme sonrasında; Fine – Kinney yöntemi ile tespit edilen risklerin geçmiş frekansları ve risk kaynaklarının neler olduğunu yöntemin belirlediğini ayrıca risk skoru puanlamasında daha fazla değişkeni göz önüne aldığından iş sağlığı ve güvenliği analizlerinde etkili sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Ancak sadece Fine – Kinney yönteminin tek seçenek olarak yetinilmemesi gerektiğini ilave eden L matris yöntemi de uygulanarak analiz sonuçlarının bir bütüncül olarak değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varmıştır. Sade (2017), Sivas’da bulunan Fimar Mermer Fabrikası’nın risk değerlendirme analizini L Tipi Matris Yöntemi ve Fine – Kinney Yöntemi ile yapmıştır. İşletmede hammaddenin tesise girişinden nihai ürünün elde edilmesi aşamasına kadar gerçekleşen tüm faaliyetleri incelemiş ve tehlike oluşturabilecek risk unsurlarını belirleyerek risk derecelendirmelerini yapmıştır. L Tipi Matris Yöntemi ile yaptığı risk değerlendirmesi sonucunda, risklerin 3’nün kabul edilemez, 18’inin dikkate değer ve 4’ünün ise kabul edilebilir risk değerlerinde olduğunu belirlemiştir. Fine – Kinney Yöntemi ile ise risklerin 2’sinin tolere edilemez, 1’inin esaslı risk, 15’inin olası risk ve 7’sinin ise önemsiz risk seviyesinde olduğunu tespit etmiştir. Tantoğlu (2016), çalışmasında mermer işleme sektöründe iş kazalarına ve meslek hastalıklarına neden olabilecek tehlikelerin ve bunların ortaya çıkış sebeplerinin tespit edilmesi, bu tehlikelerin giderilmesi için çözüm önerilerinin getirilmesi ve bu sektörde kullanılabilecek bir risk değerlendirme metodunun uygulanmasını amaçlamıştır. Çalışmasında risk değerlendirme yöntemi olarak 3T Risk Değerlendirmesi Metodunu kullanmıştır. Risk değerlendirmesini 3 farklı

mermer sektörüne uygulamış olup; her bir sektör için ayrı ayrı sırası ile %71, %47.8 ve %45.9 güvenlik indeks değerlerini bulmuştur.

Birçok araştırmacı (Yavuz, 2018; Eleren ve Ersoy, 2011; Ağca, 2010; Eleren ve ark., 2009; Dike, 2009; Çakıroğlu, 2007; Gümüş ve Akkoyun, 2006; Karra, 2005; Bajpayee, 2003; Bacak, 2002; Akçın, 2001; Karadağ, 2000), madencilik iş kolunda tehlikelerin belirlendiği ve bu tehlikelerden doğabilecek risklerin, risk analizi yöntemleri ile değerlendirildiği çalışmalar yapmışlardır. Özler Köşek (2016), yapmış olduğu çalışmasında metal sektöründeki bir işletmede 3T ve Fine – Kinney Risk Analizi yöntemlerini kullanarak risk değerlendirmesi gerçekleştirmiştir. Risk derecelerinin doğru puanlanması ve yöntemlerin mukayesesi amaçlamıştır. Sonuç olarak, risk analizlerinin yapılırken kullanılan yöntemlerin iyi anlaşılması ve önceki verilerin detaylı bir şekilde incelenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ergenç (2018) çalışmasında, odun üretim faaliyetlerinde meydana gelebilecek olan tehlikeleri ve bu tehlikelerden doğabilecek olan risklerin değerlendirmesini L Tipi Matris Yöntemi ve Fine – Kinney Yöntemi'ni kullanarak yapmışlardır. Topuksak (2018), 3T Risk Değerlendirmesi Yöntemi'nin etkinliğinin artırılması için Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) yöntemini kullanmıştır.

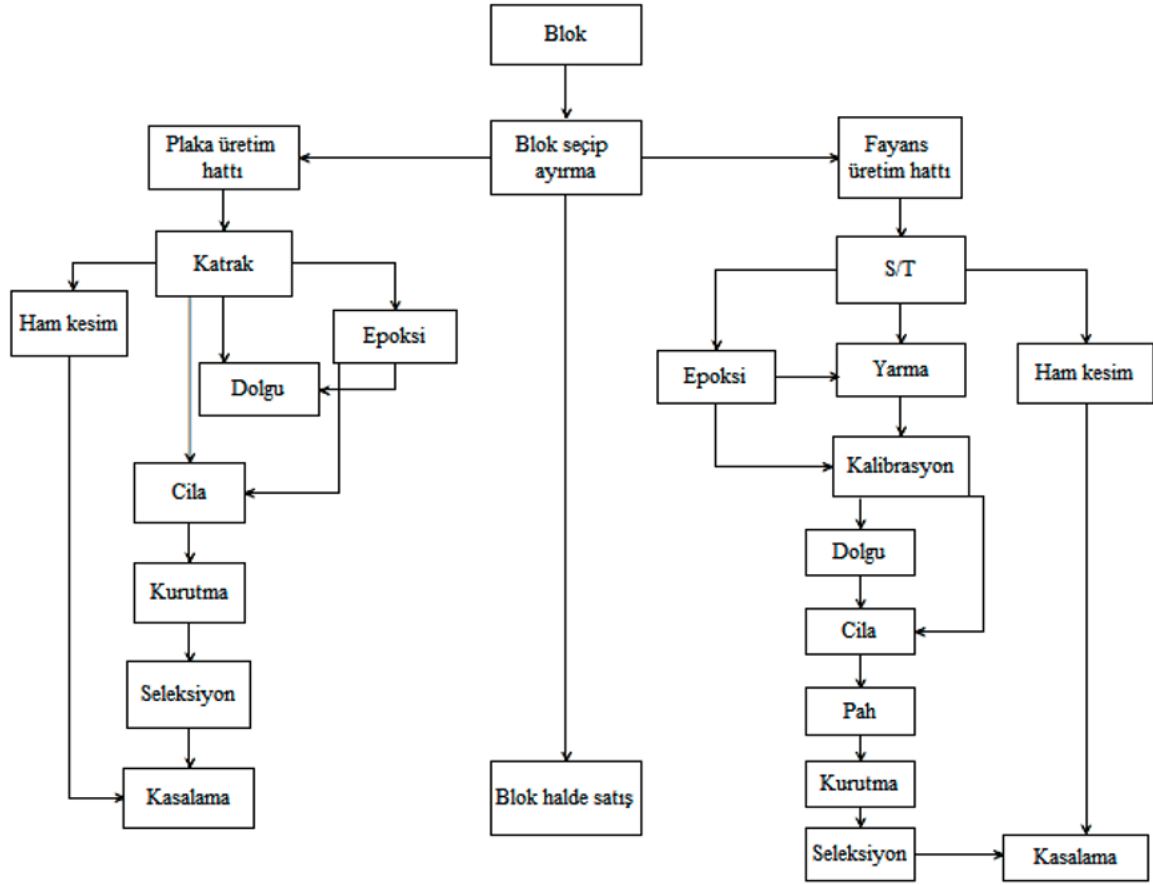
Yapılacak olan risk analizlerinde, değerlendirmelerin konuya hâkim olan, deneyimli ve sistemi bilen bir ekip tarafından yapılması tavsiye edilmektedir. Değerlendirmeyi yapacak olan ekibin, ayrıca; iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yönetmeliklere, standartlara, sistemdeki ekipmanları ve bu ekipmanlarla ilgili teknik bilgileri iyi bilmesi gerekmektedir (Topuksak, 2018).

2. Materyal ve metot

2.1. Materyal

Çalışmada, özel bir mermer işleme fabrikasındaki tehlike ve riskler fabrikada görev yapan iş güvenliği mühendisi ile birlikte belirlenmiştir. Ayrıca, fabrika çalışanlarıyla işin yürütümü ile ilgili olarak görüşülmüştür.

Fabrikada üretim, fayans hattı ve plaka hattı olmak üzere iki farklı şekilde yapılmaktadır. Müşteri talebine göre blok halinde mermer ihtiyacı da sağlanmaktadır. Blok halinde gelen mermerler, ihtiyaca göre katrik makinesinde veya S/T makinesinde kesilmektedir. Sonrasında fabrikada bulunan bant makinelerinde işlenerek müşteriye sunulmaktadır. Mermer fabrikasının üretim akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Mermer fabrikasının üretim akış şeması

2.2. Metot

2.2.1. Fabrikadaki tehlike ve risklerin belirlenmesi

Fabrika gezisi fabrikanın iş güvenliği mühendisi ile birlikte yapılmıştır. Yapılan gezi sırasında, Şekil 2'de görüldüğü gibi tehlike ve riskler ile karşılaşmıştır. Şekil 2'de görüldüğü gibi, çalışanlar kulaklık kullanması gerekli iken etkinliği çok daha az olan pamuk ile önlem alma yoluna gitmişlerdir (a). Forklift ile insan taşındığı (b), malzeme konulan rafların önünde koruyucu bulunmadığı, ağır malzemelerin üst raflarda istiflendiği (c), iş ekipmanlarının koruyucu donanımlarının bulunmadığı (d), fabrika içerisinde yüksekte çalışma sırasında gerekli önlemler alınmadığı (e) ve işyeri zemininde takılıp düşmeye neden olacak malzemelerin olduğu (f) gözlemlenmiştir.



Şekil 2. İşletmede görülen tehlikeli durum ve hareketler a) Çalışanların kişisel koruyucu donanım kulaklık kullanmaması, b) İşletme içerisinde forklift ile insan taşımalarının yapılması, c) Malzeme raflarında yanlış yerleştirme ve raf önlerinde koruyucu bulunmaması, d) Katrak makinesi (mermer kesiminde kullanılan iş ekipmanı)nin koruyucu donanımlarının olmaması, e) Yüksekte çalışmalarda gerekli önlemlerin alınmaması, f) İşletme içerisinde zeminde takılıp düşmeye neden olabilecek tahta parçalarının bulunması

2.2.2. Risk değerlendirme

Çalışmada, risk değerlendirme yöntemi olarak Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) yöntemi kullanılmıştır. FMEA ilk kez Amerikan ordusu tarafından geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Sistem ve donanım hatalarının ve bunların etkilerinin belirlenmesi için bir değerlendirme tekniği olarak kullanılmıştır. Daha sonraları FMEA, 1960 – 1965 yılları arasında NASA tarafından ay seyahati programlarında da kullanılmıştır. Uzun bir süre gizli tutulan teknik 1970–1975 yılları arasında ABD uçak sanayinde, 1972 yılında Ford Motor şirketi bünyesinde, 1975 yılında bilgisayar üretiminde ve Japon NEC firmasında ilk endüstriyel uygulamalarında yerini almıştır. 1988 yılında Amerika'nın üç büyük otomotiv şirketi olan Chrysler, Ford ve General Motors tarafından kabul edilerek genel standart olarak benimsenmiştir. Günümüzde FMEA; QS 9000, ISO/TS 16949, ISO 9001:2000 ve diğer kalite yönetim sistemlerinde bir zorunluluk haline gelmiştir (Durhan, 2006).

Yönteme göre, işletmede görülen tehlikeler 9 ana gruba ayrılmış olan tehlike ana kodları altında toplanmıştır. Bu tehlike grupları; mekanik (fiziksel) tehlikeler, kimyasal tehlikeler, biyolojik tehlikeler, radyasyon tehlikesi, termal tehlike, elektrik tehlikesi, yangın ve patlama tehlikeleri, çalışma ortamlarından kaynaklı tehlikeler, insan kaynaklı tehlikeler ve genel tehlikelerdir. Gruplandırma sonrasında, tehlikelerin daha çok mekanik (fiziksel) tehlikelerin alt kategorisi olan iş makineleri, forklift vb. araçlarla çalışmada olduğu görülmüştür. Daha sonra ise, insan kaynaklı tehlikelerin geldiği görülmüştür. Yöntemde; olasılık, ağırlık (şiddet) ve saptanabilirlik (farkedilebilirlik) parametrelerinin çarpımı ile Risk Öncelik Katsayısı (RÖS) değeri elde edilmektedir.

Tablo 1. Hatanın ortaya çıkma sıklığı ve derecesi (olasılık-O) tablosu

Hatanın oluşma olasılığı	Hatanın olasılığı	Derece
Çok Yüksek: Kaçınılmaz Hata	1\2'den fazla	10
Çok Yüksek: Kaçınılmaz Hata	1\3	9
Yüksek: Tekrar tekrar hata	1\8	8
Yüksek: Tekrar tekrar hata	1\20	7
Orta: Ara sıra olan hata	1\80	6
Orta: Ara sıra olan hata	1\400	5
Düşük: Nispeten az olan hata	1\2000	4
Düşük: Nispeten az olan hata	1\15000	3
Pek az: Olası olmayan hata	1\150000	2
Pek az: Olası olmayan hata	1\150000'den düşük	1

Tablo 2. Ağırlığın etkisinin sınıflandırılması (A) tablosu

Etki	Ağırlığın (şiddetin) etkisi	Derece
Uyarısız gelen yüksek tehlike	Felakete yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	10
Uyarısız gelen tehlike	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 neden olan ve ölüme, zehirlenme, 3. derece yanık, akut ölüm vb. etkiye sahip hata türü	7
Orta	Sistemin performansını etkileyen, uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma, kanser vb. yol açan hata	6
Düşük	Kırık, kalıcı küçük is görmezlik, 2. derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye sahip olan 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

Tablo 3. Saptanabilirlik tablosu

Saptanabilirlik	Saptanabilirlik olasılığı	Derece
Fark edilemez	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği mümkün değil	10
Çok az	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği çok uzak	9
Az	Potansiyel hatanın nedeninin saptanabilirliği uzak	8
Çok düşük	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği çok düşük	7
Düşük	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği düşük	6
Orta	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği orta	5
Yüksek ortalama	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği yüksek ortalama	4
Yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği yüksek	3
Çok yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği çok yüksek	2
Hemen hemen kesin	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği hemen hemen kesin	1

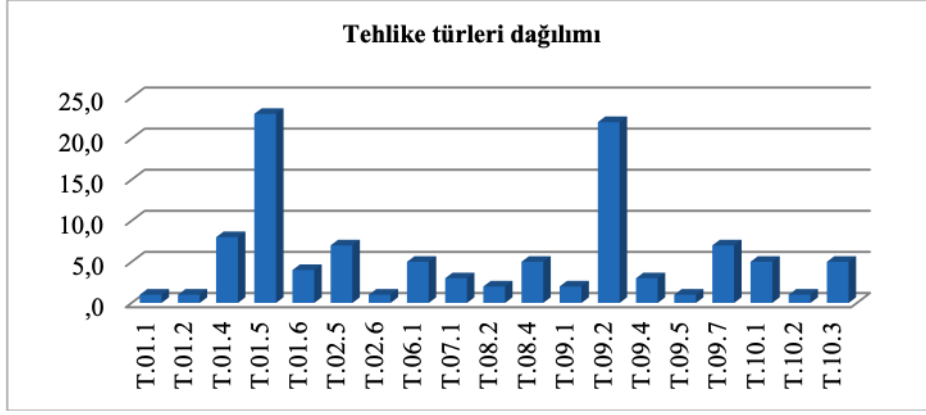
Risk öncelik sayısını hesaplamak için, tablolardan sırası ile olasılık, şiddet ve saptanabilirlik dereceleri belirlenmiş ve belirlenen değerlerin çarpımı yapılmıştır. Çarpım işlemi sonrasında bulunan risk öncelik sayısının değerlendirilmesi aşağıdaki tabloda verildiği gibi yapılmıştır.

Tablo 4. Risk öncelik sayısı (RÖS) değerlendirme tablosu

RÖS değeri	Önlem
$RÖS < 40$	Önlem almaya gerek yok.
$40 \leq RÖS \leq 100$	Önlem alınabilir.
$RÖS > 100$	Önlem alınması gereklidir.

3. Bulgular ve tartışma

Yapılan tehlike gruplandırması sonrasında, tehlikelerin daha çok mekanik (fiziksel) tehlikelerin alt kategorisi olan iş makineleri, forklift vb. araçlarla çalışmalarda olduğu görülmüştür. Bu tehlikeyi insan kaynaklı tehlikelerin izlediği görülmüştür.



Şekil 3. İşletme genelinde FMEA çalışması sırasında tehlike türlerinin dağılımı

Risk değerlendirmesi sonrasında, risk öncelik sayısı yüksek çıkan ve önlem alınması gereken olan tehlikeler aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi bulunmuştur.

Tablo 5. Hata türü ve etkileri analizi ile yapılan risk değerlendirmesi sonrasında en büyük RÖS değerine sahip olan tehlikeler

Tehlike Tanımı	Risk	Tehlike Kodu	O	A	S	RÖS	Değerlendirme
İşçilerin blok istiflerinin arasından geçmesi	Blok devrilmesi veya bloktan parça düşmesi	T.09.2	3	10	9	270	ÖAG
Katrak kullanım	Valona kapılma	T.01.5-T.09.2	6	7	6	252	ÖAG
Strip makinesi ile çalışma	Strip makinesinin uyarı, ikaz levhalarının bulunmaması	T.01.5	6	7	6	252	ÖAG
Konteynere yükleme TIRa taş kasa ve Konteyner yükleme	Yükleme esnasında ürünün forklift üzerinden düşmesi	T.01.4	7	5	7	245	ÖAG
Forklift ile çalışma (Ambalajlamada)	Forklift ile insan taşınması	T.01.5-T.09.2	6	8	5	240	ÖAG
Forklift ile çalışma (Çalışma ortamı)	Forklift ile insan taşınması	T.01.5-T.09.2	6	8	5	240	ÖAG
Vinç kullanımı (hammadde indirme)	Halat kopması	T.01.5	6	5	8	240	ÖAG
KKD'ların kullanılmaması	Meslek hastalığı	T.09.7	8	6	5	240	ÖAG
Katrak kullanımı	Elektrik çarpması	T.01.5-T.06.1	6	7	5	210	ÖAG
Elektrik kablosu	Elektrik çarpması	T.06.1	6	7	5	210	ÖAG
Konteynere yükleme TIRa taş kasa ve Konteyner yükleme	Vinçten malzemenin/konteynerin düşmesi	T.01.4	7	4	7	196	ÖAG
Vinç kullanımı (hammadde indirme)	Taşın devrilmesi	T.01.5	3	7	9	189	ÖAG
Vinç kullanımı (blokların vagona yüklenmesi)	Taşın devrilmesi	T.01.5	3	7	9	189	ÖAG
Gürültü	Gürültü seviyesinin yüksek olması sonucu duyma bozukluklarının oluşması	T.01.2	6	6	5	180	ÖAG
Titreşim	Meslek hastalıkları	T.01.1	6	6	5	180	ÖAG
KKD'lerin kullanılmaması	Yaralanma/incinme	T.09.7	6	6	5	180	ÖAG
Vakumla yükleme	Taşın çatlak olması	T.01.5	6	5	5	150	ÖAG

Tabloda da görüldüğü gibi, en büyük risk öncelik sayısına sahip olan tehlike işçilerin blok istiflerinin arasından geçmesidir. Bu tehlikeden kaynaklı olarak blok devrilmesi veya bloktan parça düşmesi riski vardır. İnsan kaynaklı bir tehlikedir, çalışanlara konunun önemi ile ilgili olarak eğitimler verilmelidir. Blok stok sahasına girişlerde uygun uyarı ve ikaz levhaları bulundurulmalıdır. Bundan sonraki en büyük risk öncelik sayısına sahip tehlikeler, mekanik (fiziksel) kaynaklı tehlikelerdir. İş makineleri ekipman koruyucusuz çalıştırılmamalı, makineler üzerinde kullanımları sırasında uyulması gereken kurallar asılı bir şekilde bulundurulmalıdır.

4. Tartışma ve sonuçlar

Çalışmada bir mermer fabrikasında Hata Türü ve Etkileri Analizi Yöntemi kullanılarak risk değerlendirmesi yapılmıştır. Yöntemde, tehlikeler 9 ana tehlike kodu altında gruplandırılmış; sonrasında risk öncelik sayısının hesaplanabilmesi için gerekli olan olasılık, ağırlık etkisi ve saptanabilirlik değerleri ilgili tablolardan bulunmuş ve bulunan derecelerin çarpımı yapılmıştır. İşlem sonrası elde edilen risk öncelik sayısı değerlerine göre uygun önlem alma belirlenmiştir.

Çalışmada işletme genelinde risk değerlendirmesi öncesinde tehlike türlerinin dağılımı incelendiğinde; tehlikelerin en fazla iş makineleri, forkliftlerden kaynaklı mekanik tehlikeler olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sonrasında, kurallara uymadan çalışma insan kaynaklı tehlikelerin yer aldığı görülmüştür. Hata Türü ve Etkileri Analizi Yöntemi ile yapılan risk değerlendirmesi sonrasında, en yüksek risk öncelik sayısına sahip olan tehlike blok istifleri arasından işçilerin geçmesi olmuştur. İşletme içerisinde katrak kesme makinesinin (mermer kesiminde kullanılan iş ekipmanı) koruyucu donanımı bulunmadığından; çalışanların kesim işlemi sırasında katrak volanına kapılma riskinin oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Önlem olarak katrak volanının kafes tarzında bir koruyucu donanım içerisine alınması önerilmiştir. İşletme içerisinde bulunan tüm iş ekipmanlarının (kaldırma vinçleri, strip kesme makinesi vb.) kullanımı sırasında uyulması gereken uyarı, ikaz levhalarının; iş ekipmanları üzerinde açık ve okunabilir bir şekilde bulunması gerektiği tavsiye edilmiştir. Forklift gibi taşıma işlemi sırasında kullanılan iş ekipmanlarının, sadece yük taşımak için kullanılması gerektiği bu tür iş ekipmanları ile insan taşımının yapılmaması ve bu konuda çalışanların bilgilendirilmesi gerektiği önemle vurgulanmıştır. Çalışanlara verilen kişisel koruyucu donanımlarını kullanmaya özendirici çalışmaların yapılması gerektiği belirtilmiştir. Risk değerlendirmesinde kullanılan Hata Türü ve Etkileri Analizi Yöntemi ile birlikte işlem prosesinde hataların oluşturabileceği en küçük zararın bile oluşumunu engellemek mümkün olabilmektedir. Yöntem, deneyimli bir ekibin sistematik bir çalışması ile uygulandığında üretim sırasında hata çıkma olasılığının en aza indirilmesi sağlanacaktır. Yöntemin mermer alanına uygulanması ile birlikte, üretim sırasında çalışanların ve çevrenin zarar görme olasılığının düşük seviyelere indirilebileceği öngörülmektedir.

Kaynaklar

Ağca, E., 2010. Mermer Fabrikalarında İş Güvenliği Risk Analizi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Yüksek Lisans Tezi.

Akçın, N.A., 2001. İş kazalarının nedenleri ve iş kazası raporu. Türkiye 10. Kömür Kongresi Bildirileri Kitabı, Zonguldak.

Bacak, B., 2002. İş Kazalarını Etkileyen Faktörler ve Bunları Önlemenin Yolları, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Doktora Tezi.

Bajpayee, T.S., Rehak, T.R., Wowrey, G.L., Ingram, D.K., 2003. Blasting in juries in surface mining with emphasis on flyrock and blast area security. Journal of Safety Research. s. 35: (47 – 57).

Çakıroğlu, N. 2007. İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Risk Analizi, Denetimi ve Tetra Pak Fabrikasında Bir Uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, Yüksek Lisans Tezi.

Çiçek, F., Önder, S., Önder, M., 2019. 3T yöntemi ile bir mermer fabrikasında risk değerlendirmesi. Türkiye 26. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı. ISBN:978-605-01-1273-3, 1321-1334.

Dike, İ. 2009. İsdemir A.Ş. ve Kardemir A.Ş. Kok Fabrikalarında İş Kazaları Açısından Risk Değerlendirmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Yüksek Lisans Tezi.

Dolmaz, O. 2018. Mermer Kesme ve Cilalama Tesisinde İş Sağlığı ve Güvenliği Tedbirleri ve Örnek Bir Uygulama. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, Yüksek Lisans Tezi.

Durhan, D. 2006. Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Lisans Tezi.

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

Eleren, A., Ersoy, M., 2011. Mermer ocaklarında elmas tel ve kollu kesiciyle kesme teknolojilerinin iş güvenliği bakımından karşılaştırılmasında hata türü etki ve analiz yönteminin uygulanması. TUBAV Bilim Dergisi, 4(1), 9 – 19.

Ergenç, İ. 2018. Odun Üretim Faaliyetlerinin L Tipi Matris ve Fine Kinney Risk Analizi Yöntemleri İle Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Yüksek Lisans Tezi.

Gök, N. 2018. Burdur Karaçal Mermer Ocağındaki İş Güvenliği Uygulaması ve Risk Değerlendirmesi. Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Yüksek Lisans Tezi.

Gümüş, A., Akkoyun, Ö., 2006. Mermer ocak işletmeciliğinde sık karşılaşılan iş kazaları üzerine bir inceleme, Mersem 2006: Türkiye Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu Bildiri Kitabı, Mayıs 2006. 2-3.

Ilgaz, S.M. 2019. Mermer ve Taşocağı İşletmelerinde Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Algılarının Belirlenmesi. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, Yüksek Lisans Tezi.

Karadağ, K.Ö. 2000. Ankara İlinde Üç Taş Ocağı İle İki Kum Ocağının ve Çalışanlarının İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Bilim Uzmanlığı Tezi.

Karra, V., 2005. Proceeding of the traffic records forum. 36(5), 413 – 421, Buffalo, NY, USA.

Mermer sektöründe yaşanan iş kazaları, 2018. www.madenciyim.com.tr (Erişim tarihi:07.05.2021)

Özler Köşek, M. 2016. İş Sağlığı ve Güvenliğinde 3T ve Fine – Kinney Risk Analizi Yöntemleri ve Metal Sektöründeki Bir İşletmede Uygulanması. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, Yüksek Lisans Tezi.

Sade, Z. 2017. Sivas Fimar Mermer Fabrikasının Risk Analizi ve Değerlendirmesi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Yüksek Lisans Tezi.

Tantoğlu Gürler, S. 2016. Mermer İşletme Sektörünün İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi ve 3T Risk Değerlendirme Yöntemi İle Bir Uygulama Çalışması Yapılması. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Lisans Tezi.

Topuksak, D. 2018. 3T Risk Değerlendirmesi Yönteminin Etkinliğinin Arttırılmasına Yönelik Bir Yaklaşım. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, Yüksek Lisans Tezi.

Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, Doğal taşlar sektör raporu, 2021. <https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Do%C4%9Fal%20Ta%C5%9Flar%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202021.pdf> (Erişim tarihi:07.05.2021)

Yavuz, N. 2018. Eti Maden Kırka Bor İşletmeleri, Boraks Penta Fabrika Birimlerinin Risk Analizinin Mukayeseli Olarak Yapılması. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, Yüksek Lisans Tezi.

Makale Gönderim Tarihi: 28.06.2021

Yayına Kabul Tarihi: 30.1.2022

Açık Ocak Madenciliğinde Su Kaynaklarının Yönetimine Bağlı Sorunlar *Management Problems of Water Resources in Open-Pit Mining*

Celalettin Şimşek

*Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu, Torbalı/İzmir**Sorumlu yazar, e-mail: celalettin@deu.edu.tr*

Özet

Yeraltı suyu stratejik öneme sahip önemli su kaynaklarımızı oluşturur. Özellikle, kuraklık ve doğal afetlere bağlı olarak su probleminin yaşandığı dönemlerde, kullanılması gerekli olan kaynaklar olarak düşünülmektedir. Ülkemizde yapılan Nehir Havza Yönetim Planı çalışmaları yeraltı suyu kaynağının miktar açısından azaldığı, kalite açısından ise kötüleştiğini göstermektedir. Yeraltı suyu kaynağının yakında ilgilendiren en önemli sektörlerden biri ise madencilik faaliyetlerdir. Özellikle kömür işletme sahalarında kömür tabakasının üzerinde düşük verimli veya verimli akiferler bulunmaktadır. İster kapalı ister açık işletilen sahaların üzerindeki akiferden, işletme sahasına gelen yeraltı suyunun işletilen ocak veya galeriden uzaklaştırılması gerekmektedir. Açık işletme sahalarında akiferlerin yanı sıra, yüzeysel suların ocak içerisinde akışlarının kontrol altına alınması ve kontrollü drenaj koşullarının oluşturulması, madencilik faaliyetlerinin güvenliği açısından önem taşımaktadır. İşletme sahasına gelen suların maden sahası içerisinde, kalite ve miktar açısından izlenmesi, drenaj koşullarının kontrol altına alınması, yeniden kullanımının sağlanması su kaynaklarının korunması açısından yapılması zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışmada, açık ocak madenciliğinde su kaynaklarına bağlı sorunlar ve su yönetimi üzerine değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su problemleri, kontrollü drenaj koşulları, su yönetimi

Abstract

Groundwater constitutes our strategically important water resources. It is considered as a resource that should be used, especially during periods of water problems due to drought and natural disasters. The River Basin Management Plan studies conducted in our country show that the groundwater resource has decreased in terms of quantity and deteriorated in terms of quality. One of the most important sectors closely related to groundwater resources is mining activities. There are low or high yield aquifers above the coal layer, especially in coal mining sites. Groundwater coming to the operation site, whether from the aquifer on the closed or open operated fields, must be removed from the operated gallery or mine. In addition to the aquifers in open pit areas, controlling the flow of surface waters in the quarry and creating controlled drainage conditions are important for the safety of mining activities. It has become a necessity to monitor the water coming to the operation site in terms of quality and quantity, to control the drainage conditions and to ensure their reuse in terms of protecting water resources. In this study, evaluations were made on the problems related to water resources and water management in open pit mining.

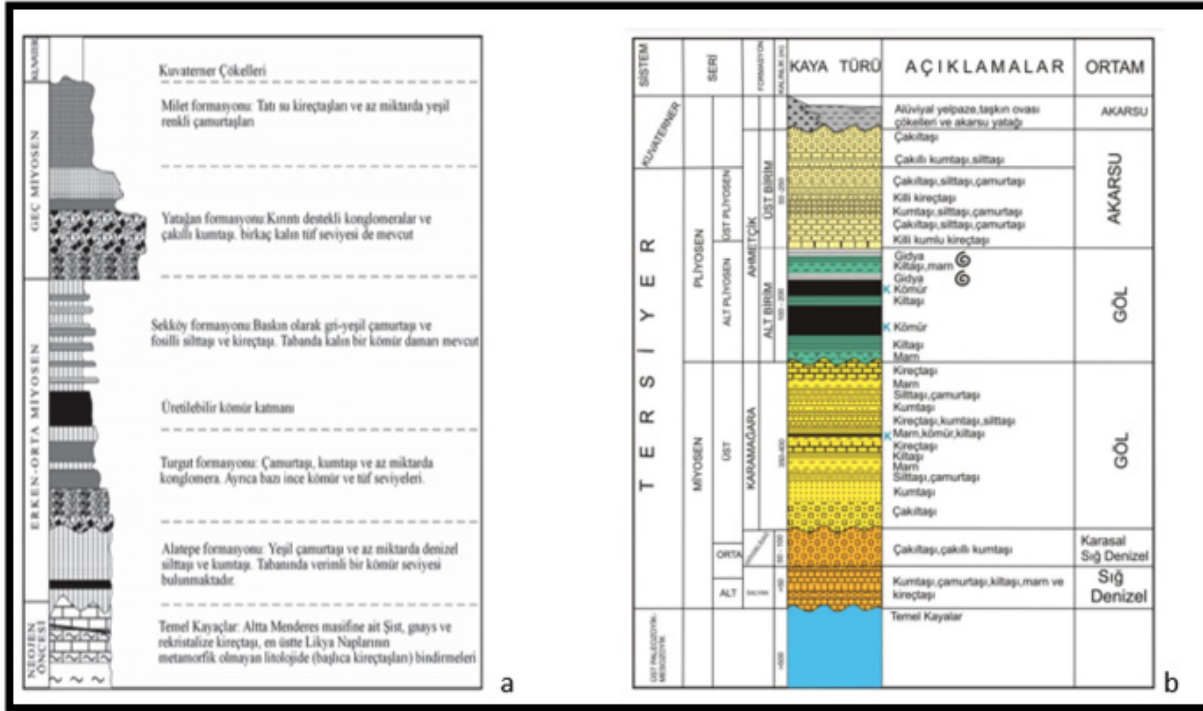
Keywords: *Water problems, controlled drainage condition, water management*

1. GİRİŞ

Ülkemizde enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan en önemli maden zenginliklerinden biri kömürdür. Son zamanlarda, dünya’da ve ülkemizde artan enerji talebini karşılamak için kömür madenciliğine dönük önemli adımlar atılmıştır. Kömür, derin jeolojik ortamlarda oluşan kil, silt, balçık ve organik malzemelerden oluşan yanıcı bir madde olarak bilinmektedir (Van Krevelen, 1993). Kömüre ulaşmak için üst katmanlardaki birimlerin kazılması veya daha derinde olması durumunda ise kapalı işletme yöntemi ile çıkartılmaktadır. Jeolojik yapıya bakıldığında, kömüre ulaşmak için birçok alanda yeraltı suyu bulunduran birimleri kazarak kömüre ulaşmak gerekmektedir.

Ülkemiz genelinde kömür sahalarının büyük bölümü Neojen kırıntılı seriler içerisinde farklı derinliklerde bulunmaktadır. Neojen kırıntılı seriler tabandan itibaren kıltaşı, silttaşı, kumtaşı, çakıltaşı ve killi kireçtaşı şeklinde bir istif sunmasına karşın, bölgesel tektonizmaya bağlı olarak farklılık sunmaktadır. Ege Bölgesinde yer alan sahalardan biri olan Muğla Yatağan kömür sahasında kömür tabakası Turgut Formasyonu olarak adlandırılan çamurtaşı, kumtaşı serisi ile Orta Miyosen Yaşlı Sekköy Formasyonu olarak adlandırılan çamurtaşı ve silttaşı tabakaları arasında yer alır (Çebi, 2016). Bu serilerin üst kesimlerinde akifer özelliğinde olan konglomeralar ve kireçtaşları yer alır. Ülkemizin güneydoğusunda yer alan ve en önemli sahalardan birisi ise Elbistan Kışlaköy kömür sahasıdır. Elbistan Kışlaköy sahasında Pliyosen Yaşlı kıltaşı-marn serisi içerisinde kömür tabakaları yer alır (Yusufoğlu vd, 2005). Elbistan bölgesinde benzer şekilde kömür tabakası olan serinin üzerinde akifer olarak killi kireçtaşları ve çakıltaşları bulunur (Şekil 1). Bazı kömür sahalarda ise Neojen serilerin yanal olarak tektonik hatlarla Mesozoyik Yaşlı karstik özellik taşıyan kireçtaşları veya fay zonları ile bağlantılı olup, işletme alanına yüksek debili yeraltı suyu gelişinin önlenmesi için susuzlaştırma yapılmaktadır.

Petrol, gaz, jeotermal ve kömür gibi yeraltında bulunan doğal zenginlikler dünyanın her yerinde, akifer sistemlerinin altında yer alır. Bu kaynaklara ulaşıp, işletebilmek için akifer sistemlerini geçmek için kazılması gerekir. Kuşkusuz yeraltı suyu akiferleri korunması gereken en önemli doğal kaynaklarımızdan biridir. Uygun bir planlama ile bu kaynaklar birlikte ve birbirine zarar vermeden işletilebilmesi gerekmektedir. İşletme öncesi jeolojik, hidrojeolojik, hidrolojik ve hidrojeokimyasal çalışmaların eksiksiz yapılması ile karşılaşılabilecek sorunları minimize edilmesi mümkündür. Yukarıda belirtilen çalışmalara dikkat edilmeden yapılan madencilik faaliyetlerinde işletme içerisine ani su gelişleri, hem iş güvenliği açısından hem de işletme açısından büyük risk oluşturur. Maden işletme aşamalarında diğer önemli sorunlardan birisi ise su ve çevre kirliliğidir. Plansız atık depolamaları, pasalardan kaynaklı sızıntılar, atık havuzlarının yıkılması, çevreye asidik maden suyu drenajının salınımı, kontrolsüz su drenajları ve akarsulara sediman taşınımı gibi birçok faktör yüzey ve yeraltı suyu kirliliğine neden olabilmektedir (Gupta ve Nikhil, 2016). Bütün bunlar dikkate alındığında, madencilik faaliyetleri sırasında alınabilecek önlemler ile yeraltı suyu ve yüzey suyu kaynaklarına zararı minimum indiren bir işletme yapılması, madencilik ve su kaynaklarının korunması açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 1. Muğla (a) ve Elbistan (b) Bölgesi Kömür havzalarının stratigrafik kolon kesitleri (Çebi, 2016 ve Gökmenoğlu, 2019)

Diğer taraftan ülkemizde yeraltı suyu kaynaklarındaki azalma önemli bir sorun haline gelmeye başlamıştır. Ülkemizde yapılan hidrojeolojik etüdlerinde birçok su havzasında yeraltı suyu seviyelerinin sürekli bir düşüm eğiliminde olduğu ortaya konulmuştur (Gündüz ve Şimşek, 2011; DSİ, 2014). Miktar ve kalite açısından baskı altında olan su kaynaklarının korunmasına ve iyi durumuna getirilmesi için ülkemizdeki tüm havzalarda su yönetimi ve planlama çalışmaları yapılmaktadır (SYGM, 2020). Yeraltı suyu miktar ve kalite açısından korunması için tüm paydaşların üzerine düşen görevleri yapmaları gerekmektedir. Bu kapsamda, maden işletme aşamasında ve sahayı terk etme durumlarında su kaynaklarının korunması için azami özen gösterilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Özellikle akiferden yapılan kontrolsüz drenaj koşulları yeraltı suyunu hem miktar hem de kalite açısından olumsuz etkilemektedir. Ocak içerisine gelen yeraltı suyunu kullanım planı oluşturmadan drene etmek işletme sahası ve çevresinde yeraltı suyu seviyelerinde önemli düşümlere neden olmaktadır. Kalite açısından ise sulama ve içme-kullanma suyu sağlayan kuyuların veya yüzeysel suların olumsuz etkilendiği yaygın bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Kontrolsüz drenaj koşulları sonucu oluşan asidik maden suları

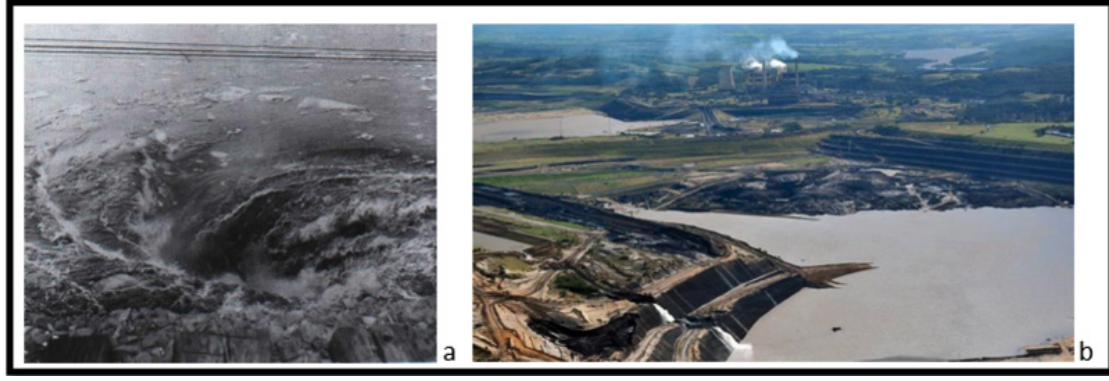
Yapılan her madencilik faaliyeti mutlaka bir hidrolojik havzası içerisinde kalmaktadır. Maden sahasının içerisinde bulunduğu hidrolojik havza özellikleri, sahanın nehir veya akarsuya yakınlığı, maden atıklarının veya pasaların dere veya akarsuya yakın alana depolaması gibi bir çok faktörün iyi planlanması ve her sahada su yönetiminin oluşturulmasının önemi oldukça büyüktür (Ngah vd, 1984; Taştekin vd, 2015). Kontrolsüz drenaj koşullarına sahip sahalarda, taşkınlara bağlı olarak ocak içerisinde malzeme ile dolması, heyelan ve çamur akması gibi kütle kaymaları, ocak içerisindeki suyun şevleri olumsuz etkilediği birçok vaka belirtilmektedir (Norton,1982, Brawner, 1982).

Maden işletmelerinin su kaynaklarının miktar açısından etkileri yanında, su kaynaklarına neden olan kimyasal etkilerini de kontrol altına alınması gerekmektedir. Maden işletme alanı içerisindeki yüzeysel sularının kalitesi açısından beklenebilecek en temel değişiklik, saha koşullarında yapılacak patlatma, kopartma, parçalama vb. kazı faaliyetlerin üretilen malzemenin tane boyutunu ufaltması ve bu sayede kimyasal ve fiziksel ayrışmaya daha yatkın hale gelmesi gelmesidir. Malzemenin boyutunun küçülmesi sonucunda özellikle kimyasal reaksiyonlara daha açık bir forma dönüşmesine neden olur. Bu durumda yüzeysel suların gerek partikül miktarının artmasına gerekse kimyasal özelliklerinde değişikliklere neden olmaktadır. Bu sular ise kullanılabilir bir kaynak suyu olmaktan çıkmakta ve bir kirletici kaynak özelliği kazanmaktadır. Bütün bunlar dikkate alındığında, madencilik faaliyetlerinin su kaynaklarına kalite ve miktar açısından olası etkilerini aza indirmek için olası problemlerin belirlenmesi ve alanda bir su yönetimi oluşturulması ile mümkün görülmektedir.

2. MADEN SAHALARINDA SU PROBLEMLERİ

Su kaynakları miktar ve kalite açısından maden sahalarında farklı problemlere neden olmaktadır. Miktar açısından ele alındığında, sahada hem yüzey suyu kaynaklı hem de yeraltı suyu kaynaklı sorunlarla karşılaşmaktadır. Yüzey suyu kaynaklı olarak en önemli sorunlardan biri, maden sahasının içerisinde bulunduğu drenaj alanına düşen yağışlara bağlı olarak taşkınla karşılaşmasıdır. Bu durum bazen can ve mal kaybına neden olmaktadır. Çin Yicun kentinde bulunan kömür madeni sahasının ani gelişen taşkın nedeni ile 7 işçi mahsur kalmıştır. Benzer bir şekilde, ABD Pelsinanya Knox kömür maden sahasındaki ölümcül bir taşkın olayı gerçekleşmiştir (Berger, 2009). Avustralya Yallourn kömür açık işletmesinde 2012 yılında nehir kanalının çökmesi ile yaklaşık 24000 olimpik havuz büyüklüğünde bir alan su altında kalmıştır (Morton, 2012). Şekil 3'de yukarıda belirtilen su taşkın problemlerine bağlı olay sonrasında çekilmiş resimler sunulmuştur. Ülkemizde ise Karaman Ermenek ilçesinde galeriyi su basması sonucu işçilerin mahsur kalması suyun yarattığı ve insan hayatını tehlikeye atan su problemleri olarak karşımıza çıkmıştır. Yaşanan problemlere bakıldığında, maden pasa sahasının bir akarsuya yakın konumlandırılması ve heyelanın neden olduğu akarsu akışının kesilmesine bağlı taşkın gelişmesidir. Diğer olayda ise büyük ölçekli bir heyelanın ocak tabanındaki toplanan suyu taşıması sonucu sahada önemli bir su problemine neden olmuştur. Görüldüğü üzere maden sahalarındaki yüzey suyu drenajının yönetilebilir duruma getirilmemesi ve olası risklere karşı önlemler alınmadığında, meydana gelen su taşkını ocak boşluk alanını doldurduğu gibi, pasa veya su setlerini yıkarak doğal ortama taşınmasına da neden olabilmektedir.

Bu sorunlara dönük yapılan çalışmalarda, madencilik faaliyetleri süreçlerini oluşturan planlama, üretim, işletme ve sonraki dönemlerde mutlaka bir yüzeysel su kontrol planı yapılması gerektiği vurgulanmıştır (Wood, 1981).



Şekil 3. Pelsinanya Knox (a: Bergen, 2009) ve Avustralya Yallourn (b: Morton, 2012) kömür sahalarının su altında kalması

Yeraltı suyu etkisi açısından ele alındığında, akiferin verimliliği, açık ocak işletmeciliğinde ocağın genişliği ve derinliği büyük önem taşımaktadır. Özellikle ocağın, akifer zonun altına inmesi durumunda yeraltı suyu drenaj problemi ile karşılaşmakta ve planlı bir çalışma gerektirmektedir (Liang vd, 2017). İşletilmesi düşünülen maden sahasındaki akiferin doygun kalınlığı, hidrolik iletkenliği, beslenme alanı, yüzey suyu ile etkileşimi gibi hidrojeolojik özellikler ocak içerisine gelecek su miktarını etkilemektedir. Akiferden ocak içerisine gelecek su miktarının belirlenmesi için kapsamlı bir çalışma yapılması, kömür damarının üstünde yer alan akiferlerin hidrojeolojik özellikleri net olarak ortaya konulması gerektiği bir çok çalışmada vurgulanmaktadır (Norton, 1982; Mackie, 2009; Taştekin vd, 2015).

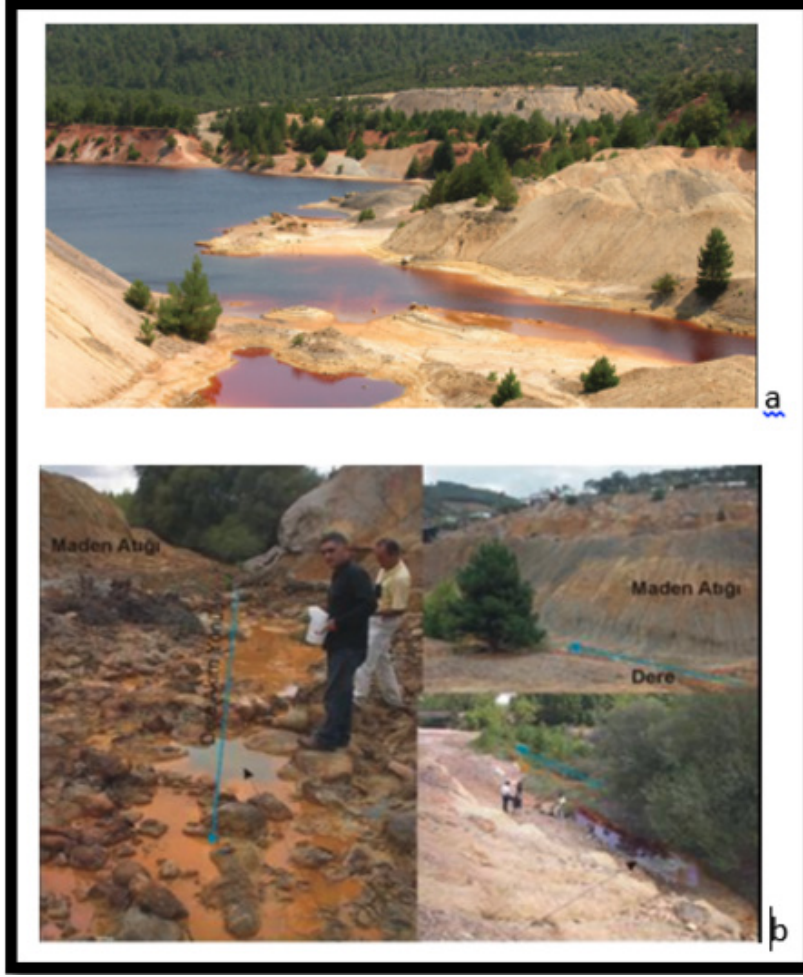
Ülkemizde genel olarak bakıldığında, yaygın olarak işletilen kömür damarları üzerindeki örtü tabakaları içerisinde killi kireçtaşları önemli yeraltı suyu bulunduran litolojik birimdir. Birim kil ağırlıklı ve geçirimsizliği düşük olabileceği gibi karstik yapılara sahip ve oldukça geçirimli bir yapı da sunmaktadır. Killi kireçtaşının karbonatlı seviyesinin kalınlığı, kil tabakaların kalınlığı ve kırık ve çatlak sistemlerinde gelişen karstik yapıların varlığı ocak açılması sırasında su gelişini kontrol eden hidrojeolojik faktörlerdir. Tüm litolojik birimleri örten geçirimli alüvyonlar ocaklarda yeraltı suyu gelişini açısından dikkat edilmesi gereken birimlerdir. Alüvyon biriminin geçirimsizliği ve kalınlığı açık ocak işletmelerde su gelişlerinde önemli sorunlara neden olabilmektedir. İş güvenliği açısından, bu birimler içerisindeki yeraltı suyu seviyesinin kömür tabakasının alt kotuna kadar düşürülmesi için açılan kuyular ile drene edilmesi zorunlu hale gelmektedir. Ancak, yapılan susuzlaştırma çalışmalarında yeraltı suyu seviyesinin düşümüne bağlı olarak farklı çevresel riskleri de beraberinde getirmektedir. Yeraltı suyu seviyesinin düşürülmesi bazı alanlarda oturmalara veya obruk oluşumlarına neden olmaktadır. Yapılan bir çalışmada, karstik sistemlerde aşırı yeraltı suyunun seviyesinin düşürülmesine bağlı olarak obruk oluşumları gözlenmiştir. Kömür düzeyinin altında kil tabakasının kalınlığının değişkenlik sunması ve su çekimine bağlı olarak iç erozyonla obruk oluşumunun gerçekleştiği belirtilmektedir (Mahmutoğlu vd, 2017). Yurtdışında yapılan çalışmalarda, susuzlaştırma amaçlı açılan pompaj kuyularından veya geniş çaplı şaftlardan çekilen aşırı çekimlerin yarattığı seviye düşümlerine bağlı olarak, maden sahaları ve/veya yakın yerleşim alanlarındaki yapılara zemin oturmaları nedeni ile önemli hasarlar verdiği ortaya konulmuştur (Loupasakis vd, 2014).

Bazı kömür havzalarında (ör: Elbistan, Soma) karstik kireçtaşları ya taban kayasını oluşturmakta veya yanal olarak dokanak halindedir. Kireçtaşları karstik boşluklara sahip olduğu durumlarda kazı alanına yüksek debili yeraltı sularının akma olasılığı oldukça yüksektir. Bu bağlamda karstik sisteme çok sayıda sondaj ile yeraltı suyu çekimi yapılarak seviye kömür taban kotunun altında tutulmaya çalışılmaktadır. Elbistan sahasında yapılan çalışmada, kömür damarının alt

kısımındaki geçirimsiz kil tabakası kalınlığının ince olduğu, yanal olarak da bağlantılı olan kireçtaşlarından ocak içine su gelişinin olması veya şev duyarlılığını etkileyecek problemlerin olabileceği de belirtilmiştir (ODTM, 2009). Bu sonuçlar itibari ile bazı kömür sahalarında karsitik birimlerin varlığı büyük önem taşımaktadır. Her sahanın hidrojeolojik özelliğinin anlaşılması için kavramsal hidrojeolojik model, yeraltı suyu akım modeli ve su kimyası çalışmaları ile birimlerin madencilik çalışması süresinde yeraltı suyu hidrodinamik özellikleri net bir şekilde ortaya konulması, su probleminin çözümünde önemli rol oynamaktadır.

Diğer bir problemlerden biri ise madencilik faaliyetinin işletmeye geçmesi durumunda gerek yerüstü gerekse yeraltı suyu kalitesinde olası değişikliklerin izlenmesidir. Söz konusu değişiklikler, maden sahasının hidrolojik havzanın neresine olduğu ile yakından ilişkilidir. Maden sahasının bulunduğu bölgedeki oluşacak derelerin veya akarsuların akış miktarı, akaçlama ağı, yüzey ve yeraltı suyu etkileşimi, su kalitesinde ortaya çıkabilecek farklılaşmalara kadar geniş bir yelpazede oluşabilir. Ancak sahanın alansal ölçeği, yıllık üretim miktarları, cevherin tehlikeli veya tehlikesiz olması ve alanın geçirimsiz birim üzerinde yer alması, saha içerisinde uygun su yönetimi planlaması yapıp yapılmadığı dikkate alındığında, bu etkilerin sınırlı olması ancak alınacak önlemlere bağlı olduğunu söylemek gerekir.

Çevresel açıdan riskli olan maden sahasındaki litolojik birimlerde cevher veya kömür kaynaklı ufalanmış malzemenin yağışlı dönemde olası konsantrasyon artışlarına ek olarak, işletilmesi planlanan maden sahasından kaynaklı olarak su kalitesinde oluşabilecek en belirgin değişim, maden sahasının içinde bulunduğu drenaj yolundaki yerüstü sularında toplam katı madde ve askıda katı madde seviyelerinin yükselmesidir. Yüzeysel suların yıkadığı toksik elementler asidik maden suları ile çevreye veya en yakın su kaynağına geri dönüşü olmayan zararlar verebilmektedir. Plansız yüzeysel su yönetimi ve planlaması yapılmayan açık ocak işletmelerinde kontrolsüz yüzeysel drenaj, madencilik faaliyetlerinden dolayı toz haline gelen cevherli malzemelerin yüzeysel sularla düşük kotlara doğru akışa geçmelerine, bazen aşırı yağış suları ve taşkınlarla en yakın akarsuya karışma riskleri oldukça yüksektir (Şekil 4). Özellikle yüzeysel suların maden sahalarında depolanması ve bu esnada cevherli minerallerin suda çözünmesi yüzey su kaynaklarına kirlenme açısından olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu durum işletme sonrası sahanın rehabilite edilmeden terk edilmesi de benzer sorunlara ve çevresel sorunlara neden olmaktadır (Şekil 4). Yukarıdaki problemlere örnek olarak, Giresun Şebinkarahisar Kurşun atık havuzunun 2021 yılı Kasım ayında çökmesi ile 4500 ton atık ve atık suyunun Darabul Deresine karışması örnek olarak verilebilir. Bahsedilen problemler hem su kaynaklarına zarar vermekte hem de madencilik karşı olumsuz algıların oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 4’de görüleceği üzere her iki resimde işletilmiş ve terk edilmiş sahalardaki yüzeysel su kaynaklarının maden sahasından önemli oranda etkilendiği ve toksik elementler bakımından kirletildiği belirtilmektedir (Şimşek vd, 2012, Şanlıyüksel ve Baba, 2013). Bu sonuçlara neden olmamak için maden sahaları terk edilme şartlarına uygun olarak rehabilitasyon yapması önem taşımaktadır.



Şekil 4. Plansız terkedilme yapan maden sahalarında su kaynaklarının kirlenmesi (a: Şanlıyüksel ve Baba, 2013; b: Şimşek vd, 2012)

2.1. Maden Sahalarında Su Kaynaklarının Planlanması

Bir kömür ocağının arama, işletme ve sahayı terk etme dönemlerini içeren her aşaması su kaynaklarını yakından ilgilendirmektedir. Bu süre bazı alanlarda onlarca yıl almakta ve yüzey veya yeraltı suyu kaynağı bu süre boyunca miktar ve kalite açısından baskı altına kalmaktadır. Bazı ocaklarda verimli akiferle karşılaşılması durumunda, açılan ocak içerisine gelen yeraltı su miktarı günlük on binlerce metreküp suyu drene edilmesini zorunlu kılmaktadır. İşletme güvenliği açısından kömür damarının taban kotu altında tutulması için akiferden yüksek debili yeraltı suyunun çekimi yapılması gerektiğini daha önce ele alınmıştı. Maden sahasından drene edilecek yeraltı suyunun bir yönetim planının oluşturulması, yaşanan bölgesel su problemlerinde kullanımının sağlanması önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda, madencilik işletme dönemlerinde ortaya çıkan suyun azaltılmasına dönük iyi madencilik uygulamalar ve madencilik su yönetiminin belirlenmesi, su verimliliğinin artmasına ve olası çevresel risklerin azaltılmasına büyük rol oynayacağı belirtilmektedir (Zhang vd, 2014; Preene, 2015).

Açık ocak işletmelerde işletme en düşük taban kotuna yapılacak su toplama havuzları ve açık işletme çevresinde yapılacak kuşaklama kanalları ile yüzey suların toplama havuzunda toplanması ve buradan maden sahasında gerekli su kırma, eleme ve ocak içi ihtiyacı karşılanmalıdır (Şekil 5). Bu kuşaklama kanalları ile ocak içerisine gelen sular aynı şekilde havuzlarda depolanması da sağlanmış olacaktır. Şekil 5'de sunulduğu üzere en düşük kotlarda yüzey suyu ve yeraltı suyu kaynaklı suların depolanması ve buradan maden sahasında kontrollü drenaj koşullarının sağlanması ile miktar açısından korunmasını sağlayacak ve gelişmiş çevreye

salınmasının yaratacağı olumsuz etkileri minimize edecektir (Şekil 6). Maden sahasında kullanılmayan fazla suyun kalitesi de gözetilerek dönemsel sulama suyu olarak kullanımı, kömür santralleri var ise üretilen su miktarına göre santrale su sağlama, karstik sulardan drene edilen suların gerekirse içme suyu olarak bölgesel yönetimlerle görüşülerek kullanma suyu olarak kullanılması gibi seçenekler mutlaka değerlendirilmelidir. Yeraltısuyundan çekilen suyun değerlendirilmeden yüzeysel akarsulara drene edilmesi, yeraltı suyu miktarının korunması açısından büyük risk teşkil etmektedir.

Yüzeysel su kaynaklarının kontrol altına alınması saha içerisindeki suyun yönetiminde diğer en önemli aşamalarından birisidir. Maden sahasının bir nehir veya akarsuya yakın olması durumunda ise nehrin taşkın analizlerinin yapılarak olası risklerin değerlendirilmesi ve taşkın sınırları içerisinde madan kaynaklı malzemelerin depolanmasından kaçınılması gerekmektedir. Akarsuyun kanala alınması, akışı engelleyecek morfolojik yapıların düzenlenmesi olası taşkın risklerini minimize edecektir.

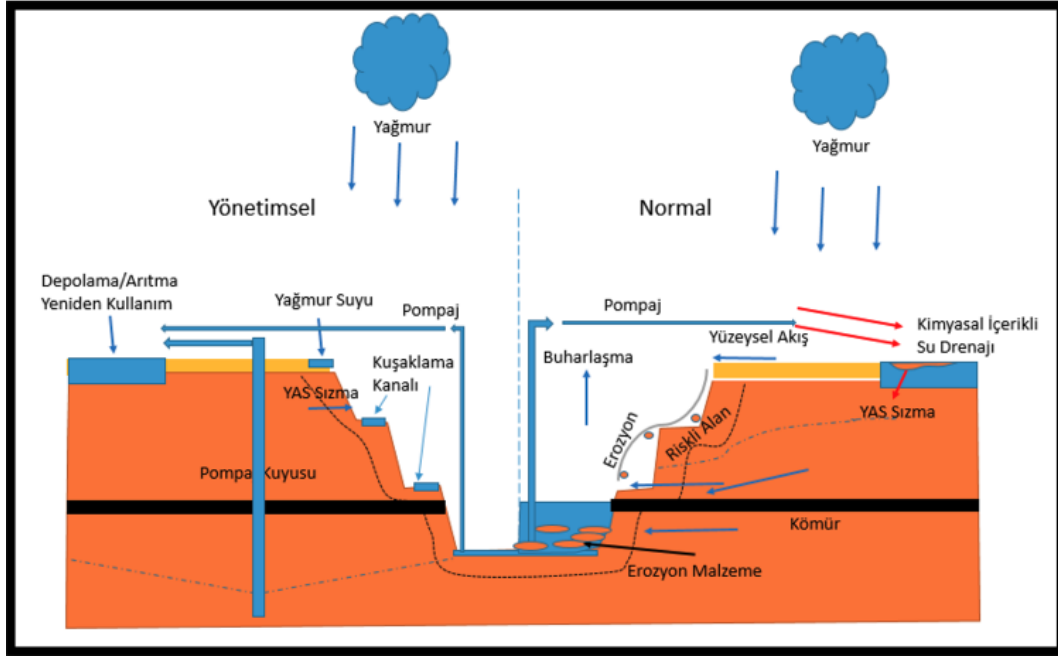


Şekil 5. Ocak içerisinde depolanan fazla suyun depolanması kanal ile drene edilmesi (ETİ, 2016)



Şekil 6. İşletme sahasında suların kontrollü drenaj koşullarının ile drene edilmesi (ETİ, 2016; EÜAŞ, 2020)

Bir maden sahasında su yönetimi ve planlamasının diğer aşaması su kalitesinin korunmasıdır. İşletmede gerekli personel için içme suyu, kullanma ve sahada kesme, yıkama ve toz kalkmaması için sulama gibi günlük su tüketimlerini nasıl ve nerden sağlanacağı ortaya konulması gereken önemli sorunlar olduğu belirtilmektedir (Fleming, 2016). Maden sahasındaki su kaynakların geri kullanımının sağlanması için su ile ufalanmış ve su ile reaksiyona geçebilecek malzeme ile temasın en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle maden sahası içerisinde yüzey ve yeraltı suyu dolaşımının kuşaklama kanallarına alınması, olası partikül taşınımının önüne geçilmesi için çöktürme havuzlarının yapılması önem arz etmektedir. Madencilik faaliyetlerinin çevresel sorunlara neden olduğu bu tür kirleticilerin salınımının önüne geçilmesi su kaynaklarını korunması açısından zorunlu bir uygulama olarak ele alınmalıdır. Kullanılan suyun tekrar kullanımına dönük olarak gerekli arıtma sistemleri kurulmalıdır. Bu konu, 2018 yılında Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği raporunda kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018). Yapılacak su planlama yönetimi ile hem su tüketimi azalacak hem de kalite açısından kirlenme mekanizmalarının önüne geçilmiş olacaktır. Ayrıca, maden sahalarında su yönetiminin oluşturulması ve su paydaşlarının yararlanma olanaklarının arttırılması, bölgesel ölçekli su kaynaklı sorunları minimize edecektir (Kemp vd, 2010).



Şekil 7. Açık işletme modelinde suyun kontrolü ve yönetilebilir şeması (INAP, 2009'dan değiştirilerek)

Şekil 7'de yüzey ve yeraltı su kaynaklarının planlı bir şekilde izlenmesi ve yönetilebilir hale getirilmesi için oluşturulan şema sunulmuştur. Şemada bir maden sahası içerisindeki kontrollü su yönetimi ile suların doğal ortama daha temiz salınımı ve yeniden kullanımı ile plansız bir şekilde ve kirletilmeye olanak sağlayan koşullar birlikte sunulmuştur. Saha içerisinde drene edilecek suların çevreye suyun kirletilmeden salınımının ve yeniden kullanımının sağlanması sürdürülebilir su kaynakları açısından sektöre önemli bir görev düşmektedir. Bunların yanında ömrü tamamlanmış maden sahalarının, su kaynaklarına zarar vermeyecek şekilde tüm önlemlerin alınarak terk edilmesi gerekmektedir. Plansız terk edilen sahaların yarattığı çevresel sorunlar Şekil 4'de sunulmuştur. İşletme sahalarında su kaynaklarının miktar ve kalite açısından izlenmesi, elde edilen sonuçlara göre önlemlerin alınması, suyun ölçülebilir ve saha içerisinde yönetilebilir hale dönüştürülmesi artık bir zorunlu eylem haline gelmiştir.

2.2. Yeraltı Suyu İzleme Çalışmaları

Açık ocak işletmelerinde ocak içerisine debisi yüksek su gelişinin önlenmesi veya örtü tabakasındaki killi birimlerin su içeriğinin azaltılması için sondajlar açılarak yeraltı suyu seviyesi üretim kotunun altına düşürülmeye çalışılır. Bunun için belli mesafelerde su sondaj kuyusu açılarak yeraltı suyu çekimi yapılır. Elde edilen akiferin hidrolik parametreler ışığında akiferden ne kadar su çekilebileceği ve su tablasının istenilen seviyeye düşürülmesi için kaç adet kuyu, kuyu çekim miktarı, pompa seçimi gibi bir dizi teknik çalışmalar yapılır (Morton, ve Mekerck, 1993; MTA, 2013). Pompaj kuyuları yanı sıra, yeraltı suyu seviyesinin izlenmesi, çekilen su miktarının takip edilmesi, belli aralıklarla su kalitesinin kontrolü için seviye izleme ve örnekleme kuyuları açılır.



Şekil 8. a: Geçirimliği düşük birimlerde açılmış, b: karstik birimlerde açılmış kuyular (EÜAŞ, 2020)

Şekil 8’de Elbistan bölgesinde kil ağırlıklı Gıdya formasyonu ve karstik sistemde açılmış kuyular sunulmuştur. Ocak kapasitesine bağlı olarak açılan çok sayıda kuyunun izlenmesi (çekim değerleri, enerji sarfiyatları, yeraltı suyu seviyesinin izlenmesi) gerekmektedir. Bunun için bir izleme sistemi kurulmuştur. Üretim kuyularına pompa çekim değerlerini anlık kaydeden debi metreler konumlandırılarak gerek kuyu başında gerekse bir sistem odasından takip edilebilmektedir (Şekil 9). Pompaj kuyularından çekilen su miktarı saatlik, günlük, aylık veya yıllık bazda izlenmesi ile ister aylık ister yıllık su bütçesi yapılarak, planlamaya dönük önlemlerin alınmasında büyük yarar sağlayacaktır.



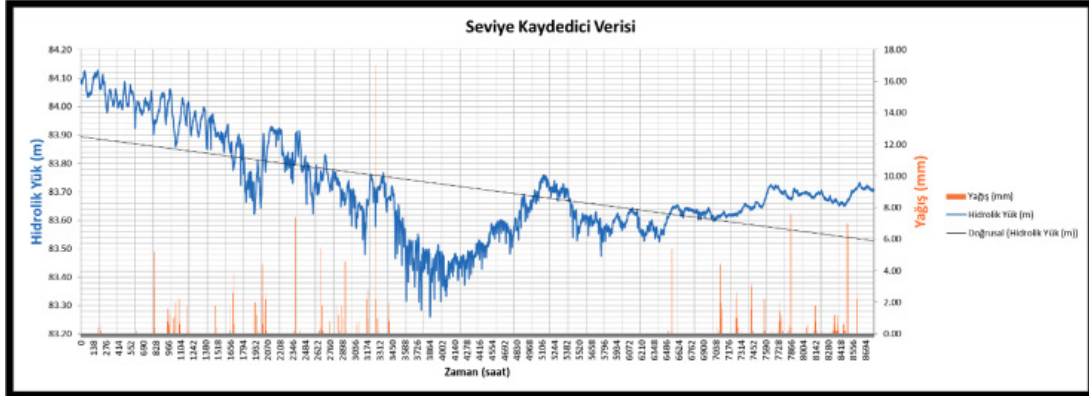
Şekil 9. Üretim kuyularına yerleştirilen debimetreler (EÜAŞ, 2020)

Üretim yapılan sahanın belli aralıklarla seviye izleme kuyuları açılarak otomatik seviye kaydediciler ile seviye anlık olarak izlenir (Şekil 10). Açılan gözlem kuyusunda manuel seviye ölçümü ve otomatik seviye kaydedicinin konumlandırılması ile seviyeler her iki şekilde de takip edilmektedir.



Şekil 10. Pompaj ve gözlem kuyularında debi ve seviyenin izlenmesi

Manuel seviye ölçümleri belli gün veya haftalarda kuyu başında ölçülebilmektedir. Bu yöntem arazi şartlarına bağlı olarak sistematik yürütülememektedir. Bunun için maden sahalarındaki yeraltı suyu seviyesinin otomatik seviye kaydediciler ile izlenmesi önerilmektedir. Seviye kaydediciler (1 sn, 10 sn, 1 dk, 30 dk, 1 s) istenilen zaman aralıklarında otomatik olarak yeraltı suyu seviyesini ölçerek kaydetmektedir. Seviye kaydedicilerden aylık veya 3 ayda bir sahaya giderek veriler bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Daha gelişmiş sistemler kuyu başına konumlandırılarak veriler doğrudan veri aktarıcılar ile sistem izleme odasına aktarımı yapılmakta ve anlık olarak seviyeler izlenebilmektedir. Bir seviye kaydedicinin bir yıllık izlem değerleri Şekil 11’de sunulmuştur. Örnek olarak sunulan seviye kaydediciden sağlanan seviye değişimlerinin yağışlı ve kurak dönemlerdeki salınımı ve seviyenin istenilen kotta sabit tutulup tutulmadığı kolaylıkla takip edilmektedir. Şekil 11’de yeraltı suyu seviyesinin kurak dönemde seviyenin düştüğü, yağışlı dönemlerde yükseldiği ancak yıllık bazda incelendiğinde düşme trendinde olduğu görülmektedir. İzleme kuyularından aylık veya üç aylık dönemlerde su örnekleri alınarak su kimyasını değişiminin de izlenmesi ve olası değişimler olduğu takdirde nedenleri araştırılmalıdır.



Şekil 11. Otomatik seviye ölçerler ile seviye değişiminin izlenmesi

3. Tartışma ve Sonuçlar

Açık maden işletmelerinde gerek yüzey suyu gerekse yeraltı suyu açısından ele alındığında işletme aşamalarında bir çok problemle karşılaşılmaktadır. Su kaynaklı problemlerin önlenmesi için su kaynaklarının ölçülebilir, izlenebilir ve yönetilebilir hale dönüştürülmesi gerekir. Aksi takdirde suyun yönetilebilir hale getirilmediği durumlarda, yüzey ve yeraltı suyunun miktar ve kalite açısından olumsuz etkilemektedir. Günümüzde su kaynaklarının azalma eğiliminde olduğu dikkate alındığında, her maden sahasında su kaynaklarının miktar ve kalite açısından mutlaka bir izleme ve yönetim planı oluşturulmalıdır. İşletme sahasında yüzey suyu drenaj kont-

rolünün sağlanması, sahaya düşen yağışlardan kaynaklı ve yeraltı suyu sızmalarından kaynaklı suların toz haline gelmiş malzeme ile temasını azaltmak için kuşaklama kanalları ile ocak içerisinde havuzlarda toplanması ve buradan drenajı sağlanmalıdır. Drene edilen suların öncelikle maden alanında yeniden kullanımı ve fazla suların ise çevredeki su paydaşlarının kullanımına dönük olanaklar araştırılmalıdır. Bazı kömür sahalarının örtü biriminde veya yanal olarak bağlantılı verimli akiferlerden çekilen yeraltı suları, tarımsal sulama, park-bahçe sulama veya termik santrallerin su ihtiyacında kullanılabilir şekilde planlanmalıdır. Kullanma planı olmadan yapılan çekimler sonucunda milyonlar metre küp mertebesindeki yeraltı suyunun derelere drene edilmesi ile büyük oranda kullanılabilir suyun kaybına ve stratejik öneme sahip yeraltı suyu kaynağının azalmasına neden olmaktadır. Sahadaki suyun yönetilebilir olması için, öncelikle kalite ve miktar açısından ölçülebilir duruma getirilmesi gerekir. Sahada suyun ölçülebilir ve izlenebilir hale getirilmesi için pompaj çekim değerleri, yeraltı suyu seviye değişimleri, açık ocaklardan drene edilen su miktarı, kuşaklama kanallarından akım miktarları izlemeye alınmalıdır. Kalite izleme açısından ise açılan gözlem kuyularından ve akar durumdaki yüzeysel sulardan örnekler ile suyun kalitesinin izlenmesi, su planlaması açısından yapılması gereken çalışmalardır. İzlenebilir ve yönetilebilir bir sistem kurularak, su kaynaklarının takip edilmesi, hem madencilik açısından olası riskleri minimize edecek, hem de suyun sürdürülebilirliği açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

Su kaynakları açısından diğer problemlerden biri ise açık ocak madencilik faaliyetlerinin yaratacağı su kirliliğidir. Yüzeysel drenajın kontrol altına alınmaması ile toksik element içeren ufalanmış malzemeler, yağış anında kolaylıkla akışa geçecek ve maden sahasından ana drenaj ağına taşınacaktır. Bu durum, maden sahası içerisindeki ve etkileşimindeki su kaynaklarının kirlenmesine ve maden alanının bulunduğu hidrolojik havzayı kirletme riski taşıyacaktır. Bu kapsamda saha içerisinde yüzeysel drenaj ağının kontrol altına alınması ve kirletici özellikteki suların drene edilmemesi gerekmektedir. İşletme sahasındaki su kaynaklarının kontrollü drenaj koşullarının oluşturulması, yönetilebilir hale getirilmesi ise çevresel zararları minimize edecek ve yakın çevrede yaşayan insanların madencilik bakış açılarını değiştireceği düşünülmektedir.

Yapılan çalışmalarda görüleceği üzere, her sahanın jeolojik ve hidrojeolojik özelliğine göre farklı problemler ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle saha özelinde kapsamlı hidrolojik, hidrojeolojik çalışmalar, alanın kavramsal modelleri, yeraltı suyu akım modelleri ve kirletici taşınım senaryoları yapılarak olası senaryolara karşı eylem planları yapılmalıdır. Bütün bunlara ek olarak, maden sektörünün yakın çevredeki diğer su paydaşları ile ortaya çıkacak sorunlara dönük risklerden kaçınması, suyla etkileşimde olan tüm ekosistemi de içine alan bütüncül bir yaklaşımda yapılacak çalışmalar olası riskleri minimize edecektir. Bu çerçevede su paydaşları ile ortak yaklaşımların geliştirilmesi konusunda sektöre büyük rol düşmektedir.

4. Teşekkür ve Katkı Belirtme

Çalışmada kullanılan görseller daha önce saha çalışmalarının yapıldığı ETİ Maden Bor İşletmeleri Emet Sahası, Elbistan Kömür İşletmeleri sahasından elde edilmiştir. Saha çalışmalarında yardımcı olan işletme yönetimine ve ekibine teşekkür ederim.

5. Kaynaklar

- Berger, L., 2009. Death Underground: The Knox Mine Disaster. Pennsylvania Center of Book.
- Brawner, C.O., 1982. Control of Groundwater in Surface Mining. International Journal of Mine Water. IMWA, No. 1, March 1982.
- Çebi, F.H., 2016. Ekizköy (Muğla-Milas) Erken-Orta Miyosen Kömürlerinin Organik Jeokimyası ve Paleoiklim Şartları Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 40 (2)
- DSİ, 2014. Gediz Havzası Planlama Hidrojeolojik Etüd Raporu, DSİ İzmir Bölge Müdürlüğü, İzmir.
- ETİ, 2016. Espey Bölgesi Yeraltı Suları Kalitesini Etkileyen Sebeplerin Araştırılması Ve Kontrollü Drenaj Koşullarının Belirlenmesi. Eti Maden İşletme Genel Müdürlüğü, Ankara
- EÜAŞ, 2020. Afşin Elbistan Kömür Havzası Sürdürülebilir Madencilik Faaliyetleri Ve Yatırımlarının Değerlendirilmesine Ait Kontrol Ve Denetim Raporu. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğü, Ankara
- Fleming, H., 2016. Water Management In The Mining Industry. CEO Water Mandate. Anglo-merikan.
- Gündüz, O., Şimşek, C., 2011. Influence of Climate Change on Shallow Groundwater Resources: The Link Between Precipitation and Groundwater Levels in Alluvial Systems. Climate Change and its Effects on Water Resources, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security 3.
- Gökmenoğlu, O., 2019. Afşin-Elbistan Kömür Üretim Sahasında Olası Drenaj Sorunlarının Hidrokimyasal ve İzotopik Tekniklerle İncelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisan Tezi.
- Gupta, S.K., Nikhil, K., 2016. Ground Water Contamination in Coal Mining Areas: A Critical Review. International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS).
- Kemp, D., Bond, C.J., Franks, D.M., Cote, D., 2010. Mining, water and human rights: making the connection. Journal of Cleaner Production. 18;1553-1562
- Loupasakis, C., Angelitsa, V., Rozos, D., Spanou, N., 2014. Mining Geohazards—Land Subsidence caused by the Dewatering of Opencast Coal Mines: The case study of the Amyntaio coal mine, Florina, Greece. Nat Hazards. 70:675–691
- Liang, Z., Ren, T., Wang, N., 2017. Groundwater impact of open cut coal mine and an assessment methodology: A case study in NSW. International Journal of Mining Science and Technology 27(5)
- Mackie, C.D., 2009. Hydrogeological characterisation of coal measures and overview of impacts of coal mining on groundwater systems in the upper hunter valley of NSW, Sydney.

Mahmutoğlu, Y., Karagüzel, R., Şans, G., Erdoğan, M., Bozkurtoğlu, E., Akyüz, H.S., İşveren, T., Taştekin, C., Ata, E., 2017. Karst Susuzlaştırmasının Obruk Oluşumuna Etkisi: Afşin-Elbistan Linyit Sahası Örneği. MÜHJEO'2017: Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu, 12-14 Ekim 2017, ÇÜ, Adana

MTA, 2013. Kahramanmaraş Afşin Elbistan Kömür Havzası Hidrojeolojik İnceleme Projesi Hurman Çayı Doğu Bölgesi Drenaj Raporu.

Morton, E., 2012. Yallourn coal mine flood worsens

Morton, K.L., Mekerck, M.A. 1993. A Phased Approach to Mine Dewatering. Mine Water and The Environment. 112;24-34.

Ngah, S.A., Reed, S.M., Sing, R.N., 1984. Groundwater Problems in Surface Mining in the United Kindom. International Journalof Mine Water. Volume 3, Pages 1-12.

INAP, 2009. International Network For Acid Prevention.

Norton, P.J., 1982. Advanced Dewatering and Control of Groundwater in Surface Coal Mining. 1st International Mine Water Congress, Budapest

ODTM, 2009. Afşin-Elbistan B Sahasında Akiferin Ocak Faaliyetlerine ve Şevlerine Etkisi. Palplaş İstinat Duvar Olasılıklarının Araştırılması, Ok Dış Ticaret Madencilik San.Tiç.A.Ş. Ankara

Preene, M., 2015. Techniques and Developments in Quarry and Surface Mine Dewatering. Pp. 194-206 in Hunger, E. and Brown, T.J. (Eds.)

Şanlıyüksel, Y.D., Baba, A., 2013. Türkiye’de asit maden göllerine Çan (Çanakkale) Havzası’ndan Güncel bir kaç örnek. Mavi Gezegen. Sayı 18.

Şimşek, C., Gündüz, O., Elçi, A., 2012. Terkedilmiş Balya (BALIKESİR) Pb-Zn Maden Atıklarının Ağır Metal ve Doğal Radyoaktivite İçeriği ve Çevre Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi. Cilt:2 Sayı:1 s.43-55.

SYGM, 2020. Kuzey Ege Nehir Havzası Yönetim Planının Hazırlanması Projesi Nehir Havza Yönetim Planı. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara

Taştekin, C., Ata, E., Erkasap, M., Demir, H. 2015. Afşin – Elbistan Kömür Havzası Yeraltı Suyu Yönetimi Ve Susuzlaştırma Projeksiyonu. 68. Türkiye Jeoloji Kurultayı 06-10 Nisan Ankara

Yusufoğlu, H., Bedi, Y., Usta, D., Özkan, M.K., Beyazpirinç, M., Yıldız, H., 2005. Afşin-Elbistan Neojen Havzasının Tektonik Evrimi, Doğu Toroslar, Türkiye, 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s. 264-265.

Van Krevelen, D.W., 1993. Coal: Typology-Physics-Chemistry-Constitution. U.S. department of Energy Office of Scientific and technical Information. Elsevier Scientific Publishers, Amsterdam.

Zhao Liang, Z., Ren, T., Ningbo, W., 2017. Groundwater Impact of Open Cut Coal Mine and An Assessment Methodology: A case study in NSW. *International Journal of Mining Science and Technology*. 27:861-866

Zhang, X., Gao, L., Barrett, D., Chen, Y., 2014. Evaluating Water Management Practice for Sustainable Mining. *Water*. 6; 414-433.

Wood, P.A., 1981. Hydrological Problems of Surface Mining. International Energy Agency, Coal Research, London. Report No. ICTIS-TR-17.

Makale Gönderim Tarihi: 23.12.2021
Yayına Kabul Tarihi: 31.01.2022

Yeraltı Maden İşletmelerinde Covid- 19'la Mücadelede Hibrit Bir Risk Modeli

A Hybrid Risk Model for Combating Covid-19 in Underground Mining Operations

ABDUL VAHAP KORKMAZ¹

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar MYO, İnşaat Bölümü, 03750, Afyonkarahisar

Özet

Covid-19, küresel işgücü piyasalarının zayıf noktalarını açığa çıkarmaktadır. Her ölçekteki madencilik şirketi, pandemi sürecinde işçileri evde kalmaya zorlamakta, faaliyetlerini radikal bir şekilde yavaşlatmakta hatta kimi madencilik şirketi ise faaliyetini sonlandırmaktadır. Yeni teknolojiler ve internet bağlantısı birçok sektördeki çalışanın uzaktan çalışmasına izin verirken, bu seçenek tüm ekonomik sektörler veya şirketler için geçerli değildir. Ulusal karantina kısıtlamaları yürürlüğe girdikçe madencilik operasyonlarının azalması nedeniyle işçiler madenlerde ve madencilik süreçlerinde geçici olarak işten çıkarılmaktadır. İster büyük ölçekli ister küçük ölçekli olsun madencilik şirketleri ülkenin milli gelirine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Bu nedenle pandemi ile mücadelede madencilik şirketlerinin çıkış yolu arayışı devam etmektedir. Bu çalışmada, yeraltı maden işletmelerinde pandemi sürecini maden şirketlerinin ve işçilerinin en az zararla atlattığı ve Covid-19 hastalığından korunmaları için bir hibrit risk yöntemi önerilmiştir. Bu yöntem endüstriyel faaliyetlerde en çok tercih edilen ve kullanılan kontrol listesi yöntemi ve Fine Kinney risk metodunun entegrasyonuna dayanmaktadır. Bu yöntemlerin oluşturulması ve risklerin tespit edilmesi, tehlikelerin belirlenmesi ve çözüm önerilerinin sunulması konusunda yeraltı maden işçilerinden yönetim ekibine, iş güvenliği uzmanından işyeri hekimine kadar çok katılımlı bir ekip oluşturulmuştur. Covid-19'un yeraltı madencilik faaliyetleri üzerindeki etkisi hibrit risk yöntemi sonuçları ve oluşturulan güçlü ve deneyimli ekip sayesinde daha iyi analiz edilmiş ve ortaya çıkarılmıştır. Toplam 30 adet kontrol listesi maddesi ve 1 adet yüksek, 9 adet belirgin risk, 7 adet orta dereceli risk ve 1 adet çok hafif risk tespit edilmiştir. Alınan önlemler ve gerekli tedbirler sonucunda söz konusu riskler azaltılmıştır ve Covid-19'la mücadelede işveren ve işçilere tavsiyelerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Madencilik, Yeraltı, Covid-19, Pandemi, Fine Kinney

Abstract

Covid-19 exposes the weak points of global labor markets. Mining companies of all sizes are forcing workers to stay at home during the pandemic, drastically slowing down their operations, and some mining companies even shutting down their operations. While new technologies and internet connectivity allow workers in many industries to work remotely, this option is not available for all economic sectors or companies. Workers are temporarily laid off in mines and mining processes as mining operations decline as national quarantine restrictions come into effect. Mining companies, whether large or small, contribute significantly to the national income of the country. For this reason, mining companies continue to seek a way out in the struggle against the pandemic. In this study, a hybrid risk method has been proposed in order for mining companies and workers to survive the pandemic process in underground mining enterprises

with the least damage and to protect them from Covid-19 disease. This method is based on the integration of the most preferred and used checklist method in industrial activities and the Fine Kinney risk method. A multi-participant team was formed, from underground mine workers to management team, from occupational safety specialist to occupational physician, in order to establish these methods and identify risks, identify hazards and propose solutions. The impact of Covid-19 on underground mining activities has been better analyzed and revealed thanks to the hybrid risk method results and the strong and experienced team created. A total of 30 checklist items and 1 high risk, 9 significant risk, 8 moderate risk and 1 very mild risk were determined. As a result of the measures taken and necessary measures, the risks in question have been reduced and recommendations have been made to employers and workers in the struggle against Covid-19.

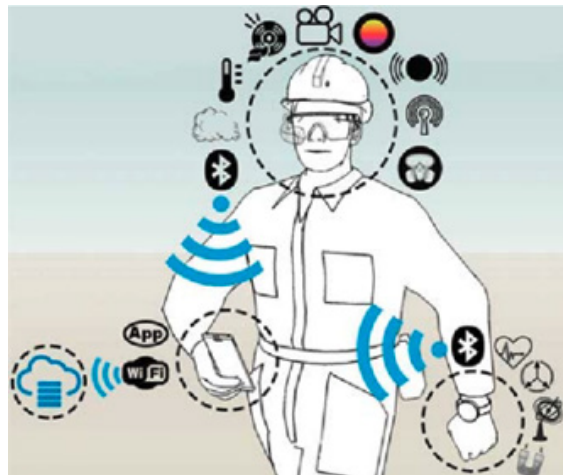
Keywords: Mining, Underground, Covid-19, Pandemic, Fine Kinney

1. GİRİŞ

Yeraltı madencilikindeki işler daha yüksek risklerle karşı karşıyadır. Yeraltı madenleri, daha hızlı virüs yayılımı için bir vektör olabilir, çünkü faaliyetler, büyük işçi gruplarının dolu asansörlerde madenlere inmesini gerektirir. Güney Afrika gibi bazı ülkeler, Covid-19 pandemisi başlangıcında tüm yeraltı madencilik faaliyetlerinin işçileri korumak için bakıma alınmasını zorunlu kılmıştır. Polonya gibi diğer ülkelerde endüstriler, maden sahalarında vakalar doğrulandıktan sonra virüsün yayılmasını sınırlamak için yeraltı madenlerini geçici olarak kapatmışlardır. Bazı ülkeler sokağa çıkma yasağı uygularken, bazı ülkeler madencilik faaliyetini “temel bir hizmet” olarak görmekte ve faaliyetlerin belirli koşullar altında devam etmesine izin vermişlerdir. Bazı ülkeler, virüsün işçiler ve yerel topluluklar arasında yayılmasını sınırlamak için madencilik operasyonlarını tamamen kapatmışlardır. Kömür gibi enerji ürünleri ulusal kısıtlamalardan muaf tutulmuştur. Ülkeler madencilik faaliyetlerine sınırlama getirmemiş olsalar bile, insanların ve malzemelerin hareketine ilişkin kısıtlamalar madencilik projelerini geliştirmeyi ertelemiştir. Sonuç olarak sıkı ekonomik kilitleme politikalarına rağmen, birçok ülke (Kanada, Avustralya, Güney Afrika, Filipinler, Peru, Brezilya ve Kolombiya) madencilik faaliyetlerinin sağlık kuralları çerçevesinde devam etmesine izin vermiştir (Iids, 2021).

Yeraltı maden ocaklarındaki test edilen işçiler arasındaki pozitif vakaların oranı madencilik operasyonları dışındaki topluluklardan önemli ölçüde düşük çıkmış, çoğu madencilik şirketi Covid-19 pandemisi ile mücadelede başarılı bir süreç yönetmiştir. Araştırma verilerinin sonuçlarına göre pandemi süreci boyunca madencilik şirketlerinin çoğu, akıllı termal kameralar, akıllı yüz maskeleri, gelişmiş yüz kalkanları, akıllı çizmeler, akıllı bantlar veya dezenfeksiyon tünelleri gibi karmaşık teknolojik cihazlar kullanmak yerine temel sağlık kurallarına uyduklarını belirtmişlerdir (Galas vd., 2021).

Madencilik şirketleri pandemi ile mücadelede akıllı madencilik olarak nitelendirilen değişik ve yeni sistemlere yönelmişlerdir. Bazı madencilik operasyonlarında etiket tabanlı bir izleme teknolojisi kullanılmıştır. Bu teknoloji hem aktif hem de pasif modlarda çalışmaktadır. Pasif modda, sadece insanların yakınlığını ve birbirlerine maruz kalmalarını kaydetmektedir. Fakat aktif mod, yeterli sosyal mesafeye uymayan işçilerde alarm vermektedir. Bu teknoloji ile, madencilik şirketleri herhangi bir pozitif vakanın temas geçişini geri sarmayı ve virüsü yaymadan önce karantinaya almayı başarmışlardır. Bazı ülkelerdeki madencilik şirketleri diğer bir çözüm olarak, sosyal mesafenin takibi için kamunun sağladığı ücretsiz mobil uygulamaları da kullanmışlardır (Nevadatoday, 2021).



Resim 1: gömülü sensörler ile prototip sistemi

2. YÖNTEM

2.1 Kontrol Listesinin Hazırlanması

Kontrol listesi, madencilikte COVID-19'un yayılmasını önlemek ve azaltmak için pratik eylemlerin uygulanmasına ve sürekli olarak iyileştirilmesine yardımcı olmak amacıyla hazırlanmıştır. Kontrol listesinin başarılı bir şekilde uygulanması, madencilik yönetimi, denetçiler, işçiler ve temsilcileri arasındaki aktif iş birliğine ve sosyal diyaloga bağlıdır. Madencilik yönetimi, tüm işçilerin güvenliğini ve sağlığını sağlamaktan sorumludur ve bu sürece güvenlik ve sağlık komitelerini veya işçi güvenliği temsilcilerini dahil etmelidir. İşçiler, uygulanan tüm kontrolleri dikkatli bir şekilde takip etme ve uygulama sorumluluğuna sahiptir ve makul gerekçelerle güvenlik ve sağlıkları için ciddi bir tehlike oluşturduğu görülen işten kendilerini uzaklaştırma hakkına sahiptir. Kontrol listesi, her bir madencilik işletmesinin doğasına, karmaşıklığına ve benzersiz özelliklerine ve ayrıca COVID-19'a karşı müdahalenin nasıl iyileştirileceğine ilişkin ulusal yasalara, düzenlemelere ve kılavuzlara uyarlanmalıdır. Madencilik yönetiminin, onaylanmış uluslararası çalışma standartlarına ve ulusal yasal yükümlülüklerle uyumu gerekmektedir. Kontrol listesi, gelişen COVID-19 salgınıyla ilgili uluslararası çalışma standartlarının temel hükümlerinde ve ILO Madenlerde Güvenlik ve Sağlık Sözleşmesi, 1995 (No. 176), ILO Güvenlik ve Madenlerde Sağlık Tavsiyesi, 1995 (No. 183), Yeraltı Kömür Madenlerinde Güvenlik ve Sağlığa ilişkin ILO Uygulama Kuralları ve Açık Maden Madenlerinde Güvenlik ve Sağlıkla ilgili ILO Uygulama Kurallarının yanı sıra işçi sağlığı için ILO Teknik ve etik yönergeler doğrultusunda hazırlanmıştır (CDC,2021).

Kontrol listesinin hazırlanmasında çeşitli bakış açıları sağlamak için farklı işlevlere sahip yeraltı maden işletmesinde küçük bir grup oluşturulmuştur. Yeraltı maden işletmesi kontrol listesinin nasıl uygulanacağı, tamamlanacağı ve sonuçların nasıl kaydedileceği konusunda ekip bilgilendirilmiş ve bu hususta eğitim verilmiştir. Güvenlik Ekibi içinde, "Hayır" olarak işaretlenen soruları yanıtlamak için hangi eylemlerin- kim tarafından ve ne zaman- yapılması gerektiğine öncelik verilmiştir. Güvenlik ekibi bu önerileri güvenlik ve sağlık komitesine, üst yönetime veya yönetim kuruluna önerilen iyileştirmelerin uygulanmasının planlanması için bilgi vermiştir (ILO, 2010).

Kontrol listesi hazırlık aşamasında öz değerlendirme yaklaşımı geliştirilmiş ve bu yaklaşım yeraltı maden işçilerinde aşağıdaki hususların değerlendirilmesini sağlamıştır:

- Genellikle gözden kaçan sorunları belirleyin
- Maden hakkında en çok bilenleri bir araya getirin
- Eylem planları geliştirmek için yönetim ekibinin yargısına ve deneyimine güvenin
- Sürekli iyileştirmenin bir sicilini sağlayın
- Sektördeki en iyi uygulamaları ve yaygın sorunları keşfedin
- Maden yöneticilerinin hazırlık seviyelerine olan güvenini artırın
- Güvenlik kültürünü ve bir madenin felaketini önlemek için "yapabileceğiniz her şeyi" yaptığınız inancını güçlendirin

2.2. Fine Kinney Risk Metodu

Fine-Kinney yöntemi riskleri nicel olarak karakterize etmek ve risk azaltma süreçlerini değerlendirmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntemde karşılaştırma amacıyla sayısal değerler kullanılmaktadır. Aynı zamanda, iş güvenliği profesyonelleri dışında, idari personel ve çalışanların da anlayabileceği risklerle ilgili açık tanımlayıcı ifadeler kullanılmıştır. Orijinal versiyon-

nunda önerildiği gibi Fine–Kinney'in geleneksel versiyonunda, olasılık (O), maruziyet (F) ve sonuç (R) parametrelerinin matematiksel çarpımı sonucunda bir risk puanı (RS) hesaplanmıştır. Hesaplanan bu risk puanları, riskleri ortadan kaldırmak veya etkilerini makul bir düzeye indirmek için düzeltici çabalara yönelik öncelikleri belirlemek için kullanılmıştır. Bu yöntemle her risk için üç parametre belirlenmektedir:

- Tehlikeye bağlı yaralanmanın ciddiyeti (Ş);
- Tehlikeye maruz kalma sıklığı (F);
- Maruz kalındığında tehlikenin oluşma olasılığı (O).

Bu kavramlar, sayısal bir yöntem haline gelmesi ve nicel bir risk tahmini yapılabilmesi için operasyonel hale getirilmiştir (Kokangül vd., 2017).

Olasılık; 0,1 değerine karşılık gelen uzak ihtimal noktası ve 10 değerine karşılık gelen beklenir noktası arasındaki değerler, yani skalanın sıradan tehlikeli olayların meydana gelme ihtimallerini belirleyen kısmıdır. Kısaca bir olayın meydana gelme olasılığı veya (matematiksel) şansı denilebilir. Beklenti, 0,1 ile 10 arasında bir değer atanarak temsil edilir.

Tablo 1. P Olasılık derecelendirme tablosu

Puan	Olasılık
0,1	İmkânsız / düşünülemez
0,2	Neredeyse hayal edilemez
0,5	Çok olası değil, ancak düşünülebilir
1	Muhtemel değil, ancak uzun vadede mümkün
3	Olağandışı (ancak mümkün)
6	Olası
10	Beklenen

Sıklık; Faktör maruziyeti, bir riskin oluşabileceği süreyi gösterir. Ölçek 0,5 ile 10 arasında değişmektedir. Potansiyel olarak tehlikeli bir duruma maruz kalma sıklığı arttıkça, bununla ilişkili risk de artar. 1 değeri, yılda birkaç defa gibi seyrek maruziyet sıklığına atanmıştır. 10 değeri ise sürekli maruziyet için atanmıştır (Gül vd., 2018).

Tablo 2. Sıklık derecelendirme tablosu

Puan	Sıklık
0,5	Çok nadiren (yılda 1 defadan az)
1	Nadiren (yılda yaklaşık 1 kez)
2	Bazen (yaklaşık yılda 1 kez)
3	Ara sıra (haftalık)
6	Sık (günlük)
10	Sürekli (günde birkaç kez)

Etki derecelendirme, tehlikeli bir olaydan kaynaklanan zarar, fark edilmeyecek kadar küçükten, katastrofiğe kadar çok geniş bir skala oluşturur. Faktör ciddiyeti, bir tehlikeye bağlı olası hasarı, etkileri ve sonuçları gösterir. Ölçek 1'den 100'e kadar ulaşır.

Tablo 3. Etki derecelendirme tablosu

Puan	Şiddet
1	Ramak kala, çevresel zarar yok
3	Ramak kala, hafif etki, küçük hasar, ilk yardım
7	Önemli, yokluğunda yaralanma
15	Devamsızlıkla birlikte ciddi, kalıcı yaralanma
40	Çok ağır, ölümcül kaza
100	Afet, çoklu ölümlü kayıplar

Risk endeksi; olası hasarın ciddiyetine, maruz kalma süresine ve bir risk olasılığına belirli sayısal değerler atanarak bir risk endeksi oluşturulur.

Parametrelerin çarpılmasının sonucu risk endeksini tanımlar:

$$R = O \times F \times \text{Ş.}$$

Risk endeksinin beş kategorisi vardır. Bu risk endeksine dayanarak uygun (teknik) önlemler belirlenebilir. Riskleri mümkün olduğunca ortadan kaldırılmalı veya azaltılmalıdır (doğal olarak güvenli makine tasarımı ve yapımı). Giderilemeyecek risklere karşı gerekli koruyucu önlemleri alınmalıdır. Kullanıcıları, benimsenen koruyucu önlemlerin herhangi bir eksikliğinden kaynaklanan artık riskler hakkında bilgilendirilmeli, herhangi bir özel eğitimin gerekli olup olmadığı belirtilmeli ve herhangi bir kişisel koruyucu ekipman sağlama ihtiyacı mutlaka belirtilmelidir (Oturakçi vd.,2015).

Tablo 4. Sınıflandırma Risk-endeksi Risk ve önlemler

No	Risk değeri	Risk Sınıflandırması
1	$R = 21$	Hafif risk; kabul edilebilir
2	$21 < R = 71$	Küçük risk; dikkat gerekli
3	$71 < R = 201$	Orta risk; basit önlemler uygula
4	$20 < R = 401$	Yüksek risk; hemen büyük önlemler uygulayın
5	$R > 401$	Risk çok yüksek; faaliyetleri / işlemleri durdur

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Covid-19 ile Mücadelede Kontrol Listelerinin Değerlendirilmesi

Kontrol listeleri ekip üyelerinin tamamının katılımı ile Tablo 5'deki maddeler oluşturulmuş ve kontrol edilmiştir. Yeraltı maden işletme tesisinde Covid-19 ile ilgili kuralların neredeyse tamamının gerçekleştirildiği görülmüştür. Risk değerlendirmesinin öne çıkan özellikleri arasında işçileri tarama, kademeli vardiyalar ve molalar, fiziksel mesafe, artan el yıkama ve yüksek

temas alanlarının sterilize edilmesi, artan iletişim ve kişisel koruyucu ekipmanlar yer almaktadır. Madendeki en büyük eksikliğin Pandemi süreci için Covid-19 ile mücadelede ekstra bir bütçenin oluşturulmamış olmasıdır. Halbuki COVID-19'un madencilik faaliyetleri üzerinde oluşturduğu tehdit dikkate değerdir. Yeraltındaki çalışma koşulları sıkışık, ulaşım kafes sistemli asansörlerde ve yüksek solunum yolu hastalıkları riski altında gerçekleşmektedir. COVID-19, en yaygın olarak, enfekte bir kişi nefes verdiği, konuştuğunda, ses çıkardığında, hapşırıldığında veya öksürdüğünde üretilen solunum damlacıkları ve parçacıklar yoluyla yayılan bulaşıcı bir hastalıktır. COVID-19'lu bir kişinin fiziksel olarak yakınında (6 fit içinde) bulunan veya bu kişiyle doğrudan teması olan kişiler, enfeksiyon açısından en büyük risk altındadır. COVID-19, semptomu olmayan kişiler tarafından yayılabilmektedir. Virüs içeren partiküller, özellikle iç mekanlarda 6 metreden fazla yol alabilir ve enfekte olduğunu bilmeyen kişiler tarafından yayılabilmektedir.



Resim 2. Kafeste seyahat eden maden işçileri

Tablo 5. Yeraltı madenciligi COVID-19 Önleme ve kontrol listesi

No	KONTROL LİSTESİ AÇIKLAMA MADDELERİ	Evet	Hayır
1	Maden yönetimi, işçiler veya temsilcileri ile koordine içerisinde sahada virüse maruz kalma ve Covid-19 bulaşma riskini önleme ve azaltma taahhüdüne ilişkin bir beyan geliştirdi ve paylaştı mı?	✓	
2	Maden sahasında Covid-19 önleme ve kontrolüne yönelik bir hazırlık ve müdahale planı, bağımsız bir plan olarak veya başka bir yönetim planının parçası olarak işçiler veya temsilcileriyle koordine edilerek geliştirilmiş ve test edilmiş mi?	✓	
3	Covid-19'a özgü risk değerlendirmeleri işçiler veya temsilcileriyle ortaklaşa yürütüldü mü? ve Covid-19 hazırlık ve müdahale planında tanımlanan riskler ele alınıyor mu?	✓	
4	Covid-19 hazırlık ve müdahale planı için mali kaynaklar ayrıldı mı?		X
5	Yüz maskeleri, yüz siperlikleri, eldivenler ve gözlükler dahil olmak üzere hem kadınları hem de erkekleri Covid-19'dan korumak için yeterli kişisel koruyucu ekipman (KKD) stoğu var mı?	✓	
6	Tıbbi tesisler, Covid-19 tedavisi veya bakımı için gerekli ekipman ve ilaçlarla donatılmış mı veya işçilerin yakındaki hastanelere veya sağlık kliniklerine ücretsiz olarak güvenli bir şekilde transfer edilebilmeleri için gerekli düzenlemeler yapılmış mı?	✓	
7	Ortaklaşa kararlaştırılan Covid-19 hazırlık ve müdahale planını yürütmek için bir müdahale ekibi ve onu yönetmekten sorumlu bir kişi görevlendirildi mi?	✓	
8	İşçi sağlığı ve güvenliği temsilcileri, hazırlık ve müdahale planının uygulanmasında yer alan diğer kilit çalışanlar Covid-19 önleme ve kontrolü konusunda eğitilmiş mi?	✓	
9	Covid-19 hazırlık ve müdahale planının uygulanmasında yer alan diğer kilit çalışanlar Covid-19 için test edildi mi ve günlük olarak taranıyorlar mı?1	✓	
10	Covid-19 hazırlık ve müdahale planı sürekli olarak aktif olarak uygulanıyor, izleniyor ve iyileştiriliyor mu?		X
11	Covid-19 hazırlık ve müdahale planına en iyi ve en güncel rehberlik ve tavsiyelerin dahil edilmesini sağlamak için iş sağlığı hizmetleri ve yerel, bölgesel veya ulusal halk sağlığı yetkililerine düzenli olarak danışılıyor mu?		X
12	Maden yönetimi, işçiler ve temsilcileri, virüse maruz kalma risklerini önlemek için alınan önlemler ve Covid-19 enfeksiyonu durumunda nasıl hareket edilecekleri konusunda bilgilendirildi ve eğitildi mi?	✓	

13	İşçilere, müteahhitlere ve tedarikçilere ortaya çıkan durum ve sahada ve madencilik topluluklarında Covid-19'un yayılmasının nasıl önleneceği hakkında güncel güvenilir bilgiler sağlamak için bir sistem kuruldu mu?	✓	
14	Elde edilen bilgiler, en önemli Covid-19 önleme ve kontrol önlemlerini kapsıyor mu? kişisel hijyen uygulamak (örneğin, sabun ve su veya alkol bazlı dezenfektanla düzenli el yıkama, kendi yüz bölgelerine dokunmamak), hapşırırken mendil veya dirsek içini kullanmak ve işyeri hijyeni uygulamak (örn. aletler, ekipman, kontroller gibi işyeri nesnelere sterilize etmek, makineler, asansörler, yük asansörleri, malzemeler, araçlar, kuyu asansörleri ve tüneller)	✓	
15	Covid-19 gözetimi için ortaklaşa kararlaştırılan, gizli bir sistem oluşturuldu mu veya ulusal yasalar ve düzenlemelere uygun olarak ve işçiler veya temsilcileriyle istişare içinde işçilerin düzenli sağlık gözetimine entegre edildi mi?	✓	
16	Maden yönetimi, sahada ve maden topluluklarında ücretsiz Covid-19 testine erişim sağlamak için iş sağlığı hizmetleri ve yerel, bölgesel veya ulusal halk sağlığı yetkilileriyle bağlantı kuruyor mu?	✓	
17	Şüpheli, doğrulanmış veya olası bir Covid-19 vakasına maruz kalma riski altındaki potansiyel kişileri belirlemek ve izlemek için sistemler ve prosedürler mevcut mu?	✓	
18	Covid-19 vakaları, semptomları ve eğilimleri kaydediliyor ve maden yönetimine, iş arkadaşlarına, güvenlik ve sağlık komitesine, iş sağlığı hizmetlerine ve yerel, bölgesel veya ulusal halk sağlığı yetkililerine bildiriliyor mu?	✓	
19	Maden yönetimi, işçi temsilcileriyle istişare halinde, iyi endüstriyel hijyen uygulamalarını (özellikle vardiya değişimleri sırasında alet ve ekipmanların sanitasyonu dahil olmak üzere işyeri ortamlarının düzenli dezenfeksiyonu gibi) teşvik ediyor mu?	✓	
20	Maden yönetimi, işçi temsilcilerine danışarak, iyi kişisel hijyen uygulamalarını (örneğin; çalışma yüzeylerinin ve ekipmanların düzenli olarak silinmesi kültürünü) teşvik ediyor mu?	✓	
21	Kişisel hijyen ve el yıkama ile ilgili bilgileri içeren posterler net bir şekilde sergileniyor mu?	✓	
22	İşçilere, müteahhitlere, tedarikçilere ve ziyaretçilere ellerini dezenfekte edebilecekleri malzemeler kolay erişilebilir yerlerde sağlandı mı?	✓	
23	Maden tesisin çevresinde göze çarpan yerlere alkol bazlı dezenfektan kutuları yerleştirildi mi ve bunlar düzenli olarak yeniden dolduruluyor mu?	✓	

24	Uygun yüz maskeleri sağlanıyor mu ve kağıt mendiller, burun akıntısı veya öksürüğü olanlar tarafından hijyenik olarak atılması için kapalı çöp kutuları ile birlikte kolayca kullanıma hazır hale getiriliyor mu?	✓	
25	Sık kullanılan tesisler, sık dokunulan yüzeyler ve yukarıda belirtilen ekipmanlar, özellikle vardiya değişimlerinde daha sık dezenfekte ediliyor mu?	✓	
26	Tulumlar, çizmeler, eldivenler, kasklar, gözlükler, solunum cihazları ve diğer kişisel koruyucu ekipmanlar dahil olmak üzere tüm iş kıyafetleri için kapsamlı temizlik ve dezenfeksiyon prosedürleri uygulanıyor mu?	✓	
27	İş seyahati ve ulaşım planlanırken Covid-19 enfeksiyon riskleri ve alternatif seçenekler değerlendiriliyor mu?	✓	
28	Maden işletmesi, kendini işine adanmış, bilgili ve eğitimli temizlik personeli tarafından ve en iyi uygulamalara, ulusal standartlara ve Covid-19 rehberliğine uygun olarak düzenli olarak temizlenip dezenfekte ediliyor mu?	✓	
29	Covid-19 hazırlık ve müdahale planı, statülerine veya sözleşme düzenlemelerine bakılmaksızın tüm çalışanları kapsayacak şekilde bir dizi farklı tedarikçi ve yüklenici ile ilişkilerin yönetimini sağlıyor mu?	✓	
30	Maden yönetimi, destek sağlayıp sağlayamayacağını, nasıl ve nerede destek sağlayabileceğini değerlendirmek için Covid-19'un yerel topluluk ve yerli halkların sağlığı ve esenliği üzerindeki etkisini izliyor mu?	✓	

3.2. Risk Değerlendirmesi

Fine Kinney risk metodundan yararlanılarak Covid-19'un yeraltı maden işçileri üzerindeki etkileri hesaplanmıştır. Toplam 18 adet risk hesaplanmış ve çözüm önerileri sunulmuştur (Tablo 6). İşçi temsilcilerinin görevlerini yerine getirmelerini kolaylaştırmak ve sağlıklı bir zemine oturmak için COVID-19 korumasına yönelik risk değerlendirme ekibi tarafından maden işletmesine zorunlu sağlık güvenlik standartlar ve kurallar geliştirilmiştir. Madencileri güvende tutmak için risk değerlendirmesi ışığında bir dizi en iyi uygulamayı ve önemli adımları içeren COVID-19 önleme programları oluşturmuştur.

Bunlar;

- Kendini korumanın önemli bir yolu, enfekte bir kişinin ürettiği partikülleri solumamak için diğer insanlardan yeterince uzak durmaktır (genellikle en az 180 cm (yaklaşık 2 kol uzunluğu). Bununla birlikte, bu fiziksel mesafe, maden ortamlarında her zaman uygulanabilir değildir ve özellikle kapalı alanlarda, bulaşmaya karşı bir koruma garantisi vermemektedir.
- İyi kişisel hijyen uygulanmalı ve eller sık sık yıkanmalı veya sterilize edilmelidir. Sabun ve su yoksa, en az %60 alkol içeren bir el dezenfektanı kullanılmalıdır. Yüz, burun ve gözlere dokunmaktan kaçınılmalıdır. Öksürürken veya hapşırırken daima ağız ve burun mendille kapatılmalı veya dirseğin içi kullanılmalı ve tükürülmemelidir. İşçiler sağlıklarını günlük olarak izlemeli ve COVID-19 semptomlarına (örneğin ateş, öksürük, nefes darlığı veya diğer COVID-19 semptomları) karşı dikkatli olmalıdır.

- Ağzı ve burnu kapatan yüz maskeleri , solunum damlacıklarının veya aerosollerin başkalarına ulaşmasını önlemeye yardımcı olan basit engellerdir. Tüm yüz maskeleri aynı değildir; yüz maskelerinin pamuk gibi sıkı dokunmuş nefes alabilen bir kumaştan en az iki katmandan yapılmasını ve nefes verme valfleri veya havalandırma delikleri olmaması önerilmektedir.
- Maden işçilerinin taktığı yüz maskesinin ıslanıp kirlenebileceği operasyonlar için işçilere maskelerini günlük veya daha sık değiştirmelerini sağlanmalıdır. Islanmalarını ve kirlenmelerini önlemek için yüz maskeleri ile birlikte kullanılmak üzere yüz siperleri sağlanmalı ancak kendi başlarına koruma sağlayamayacağı işçilere anlatılmalıdır.
- Yüz maskesi takmanın temel işlevi , maden işçilerinin enfekte olmalarına rağmen semptom göstermemeleri durumunda çevrelerindeki kişileri korumaktır. Araştırmalar, yüz maskelerinin burun ve ağız üzerine takıldığında damlacıkların püskürmesini azalttığını göstermiştir. Birincil amaçları olmasa da , araştırmalar yüz maskelerinin, yüz maskesine bağlı olarak, belirli durumlarda kullanıcıların enfeksiyon riskini azaltabileceğini de göstermektedir .
- İşçiler kendilerini hasta hissetmeseler bile yüz maskesi takmalıdırlar. Bunun nedeni, hiçbir zaman semptom göstermeyen (asemptomatik) COVID-19'lu ve henüz semptom göstermeyen (preseptomatik) kişilerin virüsü diğer insanlara bulaştırabilmesidir.
- Aşı olmuş kişilerin bile yüz maskesi takması ve iş arkadaşlarından ve diğerlerinden fiziksel olarak uzak durması önemlidir, çünkü şu anda aşının bulaşıcılığı nasıl etkilendiği tam olarak bilinmemektedir.

Tablo 6 Risk Değerlendirme Tablosu

RİSK NO	FAALİYET	TEHLİKELER	RİSK	MEVCUT ALINAN ÖNLEMLER	OLASILIK	FREKANS	SİDDET	RİSK (R)	RİSK TÜRÜ	ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER	OLASILIK	FREKANS	SİDDET	RİSK (R)	RİSK TÜRÜ
1	Maden İşletmesine giriş çıkışlar	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Maden işletmesi giriş çıkışlarda gerekli önlemlerin alınmaması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Çalışanlar işe başlamadan önce temasız ateş ölçerle kontrol edilmektedir. Ateşi 38 °C üzerinde olanlar 15 dk sonra yeniden ölçülerek ilgililerin yönlendirilmesi istenmektedir.	1	3	100	300	Belirgin Risk	Temasız geçiş sağlayacak ekipmanların temini gerekmektedir. Aşı uygulamasının artırılması sağlanmalıdır. Hes Kodu sorgulanmalıdır.	0,2	3	100	60	Tolere Edilebilir Risk
2	Maden İşletmesine giriş çıkışlar	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	İşyeri girişi ve çıkışlarında gerekli sağlık gözetiminin yapılmaması (ateş öksürük vb) sebebi ile Covid 19 yayılması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Ateş, öksürük, nefes darlığı ve benzeri şikâyeti olan çalışanların işyeri sağlık personeline, bulunmaması durumunda doğrudan sağlık kuruluşlarına yönlendirilmesi sağlanmaktadır.	1	3	100	300	Belirgin Risk	İşyerinde periyodik zamanlarda spontane olarak antijen testi yapılarak, çalışanlarından semptom göstermeden Covid taşıyan çalışanların tespiti	0,2	3	100	60	Tolere Edilebilir Risk
3	Maden işletmesinde işe giriş çıkışlar	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Çalışanların iş kıyafetleri ile gündelik kıyafetlerin ayrı tutulması için gerekli düzenlemelerin yapılmaması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Personel iş kıyafetleri ile gündelik kıyafetlerin ayrı tutulmaktadır.	1	3	40	120	Orta Dereceli Risk	Soyunma odalarında personel yoğunluğunun azaltılması ve soyunma odalarında rutin olarak dezenfekte edilmesi gerekmektedir.	0,5	3	40	60	Tolere Edilebilir Risk

4	Tesis içerisinde genel çalışmalar	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Maden tesis alanları için periyodik olarak dezenfeksiyon yapılamaması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Maden tesis alanları içerisinde her personelin kullanması amacı ile hijyen malzemeleri bulundurulmaktadır.	1	3	100	300	Belirgin Risk	Tesis alanı içerisinde günlük temizlik ve dezenfeksiyon yapılmaktadır.	0,5	3	100	150	Orta Dereceli Risk
5	Tesis içerisinde genel çalışmalar	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Maden işletmesine Covid 19 ile ilgili sağlık ve güvenlik işaretlerinin konulmaması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Covid 19 ile ilgili sağlık ve güvenlik işaretleri tüm yeraltı işletme alanlarına ve ortak alanlara asılmıştır.	1	1	100	100	Orta Dereceli Risk	Güvenlik işaretlerine rağmen personelin uyumu konusunda rutin denetlemeler ve eğitim faaliyetleri yapılmalıdır.	0,2	1	100	20	Çok Hafif Risk
6	Tesis içerisinde genel çalışmalar	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Özel risk gruplarının çalışmaya devam etmesi, Yeni Tip Koronavirüs (COVID-19) hastalığı Salgınına maruz kalma nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Bağışıklık sistemi hastalığı, diyabet, kalp ve akciğer hastalığı gibi kronik hastalıkları bulunanlar, zayıf bağışıklık sistemine sahip olan çalışanlar, 60 yaş üstü çalışanların evden çalışması sağlanmalıdır.	0,5	1	40	20	Çok Hafif Risk		0,5	1	40	20	Çok Hafif Risk
7	Maden İşletmesinde genel çalışmalar	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Tüm çalışanlara kişisel koruyucu donanımı sağlanmaması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Tüm çalışanlara maske ve diğer teknik birimlere yaptıkları işe göre KKD ler sağlanmaktadır.	3	3	100	900	Tolere Edilemez Risk	Çalışanların gerekli KKD'leri gerektiği gibi kullanması ile ilgili denetim ve eğitim faaliyetleri yapılmalıdır.	0,5	3	100	150	Orta Dereceli Risk
8	Maden İşletmesinde genel çalışmalar	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Yeni Tip koronavirüs (COVID-19) salgını ile ilgili talimat oluşturulmaması ve tebliğ edilmemesi nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Yeni Tip koronavirüs (COVID-19) salgını ile ilgili talimatlar oluşturulmuştur.	1	3	100	300	Belirgin Risk	Sağlık bakanlığının duyuruları ve ilgili talimatların personele iletimi konusunda bir iletişim hattı kurularak, interaktif şekilde ve anında personele duyurular ve güncellemeler iletilebilir.	0,2	3	100	60	Tolere Edilebilir Risk
9	Maden İşletmesinde genel çalışmalar	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	İşletmede temaslı veya riskli çalışan ve, ziyaretçilerin covid şüphesi durumunda, yapılması gerekenlerin belirlenmemiş olması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	İşletmede covid şüphesi olan personel, ziyaretçi derhal sağlık biriminde değerlendirilmektedir. Gerekli önlemler alınarak şehir hastanelerinin Covid polikliniğine yönlendirilmektedir.	1	3	40	120	Orta Dereceli Risk	Sadece Covid şüphelileri değil, semptom göstermeyen ve olası covid taşıyan personel için antijen testleri yaygınlıkla kullanılmalıdır.	0,5	3	40	60	Tolere Edilebilir Risk
10	Maden İşletmesinde genel çalışmalar	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	İşletmede çalışanların Covid-19 riskine karşı aşılama oranında yeterli sayıya ulaşmama nedeniyle salgının ağır seyretmesi ve iş günü kaybı	İşyerinde aşılama oranının artırılmasına yönelik çalışma ve bilgilendirme yapılmaktadır.	1	3	40	120	Orta Dereceli Risk	En az 3 doz aşılama oranlarının artırılması için bilgilendirme ve teşvik edici faaliyetlere ağırlık verilmelidir ve personellerin aşılama durumları takip edilmeli, aşılama yaptırmayan personele haftalık PCR testi istenmelidir.	0,5	3	40	60	Tolere Edilebilir Risk
11	Asansör Kullanımı	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Asansörlerde gerekli tedbirlerin alınmaması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Asansörlerde Yeni Tip Koronavirüs (COVID-19) hastalığı salgınına karşı gerekli tedbirler alınmaktadır.	1	3	100	300	Belirgin Risk	Asansöre mx binecek personel sayısı belirlenmeli, asansör içine dezenfektan konulmalı ve Maske ve mesafeye dikkat edilerek personelin asansör kullanımı esnasında yüz yüze yerine sırt sırta dönmeleri konusunda bilgilendirme yapılmalıdır.	0,5	3	100	150	Orta Dereceli Risk

12	Maden işletmesinin yeraltı bölümlerinde çalışma	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Yeraltı maden işletmesi girişlerinde temasız geçiş sisteminin olmaması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Kişiler arası mesafe 1,5 mt olacak şekilde geçişlere izin verilmektedir.	1	3	100	300	Belirgin Risk	Çalışanlara temasız giriş seçenekleri (göz okuma vb.) sunulmalıdır. Süreli olarak yapılacak olan denetimlerle birlikte ayarlanan mesafelere uyulup uyulmadığı kontrol edilmelidir.	0,5	3	100	150	Orta Dereceli Risk
13	Toplantı ve Eğitimler	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Toplantı ve eğitimler sebebi ile Covid-19 bulaş nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Eğitim ve toplantılarda sosyal mesafe kurallarına uygun olarak yerleşim planı hazırlanmıştır.	1	3	40	120	Orta Dereceli Risk	Toplantı ve eğitimlerin salgın bitene kadar ertelenmesi sağlanmalı elzem olan toplantı ve eğitimler uzaktan eğitim ve toplantı sistemleri ile teknolojiyen faydalanılarak yapılmalıdır.	0,2	3	40	24	Tolere Edilebilir Risk
14	Yemek ve dinlenme faaliyetleri	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Yeraltında yemek ve dinlenme alanlarında sosyal mesafe kuralının uygulanmaması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Yemek ve dinlenme alanlarında sosyal mesafe ve hijyen kuralları göz önünde bulundurularak mesafe kuralına uygun şekilde hareket edilmelidir.	1	3	40	120	Orta Dereceli Risk	Yemek ve dinlenme süreleri kişilerin temasını önleyecek şekilde koordine edilmelidir. Yemekler, paket kumanya hizmeti şeklinde düzenlenmelidir.	0,5	3	40	60	Tolere Edilebilir Risk
15	Yeraltında üretim faaliyeti	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Maden işletmesinde ortak kullanılan aletler nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Ortak kullanılan aletler ve malzemeler virüslere karşı etkili dezenfektan ile temizlenmektedir.	1	3	40	120	Orta Dereceli Risk	Bazı el aletleri ve ortak kullanılan malzemeler pandemi süresince kişiselleştirilmelidir.	0,5	3	40	60	Tolere Edilebilir Risk
16	Yeraltında üretim faaliyeti	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Yer altı üretim hatlarında havalandırmanın yeterli ve uygun olmaması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Yer altı faaliyetleri esnasında havalandırma düzenli olarak kontrol edilmektedir.	1	3	100	300	Belirgin Risk	Havalandırma ekipmanlarının periyodik kontrol ve bakımlarını düzenli olarak yapılması ve denetlenmesi gerekmektedir.	0,5	3	100	150	Orta Dereceli Risk
17	Yeraltında üretim faaliyeti	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Yeraltı üretim hattında yapılacak faaliyetler için fiziki mesafe düzenlemelerinin yapılmaması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Kişiler arasında en az mesafe 1,5 mt olarak ayarlanmaktadır. Mesafeler için uyarıcı levha ve işaretler konulmuştur.	1	3	100	300	Belirgin Risk	Çalışan sirkülasyonu kontrollü olarak yapılmalı ve yoğunluğun olduğu yerlerde kademeli çalışmaya geçilmelidir. Süreli olarak yapılacak olan denetimlerle birlikte ayarlanan mesafelere uyulup uyulmadığı kontrol edilmelidir.	0,5	3	100	150	Orta Dereceli Risk
18	Servis personeli taşınması	Bulaşıcı Hastalık ve Covid 19 Pandemisi	Servis ve hizmet araçları şoförlerine işveren tarafından COVID-19'un bulaşma yolları hakkında bilgilendirilme yapılmaması nedeniyle salgın, meslek hastalığı, ölüm, iş günü kaybı	Hizmet araçları ve servis şoförleri Covid 19 bulaşma, korunma yolları ve salgınla mücadele gibi konularda eğitim verilmektedir. Ayrıca süreli olarak araç içerisinde maske ve mesafe kuralına uyulup uyulmadığı denetlenmektedir.	1	3	100	300	Belirgin Risk	Bakanlıkların yayınladığı afiş ve broşürlerde servis kullanımında dikkat edilecek kuralları içeren bilgiler bulunmaktadır. Bu afiş ve broşürler tüm personele asılarak ve elektronik ortamlarda duyurulmalıdır. Servis araçları yarı kapasitede yolcu almalıdır.	0,5	3	100	150	Orta Dereceli Risk

3.3 Yeraltı Maden İşletmelerinde COVID-19 Önleme Programı ve Uygulanması

Maden Kanunu'na göre maden işletmecileri, madenlerde emniyetsiz ve sağlıksız koşulların ve uygulamaların varlığını önlemek için birincil sorumluluğa sahiptir. Maden yönetimi işyerinde bir COVID-19 önleme programı uygulamalıdır. Önleme programları, işyerinde COVID-19'un yayılmasını azaltmanın en etkili yoludur.

En etkili COVID-19 önleme programları, madencileri ve temsilcilerini programın geliştirilmesi ve uygulanmasına her adımda dahil eder ve maden sahasındaki benzersiz koşullara uygun olarak aşağıdaki unsurları içermelidir.

1. İşletme adına COVID-19 sorunlarından sorumlu olacak ve madencilerin temsilcisi veya madenciler için diğer doğrudan irtibat kişileri ile düzenli olarak iletişim kuracak bir maden koordinatörü belirlenmelidir.

2. Madencilerin iş yerinde COVID-19'a nerede ve nasıl maruz kalabilecekleri belirlenmelidir. Bu, COVID-19 ile ilgili potansiyel tehlikeleri belirlemek için maden sahasının kapsamlı bir değerlendirmesini içermelidir. Bu değerlendirmeler, madencileri ve madenci temsilcilerini de içerdiklerinde en etkilidir, çünkü çoğu zaman karşılaştıkları koşullara en aşına olan yine kendileridir.

3. COVID-19'un yayılmasını sınırlayacak önlemler belirlenmelidir. Bu, madencileri COVID-19 tehlikelerinden korumak için, tehlikelerin ortadan kaldırılmasını, mühendislik kontrollerini, idari kontrolleri, kişisel koruyucu ekipmanı (KKD) ve kontrolleri en etkili olandan en az etkili olana doğru önceliklendiren diğer önlemleri içermelidir. Aşağıda ayrıntılı olarak açıklanan temel örnekler şunları içermektedir:

- Enfekte veya potansiyel olarak enfekte olan kişileri maden işletmesinden ayırarak ve evine göndererek tehlike en aza indirilmelidir.
- Madencilerin uygun şekilde izolasyonu veya karantina sürecini tamamlaması sağlanmalıdır;
- COVID-19 aşılıyla ilgili bilgi ve kaynak sağlanmalıdır,
- Ortak çalışma alanlarında fiziksel mesafe uygulanmalıdır (örneğin, herhangi bir zamanda asansörlerde, personel taşıyıcılarında veya diğer ulaşım araçlarında madencilerin sayısı sınırlandırılmalıdır);
- Solunum cihazlarının gerekli olmadığı durumlarda yüz maskeleri kullanarak tehlikenin yayılması azaltılmalıdır,
- Havalandırmayı iyileştirilmeli ve sürekli takip edilmelidir,
- Madencileri maruz kalmaktan korumak için uygun KKD kullanılmalıdır,
- İyi hijyen uygulamaları için gerekli malzemeler sağlanmalıdır,
- Uygun şekilde rutin temizlik ve dezenfeksiyon yapılmalıdır.

4. Destekleyici politikalar ve uygulamalar yoluyla ağır hastalık riski yüksek madenciler için korumaları düşünülmelidir . Altta yatan belirli tıbbi durumları olan her yaştan kişi , COVID-19'dan ciddi hastalık riski altındadır. Engelli madenciler, yasal olarak , onları COVID-19'a yakalanma riskinden koruyan makul düzenlemelere (örneğin, daha az nüfuslu bir çalışma alanına geçici olarak yeniden atanma veya minimum yüz yüze temas içeren görevlere) hak sahibi olabilmelidir. Mümkün olduğunda, yüksek riskli olarak tanımlanan bölgelerde çalışılması zorunlu durumlarda belirli madenciler için makul düzenlemeler değerlendirilmelidir.

5. Madencilerin, erişilebilir biçimde ve anladıkları bir dilde COVID-19 şirket politikaları ve prosedürleri hakkında eğitim verilmelidir. Maden şirket yöneticileri, destekleyici politikaları açık ve sık sık, madencilerin anlayacağı sade bir dilde (varsa İngilizce olmayan dil ve diğer erişilebilir iletişim yöntemleri dahil) ve birden fazla yöntemle madencilere, yüklenicilere ve uygun olduğu şekilde sahadaki diğer kişilere iletmelidir. İletişim şunları içermelidir:

- COVID-19'un nasıl yayıldığı ve fiziksel mesafenin önemi, yüz maskesi kullanımı ve el hijyeni dahil olmak üzere COVID-19 hakkında temel bilgiler;

- Madencilerin COVID-19 semptomlarını, olası COVID-19 maruziyetlerini ve madendeki olası COVID-19 tehlikelerini bildirme yöntemi de dahil olmak üzere madencileri COVID-19 tehlikelerinden korumak için uygulanan politikalar ve prosedürler (şirket COVID-19 raporunda belirtilen). Önleme programı; ve hangi madencilerin ne zaman bilgilendirildiğini takip etmenin bazı yolları.

6. Enfekte olan veya potansiyel olarak enfekte olan madencilere COVID-19'un bulaşma riskini önlemek veya azaltmak için evde kalmaları ve tecrit etmeleri veya karantinaya alınmaları talimatını verilmelidir. Devamsızlık politikalarının esnek ve cezalandırıcı olmadığından emin olunmalıdır. Madencileri hasta olduklarında veya COVID-19'a maruz kaldıklarında doğrudan veya kasıtsız olarak işe gelmeye teşvik eden politikalar, COVID-19'a maruz kalma olasılığını artırdığı için kesinlikle önerilmemektedir. Şirket yöneticileri, maden ortamına girmeden önce madencilerin tamamlamaları için vardiya öncesi tarama uygulamayı düşünmelidir.

8. Karantina ve izolasyonun madenciler üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirilmelidir. Madencilik ortamında genellikle uygulanabilir olmasa da, mümkünse, iş görevleri elverdiği takdirde çalışanların uzaktan çalışmasına izin verilmelidir. Bu mümkün değilse, madencilerin varsa ücretli hastalık izni kullanmalarına izin verilmeli veya madendeki herkes için riski azaltmak için ücretli izin politikalarının uygulanması düşünülmelidir.

9. COVID-19'dan şüphelenilen veya teyit edilen kişiler maden ortamına girdikten sonra gelişmiş temizlik ve dezenfeksiyon gerçekleştirmelidir. Madencilik operasyonunda bulunmuş birinin COVID-19 olduğundan şüpheleniliyor veya doğrulanıyorsa , kişisel temizlik ve dezenfeksiyon önerileri takip edilmelidir.

Bu şunları içerebilir:

Gelişmiş temizlik için potansiyel olarak enfekte kişi tarafından kullanılan veya işgal edilen alanların kapatılması,

- Mümkünse, alandaki hava sirkülasyonunu artırmak için dış kapı ve pencerelerin açılması,
- Temizlemeden veya dezenfekte etmeden önce mümkün olduğu kadar beklemek (optimum 24 saattir),
- Ofisler, banyolar, ortak kullanılan araç ve gereçler ve masalar veya çalışma yüzeyleri gibi potansiyel olarak enfekte kişi tarafından kullanılan tüm çalışma alanlarının ve ekipmanlarının temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi,
- Gerektiğinde ve uygulanabilir olduğunda boşluğun vakumlanması . Varsa, yüksek verimli partikül hava (HEPA) filtresiyle donatılmış bir vakum kullanılmalıdır. Süpürmek için oda veya alan boş kalana kadar beklenmelidir,
- Uygun tek kullanımlık eldivenlerle temizlik veya dezenfeksiyon yapan madencilerin sağlanması. Kullanılan temizlik/dezenfektan ürünlerine ve sıçrama riski olup olmadığına bağlı olarak ilave KKD (örn. güvenlik gözlükleri, koruyucu gözlükler, önlükler, solunum cihazları) gerekebilir. Temizlik ürünleri üreticinin talimatlarına uygun olarak kullanılmalıdır. Alan uygun şekilde dezenfekte edildikten sonra kullanıma açılabilir. Potansiyel olarak enfekte olan kişiyle yakın teması olmayan madenciler, dezenfeksiyondan hemen sonra bölgeye dönebilir.

10. Tarama ve test etme konusunda rehberlik sağlanmalıdır. Madenlerde tarama ve viral testler için öncelikle yerel sağlık rehberlik hizmetleri ve öncelikleri takip edilmelidir. Test, bir şirke-

tin iş sağlığı sağlayıcısı aracılığıyla veya yerel sağlık departmanına danışılarak düzenlenebilir. İşletme yöneticisi varsa test gereksinimleri ve test seçeneklerinin kullanılabilirliği konusunda madencileri bilgilendirmelidir. CDC, COVID-19'a neden olan virüs olan SARS-CoV-2 için viral testlerin COVID-19 hazırlık, müdahale ve kontrol programlarına dahil edilmesini değerlendirmek için stratejiler yayınlanmalıdır.

11. Mümkün olduğu ölçüde, uygun tüm çalışanlara ücretsiz olarak bir COVID-19 aşısı düşünülmelidir. Aşıların yararları ve güvenliği hakkında bilgi ve eğitim sağlanmalıdır. Maden yöneticileri, süreci hızlandırmak için madencilerin düzenli olarak planlanan vardiyaları sırasında aşı randevularına katılmalarına izin vermeyi de düşünebilirler.

12. Aşılı madenciler, yüz maskesi takmak ve fiziksel olarak uzak durmak gibi tüm koruyucu önlemleri almaya devam etmelidir. Şu anda, COVID-19 aşılarının virüsün kişiden kişiye bulaşmasını önleme kabiliyeti hakkında tam olarak net bir bilgi yoktur. Uzmanlar daha COVID-19 virüsünün yayılmasını yavaşlatmak için uygulanması gereken her şeyi açıkça söylemelidirler.

4. SONUÇLAR

3213 sayılı Maden Kanunu ve Maden Kanunu ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanuna göre maden işletmecileri yani işverenler, madenlerde emniyetsiz ve sağlıksız koşulların ve uygulamaların varlığını önlemek için birincil sorumluluğa sahiptir. Bu nedenle ilk olarak maden işletmecileri mevcut çalışanlarının bilgi ve desteğini alarak bir Covid-19 önleme programı hazırlamalı ve uygulamalıdır. Önleme programları, işyerinde Covid-19'un yayılmasını azaltmanın en etkili yoludur. En etkili Covid-19 önleme yöntemi, madencilerin ve temsilcilerinin katılımı ile bir Covid-19 önleme programının geliştirilmesi, uygulanması ve maden sahalarındaki benzersiz ve değişen koşullara uygun olarak bir risk değerlendirmesinin hazırlanmasıdır.

Çalışma sonucunda 30 adet kontrol listesi maddesi ve 18 adet risk değerlendirme maddesi oluşturulmuştur. Alınan tedbirler sonrasında 1 adet yüksek risk orta dereceli riske, 9 adet belirgin risk tolere edilebilir riske, 7 adet orta dereceli risk tolere edilebilir riske dönüştürülmüştür. Ayrıca 1 adet çok hafif risk tespit edilmiştir.

Yeraltı madencilik faaliyetlerinin dar alanlarda zor şartlar altında gerçekleşmesi Covid-19 riskinin daha fazla artmasına neden olduğu görülmüştür. Madencilik çalışma alanının dar olması işçilerin birbiri ile olan temasının arttırmasına ve bu da Covid-19'un bulaşma riskini madenciler arasında daha fazla artmasına neden olmuştur. Yapılan risk değerlendirmesi ve kontrol listesi çalışmaları sonucunda alınması gereken en büyük tedbirin yer altı madencilik çalışma faaliyetleri esnasında, işçilerin nizamiye giriş çıkışlarında ve asansörle işçi nakliyesinde alınması gerektiği değerlendirilmiştir.

İşçilerin herhangi bir hastalık semptomu göstermesi durumunda iş yeri hekimlerine başvurmaları teşvik edilmiştir. İşçilerin hastalanmaları durumunda yeraltından yerüstü tesise ulaştırılmaları için bir sağlık görevlisinin eşlik etmesi ve işçiler dalgın, zayıf veya yorgun olduklarında üretim ekibindeki iş yüklerini yeniden düzenlenmesi hususunda yöneticilere tavsiyelerde bulunulmuştur. Bazı yeraltı maden ocaklarında işçilerin kişisel koruyucu ekipmanları yokluğunda toz maskesi olarak tülbent ya da bir bez ile ağız ve burunlarını kapattığı görülmüştür. İşçilere tek kullanımlık toz maskelerini kullanmaları hususunda, işverene ise yeterli sayıda maske bulunulması gerektiği hususunda uyarılarda bulunulmuştur.

KAYNAKLAR

CDC, 2021, <https://www.cdc.gov/niosh/mining/>, Erişim Tarihi [10 Aralık 2021].

Gałaś, A., Kot-Niewiadomska, A., Czerw, H., Simić, V., Tost, M., Wårell, L., & Gałaś, S. (2021). Impact of Covid-19 on the Mining Sector and Raw Materials Security in Selected European Countries. *Resources*, 10(5), 39.

Gul, M., Guven, B., & Guneri, A. F. (2018). A new Fine-Kinney-based risk assessment framework using FAHP-FVIKOR incorporation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 53, 3-16.

Ilo, 2021, https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/ed_dialogue/-sector/documents/publication/wcms_747049.pdf, Erişim Tarihi [29 Ekim 2021].

Iisd,2021, <https://www.iisd.org/system/files/publications/covid-19-employment-mining-en.pdf>, Erişim Tarihi [01 Kasım 2021].

Kokangül, A., Polat, U., & Dağsuyu, C. (2017). A new approximation for risk assessment using the AHP and Fine Kinney methodologies. *Safety science*, 91, 24-32.

Nevadatoday, 2021, <https://www.unr.edu/nevada-today/news/2021/covid-effects-on-mining>, Erişim Tarihi [20 Ekim 2021].

Oturakci, M., Dağsuyu, C., & Kokangül, A. (2015). A new approach to Fine Kinney method and an implementation study. *Alphanumeric Journal*, 3(2), 83-92.

Makale Gönderim Tarihi: 19.01.2022

Yayına Kabul Tarihi: 11.03.2022

Madenciliğin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Değerinin Zaman Serileri Analizi ile Tahmin Edilerek 2023 Yılında Katkısının Araştırılması

Investigation of the Contribution of Mining in 2023 by Estimating the Gross Domestic Product Value of Mining by Time Series Analysis

Dr. Yasemin KİNAŞ¹, Ali Koray ÖZDOĞAN²,

^{1,2}Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Mevlâna Bulvarı No:76 Beştepe/ANKARA

¹<https://orcid.org/0000-0003-3358-480X>

²<https://orcid.org/0000-0001-9542-1008>

Sorumlu yazar; akozdogan@gmail.com

Özet

Ekonomik gelişimde üretim temel koşuldur. Hammadde üretiminin temel taşı olan madencilik sektörü ise üretimin ayrılmaz bir parçasıdır. Günümüzde madenciliğin Gayri Safi Yurtiçi Hasıladaki payı gelişmiş ülkelerde %4'ün üzerinde bulunmaktadır. Kaynak çeşitliliği bakımından dünyada 8. sırada yer alan Türkiye'de madenciliğin Gayri Safi Yurtiçi Hasıladaki payının gelişmiş ülkeler seviyesine çıkması, milli enerji ve maden politikası açısından en önemli atılımlardan biri olacaktır. Bu çalışmada geleceğe ışık tutması amacıyla madenciliğin Gayri Safi Yurtiçi Hasıladaki payı hakkında öngörude bulunulmuştur. Bu amaçla yıllara göre madencilik GSYH değerleri SPSS programı ile analiz edilmiş olup madenciliğin milli ekonomiye katkısı hakkında değerlendirilmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, Madencilik, Zaman Serileri Analizi

Abstract

Production is the basic condition for economic development. The mining industry, which is the cornerstone of raw material production, is an integral part of production. Today, the share of mining in the Gross National Product is over 4% in developed countries. Increasing the share of mining in Gross National Product to the level of developed countries in Turkey, which ranks 8th in the world in terms of resource diversity, will be one of the most important breakthroughs in terms of national energy and mining policy. In this study, a prediction has been made about the share of mining in Gross Domestic Product in order to shed light on the future. For this purpose, mining GDP values by years were analyzed with the SPSS program and evaluations were made about the contribution of mining to the national economy.

Keywords: Gross Domestic Product, Mining, Time Series Analysis

1.Giriş

Geçmiş çağlarda olduğu gibi günümüzde de toplumların refah seviyesi üretim ile doğru orantılıdır. Tabii kaynakların üretime kazandırılması ekonomik olarak bağımsızlık ilkesinde dışa bağımlılığı azaltmak için ön koşuldur.

Türkiye bugün dünyadaki toplam maden üretimi dikkate alındığında 70'in üzerinde mineralin üretimi ile 22. ve üretilen maden çeşitliliği açısından ise 8. sırada yer almaktadır. Maden çeşitliliğinin fazla olmasının yanında literatüre önemli yataklar olarak geçen belli mineral yatakları ile (Ankara Alçıtaşı, Düvertepe Kaolini, Reşadiye Bentoniti, Polatlı Sepiyoliti vb.) dünya çapında adından bahsettirmektedir.

Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 31.03.2021 tarihinde yayınlanan istatistikler incelendiğinde; 3213 sayılı Maden Kanunu 2. Maddesinde alt grup olarak tanımlanmış olan arama ve işletme ruhsatlarının tamamının toplamının 14.863 olduğu, 31.03.2021 tarihi itibarıyla işletme izinli olup faaliyetlerin sürdürüldüğü 7.457 ruhsat bulunduğu görülmektedir.

Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü tarafından açıklanmış yıllık maden üretim miktarları incelendiğinde; 2020 yılında 2,4 milyon ton asfaltit, 84,2 milyon ton linyit, 1,6 milyon ton taş kömürü, 14,7 milyon ton doğal taş, 479,6 ton çimento ve inşaat hammaddesi, 42,1 ton altın, 4,2 milyon ton bakır, 21,4 milyon ton demir, 2,4 milyon ton boksit, 6,1 milyon ton krom, 1,7 milyon ton nikel, 9,2 milyon ton alçıtaşı, 1,6 milyon ton bentonit, 10 milyon ton feldspat, 1, 5 milyon ton manyezit, 1,1 milyon ton perlit, 14,6 milyon trona ve 6,5 milyon ton bor üretimi gerçekleştirildiği görülmektedir.

Türkiye'nin üretilen mineraller açısından pazar payı incelendiğinde; Bor Tuzları, Perlit ve Feldspat'ta 1., Trona'da 2., Diyatomit'te ve Manyezit'te 3., Bentonit'te ve Krom'da 4., Antimon'da 5., Alçıtaşı'nda 8., Vermikülit ve Kaolen'de 9. sırada yer almaktadır. Ayrıca Linyit'te toplam üretim bakımından Almanya'nın ardından Rusya'nın önünde 2. sırada yer almaktadır.

Madencilik GSYH'deki payının yıllara göre incelenmesi neticesinde madencilik alanında söz sahibi ülkelerde oranın %8 üzerinde olduğu, dahası 2013 yılında Avusturalya'da bu oranın %10 üzerine çıktığı görülmüştür. Özetle madencilik dünyada ülkelerin refahının artmasına önemli katkı sağlamaktadır.

Türkiye'de madencilik GSYH'deki payının yıllara göre incelenmesi neticesinde son 20 yılda madencilik GSYH içindeki payının ortalama 0,98 civarında olduğu 21. yüzyılın başlarında 0,9'un altında olan oranın son yıllarda 1,1'in üzerine çıktığı görülmektedir.

Madencilik Türkiye'ye belli oranda katma değer sağladığı açıktır. Ancak istenilen düzeyde olması açısından madencilik üzerine yapılacak yatırımlarda Gayri Safi Yurtiçi Hasıladaki payı üzerinden gelecek dönemlere dair tahmin yapılmasının önem arz ettiği anlaşılmaktadır.

Ayrıca Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 6 Nisan 2017 tarihinde kamuoyuna "Yurtiçi Enerji ve Maden Politikası" duyurulmuştur. Söz konusu stratejik yaklaşım üçlü saç ayağına oturtulmuş olup, bunlar; arz güvenliği, yerlileştirme ve öngörülebilir piyasa olarak tanımlanmıştır. Öngörülebilir piyasa ve yerlileştirme stratejisi doğrultusunda madencilik sektörünün güçlendirilmesi için çizilecek yol haritasında madencilik GSYH içindeki payının ileriye dönük tahmininde zaman serileri yöntemi ile analiz edilmesi ve buna bağlı olarak ileriye

yönelik tahmin yapılması madencilik sektöründe yapılacak yatırımlarda olumlu katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

2.Yöntem

Türkiye'deki madencilğe ilişkin GSYH değerlerinin (*1000 TL) zamana göre değişimini göstermek ve ileriye dönük tahminlerde bulunabilmek amacıyla zaman serileri analiz tekniği kullanılmıştır.

2.1. Zaman Serileri Analizi

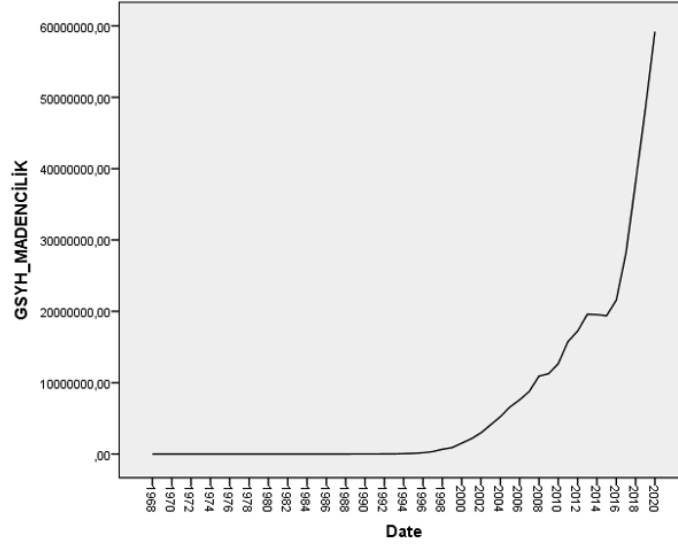
Zaman serisi analizi belirli bir zaman dilimi içerisinde gerçekleşen olayların analiz edilmesi ve ileriye yönelik bir tahminde bulunabilmek amacıyla yapılmaktadır. Zaman serileri, gözlem değerlerinin zaman içerisindeki dağılımına göre kesikli ve sürekli zaman serileri olarak ikiye ayrılmaktadır. Gözlem değerleri belirli bir zaman dilimi içerisinde sürekli elde ediliyorsa bu zaman serilerine sürekli zaman serileri denilmektedir. Kesikli zaman serilerinde ise gözlem değerleri belirli zaman aralıklarıyla elde edilmektedir.

Zaman serileri; kesikli, doğrusal ve stokastik süreç içeriyorsa Box-Jenkins modeli olarak adlandırılır. Genel doğrusal ve durağan Box-Jenkins modelleri AR, MA ve ARMA'dır. Otoregresif (AR-AutoRegressive) modeller Yule, Hareketli Ortalama (MA-MovingAverage) modeli Slutsky, AR ve MA modellerinin karışımı olan Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA-AutoRegressive Moving Average) modelleri ise Wold tarafından geliştirilmiştir (Ergül, 2018).

Box-Jenkins modellerinde az parametre ile zaman serisine en iyi uyan doğrusal modelin elde edilmesi amaçlanmaktadır (Hamzaçebi ve Kutay, 2004). İlk aşama modelin belirlenmesi ikinci aşama ise modelin BIC (Bayesian Bilgi Kriteri) değerine göre değerlendirmektir. En küçük BIC değerine sahip model istenen geçici model olarak belirlenir. Bu aşamalardan sonra parametrelerin ve modelin anlamlılığı test edilir. Modelin genel anlamlılığı ise Ljung-Box Q test istatistiği ile değerlendirilir. Elde edilen anlamlı model yardımıyla da ileriye yönelik tahmin yapılır (Akgül, 2003; Kadılar, 2005).

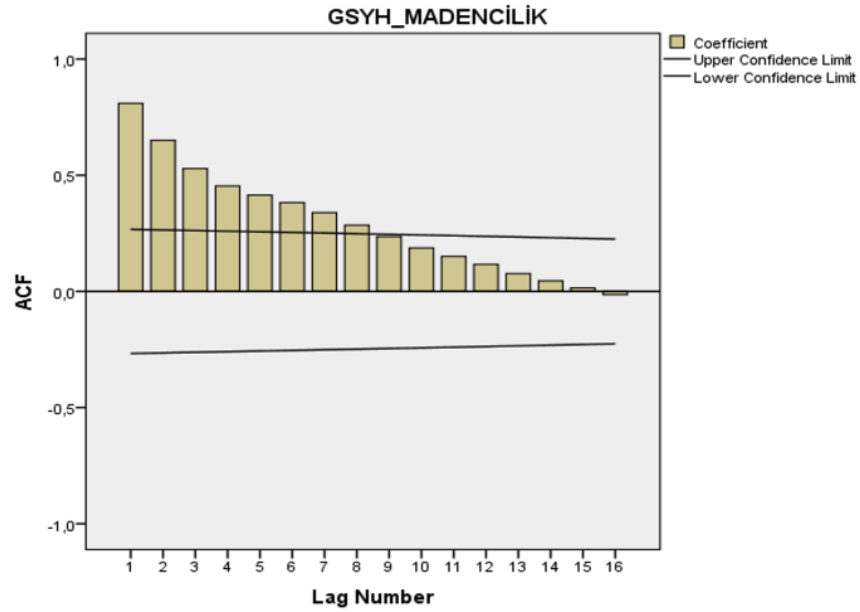
3. Bulgular

1968-2020 yılları arasında Türkiye'deki madencilğe ilişkin GSYH değerleri (*1000 TL) TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) internet sayfalarından alınmıştır. İstatistiksel analizler SPSS 22.0 versiyonu ile yapılmıştır. Zaman serileri analizinde kullanılan Box- Jenkins yönteminde tahmin yapılırken kullanılacak modelin belirlenebilmesi için ilk olarak zaman serisi grafiği, otokorelasyon fonksiyonu grafiği (ACF) ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu grafikleri elde edilmiştir. Madencilğe ilişkin GSYH değerlerinin (*1000 TL) grafiği Şekil 1'de verilmiştir.

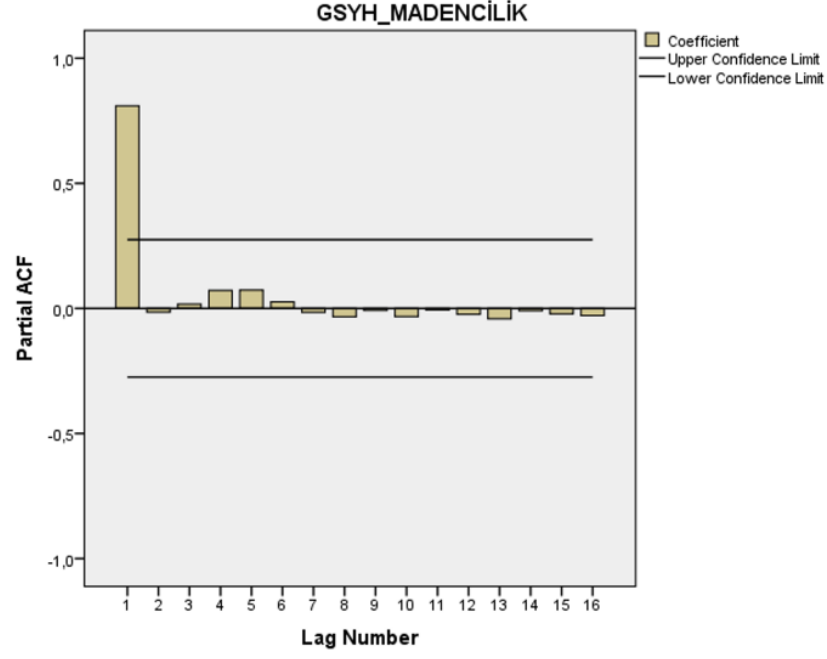


Şekil 1. Madencilğe ilişkin GSYH değerlerinin (*1000 TL) grafikleri

Şekil 1’de yer alan grafik incelendiğinde grafiklerin dalgalı olduğu görülmektedir. Buna göre seriler durağan çıkmamıştır. Zaman serileri analizinde Box-Jenkins yönteminin kullanılabilmesi için serinin durağan olması gerekmektedir. Verilerin durağan olabilmesi için fark alınarak ACF ve PACF testleri yapılmıştır. Zaman serisine ait ACF ve PACF grafikleri Şekil 2 ve Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 2. Madencilğe ilişkin GSYH değerlerinin (*1000 TL) ACF grafikleri



Şekil 3. Madencilğe ilişkin GSYH değerlerinin (*1000 TL) PACF grafikleri

Şekil 2 ve Şekil 3'e göre seri durağan hale gelmiştir. Madencilğe ilişkin GSYH değerlerinin (*1000 TL)'nin zaman serisi için farklı ARIMA modelleri test edilmiş ve sonuçlar Tablo 1'de yer almıştır. Tablo 1'e göre BIC değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Dolayısıyla bu çalışmada geçici model ARIMA (1,1,0) olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Madencilğe ilişkin GSYH değerlerinin (*1000 TL) için farklı ARIMA modelleri ve BIC değerleri

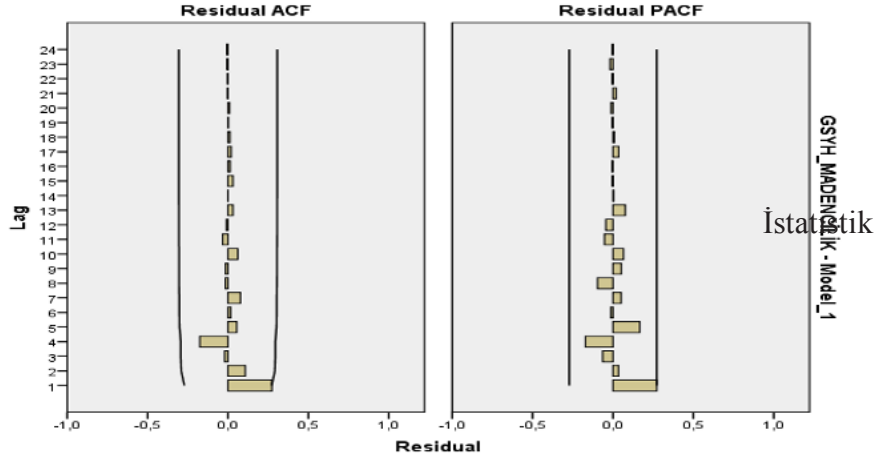
Arıma Modelleri	BIC Değerleri
ARIMA (1,0,0)	30,019
ARIMA (1,0,1)	29,689
ARIMA (1,1,1)	28,050
ARIMA (0,0,1)	31,728
ARIMA (1,1,0)	28,093
ARIMA (0,1,1)	28,629

Söz konusu modelin parametre tahminlerinin anlamlılığı test edilmiştir. Bulunan değerler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Madencilğe ilişkin GSYH değerlerinin (*1000 TL) için ARIMA(1,1,0) parametre tahmin değerleri

Parametre	Tahmin Değeri	se	t	p
Sabit	3.662.936,41	6.789.784,73	0,539	0,592
AR	0,975	0,066	14,752	0,000

Tablo 2'ye göre hesaplanan olasılık değeri $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinden küçük olduğu için ARIMA(1,1,0) modelinin parametre tahminleri anlamlı çıkmıştır.



Şekil 4. Madencilığe ilişkin GSYH değerlerinin (*1000 TL) için ARIMA(1,1,0) hata terimleri ACF ve PACF grafiği

Geçici modelin uygunluğu, Ljung-Box testi ile test edilmiştir. Sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Ljung-Box testi sonuçları

İstatistik	df	p
7,688	17	0,973

Ljung-Box testi sonucuna göre hesaplanan olasılık değeri $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinden büyük olduğu için geçici model uygun bulunmuştur. Buna göre ARIMA (1,1,0) modeli kullanılarak 2021, 2022 ve 2023 yılları için tahminler yapılmış ve Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Madencilığe ilişkin GSYH değerlerinin (*1000 TL) ARIMA (1,1,0) modeli ile tahmin değerleri

Yıl	GSYH Tahmin Değerleri (*1000 TL)
2021	70.118.625,19
2022	79.947.140,25
2023	90.179.090,71

4. Sonuç

İktisadi faaliyet kollarına göre cari fiyatlarla GSYH içinde madencilığın değeri özellikle 2016 yılı sonrasında her yıl ortalama %30 civarında artış göstermiştir. 2020 yılında 59.192.113 TL ile en yüksek değere ulaşmıştır.

GSYH'de ARIMA ile tahmin değerleri 2021 yılında 70 milyar 118 milyon TL olacağı, 2022 yılında 79 milyar 947 milyon TL ve Cumhuriyetin 100. Yılında 90 milyar 179 milyon TL olacağı tahmin edilmiştir.

Madencilığın 2023 yılında GSYH değerinin en yüksek değere ulaşacağı ve maden üretiminin ve madencilığe bağımlı sanayisinin de bu değerler ışığında gelişeceği öngörülmektedir.

Kişi başına düşen maden tüketiminin artırılması ve katma değerli ürün ihracatı politikası gereği son ürün ihracı yapmak Türkiye ekonomisinin daha da gelişmesine imkân sağlayacak ve toplam üretim/gelir sıralamasında dünya çapında daha üst sıralara çıkılacaktır.

GSYH'de madenciliğin payının artması, kişi başına düşen milli gelirin artmasına olumlu katkı sağlayacak olup madencilik sektörüne ışık tutması amacı ile bu çalışmada zaman serileri analizi yöntemi kullanılarak toplam maden GSYH değerine ilişkin bir tahmin yapılmıştır.

Dolayısıyla bu çalışmanın toplam maden GSYH değerine ilişkin verilerin zaman serileri yöntemi ile analiz edilmesi ve buna bağlı olarak ileriye yönelik tahmin yapılması bakımından ilk çalışma olduğu söylenebilir. Çalışmada kullanılan veriler farklı sektörler, farklı madenler için üretim ve ihracat değerleri temel alınarak detaylandırılıp araştırılarak söz konusu sektörlerin veya madenlerin geleceği hakkında geniş kapsamlı tahminlerde bulunulabilir.

Kaynakça

- Akgül, İ., (2003). Zaman Serileri Analizi ve ARI-MA Modelleri. Der Yayınları, İstanbul.
- Ergül, B., (2018). Türkiye'deki İş Kazalarının Zaman Serisi Analiz Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Tekniği ile İncelenmesi, Karaelmeas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 2(2): 63-74.
- Hamzaçebi, C. ve Kutay, F., (2004). Yapay Sinir Ağları ile Türkiye elektrik Enerjisi Üretimine 2010 Yılına Kadar Tahmini. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(3).
- Kadırlar, C., (2005). SPSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş. Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), (2021). Maden Üretim Değerleri, https://www.mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx (erişim tarihi: 02.01.2022)
- Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), (2021). Maden Ruhsatı Verileri, https://www.mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx (erişim tarihi: 02.01.2022)
- Reichl, C., Schatz, M., (2021). World Mining Data (Iron and Ferro-Alloy Metals Non-Ferrous Metals Precious Metals Industrial Minerals Mineral Fuels), volume:36, Vienna. <https://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2021.pdf> (erişim tarihi:02.01.2022)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, (2021). Türkiye Madencilik Sektörü Gelişim Raporu (2020), 13-14, Ankara.
- T.C. Sidney Başkonsolosluğu Ticaret Ataşeliği, Avustralya'nın Genel Ekonomik Durumu ve Türkiye ile Ekonomik-Ticari İlişkileri (2016), 24, Sidney.

Makale Gönderim Tarihi: 20.02.2022

Yayına Kabul Tarihi: 09.05.2022

Characterization of Balıkesir Balya Lead-Zinc Ore and Determination of its Particle Shape Factor

*Balıkesir Balya Kurşun-Çinko Cevherinin Karakterizasyonu ve Tane Şekil Faktörünün Belirlenmesi*Tugba Deniz TOMBAL KARA^{1*}, Ilgin KURSUN²¹*Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana*²*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul***Sorumlu Yazar: ttombal@atu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5658-6854*

Abstract

In this study, detailed characterization tests were carried out to determine the physical, chemical and mineralogical properties of lead-zinc ore samples from Balya district of Balıkesir province. Moisture, density and particle size distribution analyzes for the determination of the physical properties; XRF and ICP-OES analyzes for the determination of their chemical properties; XRD, SEM, EDS, polished section studies for the determination of mineralogical properties and pH measurements of the samples were carried out. Within the scope of particle shape factor studies, the circularity, roundness and solidity values of the ore were determined. Although it was seen that the beneficiation of the ore by flotation method was appropriate based on the results obtained from the study, alternative beneficiation studies from the past to the present were also mentioned. It is expected that the results obtained from this study will shed light on the fact that more scientific research can be done on the recovery of lead and zinc content with known ore processing methods on Balıkesir Balya Pb-Zn ore samples and new methods can be tried.

Anahtar Kelimeler: Characterization, Lead, Particle Shape Factor, Zinc

Abstract

Bu çalışmada Balıkesir ili Balya ilçesi kurşun-çinko cevheri örneklerinin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla detaylı karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Numunelerin fiziksel özelliklerinin saptanması amacıyla nem, yoğunluk ve tane boyut dağılımı analizleri; kimyasal özelliklerinin saptanması amacıyla XRF ve ICP-OES analizleri; mineralojik özelliklerinin saptanması amacıyla XRD, SEM, EDS, parlak kesit çalışmaları ve pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tane şekil faktörü çalışmaları kapsamında cevherin dairesellik, yuvarlaklık ve sertlik değerleri belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara istinaden cevherin flotasyon yöntemi ile zenginleştirilmesinin uygun olduğu görülmüş olsa da, geçmişten günümüze kadar yapılan alternatif zenginleştirme çalışmalarına da değinilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların Balıkesir Balya Pb-Zn cevheri numuneleri üzerinde bilinen cevher işleme yöntemleriyle kurşun ve çinko içeriğinin geri kazanımı konusunda daha fazla bilimsel araştırma yapılabileceği ve yeni yöntemler denenebileceği hususunda ışık tutması beklenmektedir.

Keywords: Çinko, Karakterizasyon, Kurşun, Tane Şekil Faktörü

1. Introduction

Lead which is a dense, ductile, and malleable blue-gray metal that is highly resistant to corrosion; have been used for at least 5000 years, many of its ancient applications (in the construction of water pipes in the time of Ancient Egypt and Romans) remaining intact until today. Lead (Pb) is a metallic element with 207.19 g/mol nucleon number, 82 atomic number, 11.34 g/cm³ density, 327°C melting point, 1749°C boiling point and 1.5 hardness. The main lead minerals, which are found more than 130 in nature, are galena, cerussite, anglesite, jamesonite, jordanite, bulangerite, pyromorphite, mimetite and vulfenite. Galena is the most abundant lead mineral in economically operated deposits and is usually found together with zinc, copper, silver, gold and iron minerals. The most important consumption areas of lead are battery manufacturing and underground communication cables' insulation with lead. Lead is also used in oxide dyes, cable sheathing, lead tetraethyl and tetramethyl forms as octane adjusting compounds in gasoline, x-ray protection because of its transmission of radiation the least, and in the production of color television tubes (Bulut, 1991; Engin, 2002; Fidan, 2016; MTA,2021-1; USGS, 2021-1).

Zinc was first used by the Chinese and Romans in 2000 BC as an alloy material in making brass. In India, it is known that zinc was used as a metal in 1000-1300 AC and smelting was done for commercial purposes in the 14th century. The invention of the flotation method at the beginning of the 20th century provided an important technological development in the zinc industry. Zinc (Zn) is a bluish-light gray metal with 65.409 g/mol nucleon number, 30 atomic number, 7.14 g/cm³ density, 419.53°C melting point, 907°C boiling point and 2.5 hardness. More than 50 minerals of zinc are known. The most important mineral that makes the greatest contribution to zinc production is sphalerite. In addition, other zinc minerals of commercial value are smithsonite, zincite, willemite, franklinite and hemimorphite. Zinc is one of the three most important metals after aluminum and copper among non-ferrous metals in terms of usage. Since it is chemically active and easily alloyed with other metals, zinc is used in the production of many alloys and compounds in the industry. Due to its strong electropositive properties, it is used to protect other metals, especially iron and steel products, against corrosion. There are five main areas where the produced zinc metal is consumed as the main product. These are galvanizing, diecast alloys, brass and bronze alloys, zinc oxide and rolled zinc alloys (DPT, 2001; Aykac, 2006; MTA, 2021-2; USGS, 2021-2).

Ore samples are characterized according to the amount of mineral/metal they contain, their behavior, particle sizes, structure and tissue properties. These properties are used to determine the liberation states of minerals and the most appropriate beneficiation method. Structural and tissual properties of minerals such as formation and particle size are the parameters that directly affect the degree of ease of the mineral extraction process and therefore the cost of the process, and it is at least as important as knowing the amount of precious mineral/metal in the ore. Knowing the amount of minerals with different structure-tissue characteristics is also important in terms of predicting the performance and product characteristics of the subsequent processes (Can and Celik, 2009-1; Can and Celik, 2009-2). Several studies were performed in order to characterize lead-zinc ore (Song et al., 1999; Martinez and Motto, 2000; Zhang et al., 2020; Bourourou et al., 2021). The beneficiation of lead-zinc ores is generally carried out by gravimetric methods or by flotation method. The beneficiation of sulphide ores is carried out entirely by flotation. It is possible to selectively acquire lead and zinc separately with high efficiency (Agacayak and Yilmaz, 2021; MTA; 2022). It is of great importance that the characterization is carried out correctly in line with the information that directly affects the choice of ore beneficiation method, such as the mineralogical structure of the ore, impurities and particle liberation size. In this study, detailed

characterization studies were carried out in terms of physical, chemical and mineralogical properties of Balıkesir Balya lead-zinc ore samples and the circularity, roundness and solidity values of the ore were determined within the scope of particle shape factor studies. It is expected that the results obtained will shed light on the scientific studies and the selection of the beneficiation method related to the ore in question.

2. Materials and Methodology

The basis of the study is the lead-zinc ore of Balya town of Balıkesir province. The samples were obtained from Eczacıbaşı Esan IC Balya Lead-Zinc Plant. In the preparation of the samples for experimental studies, primarily representative samples were obtained by using cone-quartering apparatus and Riffle sample dividing apparatus. Jaw crusher was used as primary and secondary crusher. The samples, which were crushed below 2 mm, were ground in a ball mill by working in a closed circuit with a sieve. Agate mortar was used for elemental analyzes and density experiments. Moisture, density and particle size distribution analyses to determine the physical properties of the samples; ICP-OES and XRF analyses to determine chemical properties; XRD, SEM, EDS and polish section studies to determine mineralogical properties; and pH measurements were carried out.

2.1. Work Area

The basis of the study is the lead-zinc ore of Balya town of Balıkesir province. Due to its geological structure, Balıkesir province is particularly rich in base metal mineralizations. Foremost among these is the Balya lead-zinc deposit which is known to have been operated occasionally since ancient times. Balya lead-zinc deposit is spread over an area of approximately 8km², which includes Balya town center and its surroundings. 3.260.000 tons of proved reserves were found in the deposit, with a grade of 7.2% Zn, 2.7% Pb and 0.3% Cu (MTA, 2019). In Figure 1, the location map of the Balıkesir Balya lead-zinc ore work area is given.

Balya Lead-Zinc deposit is located within the borders of Balya District -49 km northwest of Balıkesir city center-, at the junction of Balıkesir-Canakkale, Balıkesir-Gonen state highways in the Biga Peninsula of the Marmara Region. Balya Pb-Zn mineral deposit -which was also operated in ancient times- was operated during the Ottoman period (1839) and afterwards by foreign companies until 1939. Studies for the re-operation of the mines and wastes left over from these enterprises continued until 1997. There are Paleozoic, Mesozoic and Tertiary aged formations as extraneous blocks in the study area. In the geological studies, it was determined that there are mainly Permian aged (Balya Formation) allochthonous limestones. The bedrocks are unconformably cut and overlain by dacitic lava, tuff and pyroclastic rocks of the Oligo-Miocene aged Doyuran volcanics and the andesitic dykes, lavas and agglomerates of the Upper Miocene Hallaçlar volcanics. The mineralizations are realgar, orpiment, galenite, sphalerite and pyrite in dacite cracks; in the cracks of the limestone, it consists of galenite, sphalerite, antimonite, pyrite, realgar and orpiment. Generally, ore minerals are composed of pyrite, marcasite, sphalerite, galena, chalcopyrite and arsenopyrite (Avin, 2011; Gul, 2014; Celik Balci et al., 2014; Bozan et al., 2017).



Figure 1. Balıkesir Balya lead-zinc ore work area

2.2. Method

To determine the physical properties of the sample, firstly, moisture analysis was carried out without losing the original moisture content at 105°C with a UF450 model Memmert oven. Density analysis method with pycnometer was used to determine the density of the Pb-Zn sample. In all density experiments, 50 ml pycnometers and distilled water were used. The samples used in the density tests were reduced to $-75\ \mu\text{m}$ particle size with agate mortar and prepared for measurement. After reducing the size of the Pb-Zn sample using a jaw crusher, particle size analysis was performed by wet sieving method with using Retch brand sieves. After the sieving process, the samples obtained in different particle ranges were dried in the oven, and their weights were scaled to determine their particle size distribution. Moisture, density and particle size analyses were carried out according to ASTM standards.

Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) analyses were performed to obtain information about the elements contained in the copper ore. To be informed about the mineralogical properties of the samples, X-Ray Diffraction (XRD) analyses were performed with the Rigaku MiniFlex 600 brand XRD device. For getting information about the morphology of the samples, their photographs were taken with Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS) analyses were performed. ICP-OES, SEM and EDS analyses were carried out at the Mineral Analysis and Technology Department of the General Directorate of Mineral Research and Exploration. Within the scope of polish section

studies, polish sections of the samples were prepared using Vommak brand natural stone and marble cutting device and Vommak brand polishing device. The polish sections obtained were analyzed and interpreted with the help of an Olympus BX51-P brand polarized light microscope.

The pH profile of the samples in pure water was obtained. Suspensions of 1% solids were prepared using $-38 \mu\text{m}$ particle size material and ultrapure water. The suspensions prepared with 0.1 M HCl for the acidic medium and 0.1 M NaOH for the alkaline medium were mixed in a beaker with a magnetic stirrer at 500 rpm and the pH values of the suspensions were read at certain intervals during this process. pH-profile measurements of copper suspensions were performed using the HANNA HI2211 pH-meter.

Within the scope of particle shape factor studies, Scanning Electron Microscope (SEM) photographs of the samples in the particle size range of $-45+38 \mu\text{m}$, $-75+63 \mu\text{m}$ and $-150+106 \mu\text{m}$ were taken; and image processing was performed with ImageJ program.

3. Results

3.1. Physical properties of the sample

The high moisture content of the ore can cause problems in the crushing-sieving phase and prevent reaching the determined capacity. In addition, the material with high moisture content must be subjected to drying before beneficiation processes. For this reason, moisture analysis was carried out without losing the original moisture content, and it was defined that the Pb-Zn sample contained 0.069% moisture. From the results obtained, it was observed that the moisture content of the sample was not significant. The density analysis was carried out and the density of the raw Pb-Zn sample was found to be 4.89 g/cm^3 . Particle size analysis was carried out to determine the particle size distribution of the sample.

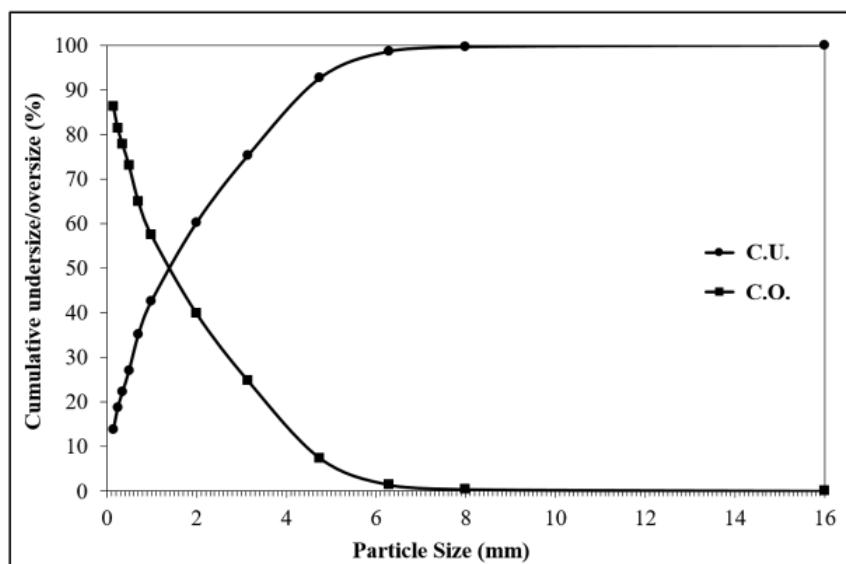


Figure 2. Oversize-undersize graphs of the sample

Table 1. The results of the particle size distribution of the sample

Sieve aperture (mm)	Content		Total	
	(g)	(%)	Oversize (%)	Undersize (%)
+8	6.08	0.382	0.382	100.000
-8+6.30	16.09	1.011	1.393	99.618
-6.30+4.75	95.91	6.026	7.419	98.607
-4.75+3.15	276.22	17.356	24.775	92.581
-3.15+2	240.58	15.116	39.891	75.225
-2+1	278.44	17.495	57.387	60.109
-1+0.710	118.82	7.466	64.852	42.614
-0.710+0.500	128.90	8.099	72.952	35.148
-0.500+0.355	76.29	4.794	77.745	27.049
-0.355+0.250	56.23	3.533	81.278	22.255
-0.250+0.150	78.05	4.904	86.182	18.722
-0.150+0.106	38.39	2.412	88.595	13.818
-0.106+0.075	31.73	1.994	90.588	11.406
-0.075+0.063	14.52	0.912	91.501	9.412
-0.063+0.045	23.74	1.492	92.992	8.500
-0.045+0.038	12.03	0.756	93.748	7.008
-0.038	99.50	6.252	100.000	6.252
Total	1591.52	100.000		

From the oversize-undersize graphs (Figure 2) drew up using the data in Table 1, the d_{50} and the d_{80} sizes of the sample were found as 1.4 mm and 3.55 mm, respectively.

3.2. Chemical properties of the sample

As a result of the XRF analysis (Table 2) and ICP-OES analysis (Table 3), it was determined that the sample contained 1,32% PbO, 2,20% ZnO, 1,4% Pb and 2,14% ppm Zn.

Table 2. XRF analysis results

Compound	Content (%)	Compound	Content (%)
CO ₂	27.1	CaO	28.8
Na ₂ O	0.132	TiO ₂	0.205
MgO	2.35	MnO	0.274
Al ₂ O ₃	4.98	Fe ₂ O ₃	6.33
SiO ₂	18.1	CuO	0.104
SO ₃	6.90	ZnO	2.20
K ₂ O	1.25	PbO	1.32

Table 3. ICP-OES analysis results

Compound	As	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Zn
Content(ppm)	685	152	20	1121	>50000	2759	12	17	14108	173	<10	21356

3.3. Mineralogical properties of the sample

When the XRD results carried out to be informed about the mineralogical structure of the sample were examined (Figure 3), it was sighted that the sample contained quartz, dolomite, calcium carbide, sphalerite and calderite.

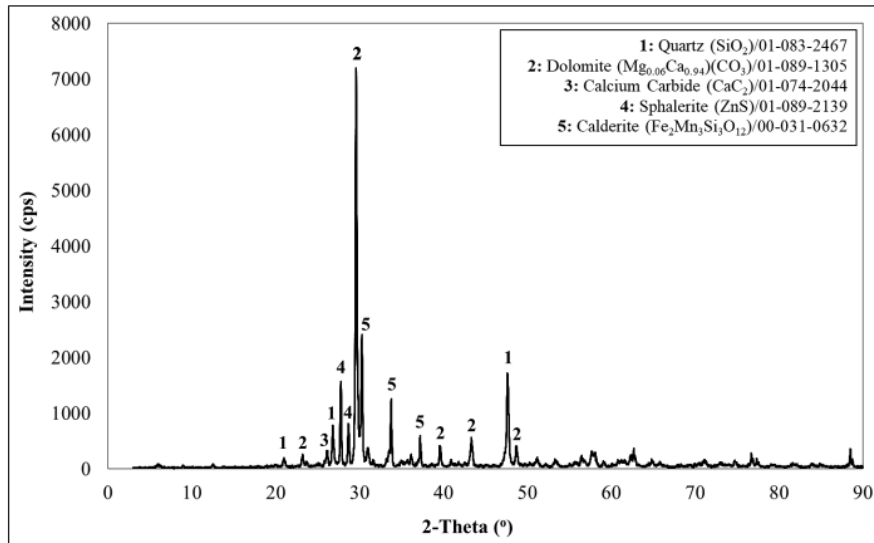


Figure 3. XRD diffraction figure of the sample

To define the elemental compositions of the sample and provide data on the chemical composition of the sample, scanning electron microscope (SEM) photographs were taken and EDS analyzes were carried out (Figure 4, Table 4).

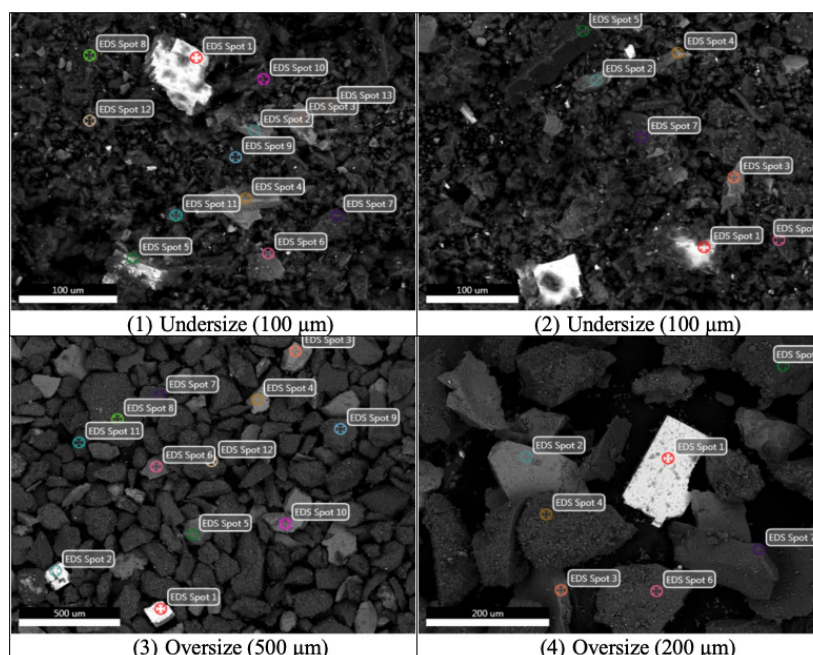


Figure 4. SEM photos of the sample subjected to EDS analysis

Table 4. EDS analysis results of the sample

		O		S		Ca		Pb		Zn	
		%W	%A	%W	%A	%W	%A	%W	%A	%W	%A
Undersize (100 µm)	1	13.10	50.43	12.17	23.37	1.59	2.45	71.29	21.19	0.00	0.00
	2	15.71	33.13	32.89	34.6	2.05	1.73	0.00	0.00	40.98	21.15
	3	18.16	38.65	28.45	30.21	2.37	2.02	0.00	0.00	43.70	22.76
	4	12.47	27.88	30.76	34.3	1.29	1.15	0.00	0.00	38.66	21.14
	5	21.75	59.38	10.37	14.12	4.66	5.08	56.23	11.85	0.00	0.00
	6	22.90	41.53	34.92	31.61	4.54	3.29	0.00	0.00	0.84	0.37
	7	45.21	63.4	0.61	0.42	19.45	10.89	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	58.15	73.5	0.87	0.55	13.37	6.74	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	52.75	66.36	0.00	0.00	0.52	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	56.84	65.52	0.58	0.34	23.87	10.98	0.00	0.00	0.00	0.00
	11	49.92	68.28	0.63	0.43	17.68	9.65	1.76	0.19	0.00	0.00
	12	48.52	64.85	1.2	0.8	13.65	7.28	0.00	0.00	0.00	0.00
	Avg.	35.48	55.24	11.84	13.16	9.7	5.65	9.95	2.56	9.55	5.03
Undersize	1	25.54	65.51	9.94	12.72	4.85	4.96	55.17	10.93	0.00	0.00
	2	9.36	20.56	43.41	47.57	1.08	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	39.19	67.62	15.82	13.62	5.82	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	12.52	28.70	31.29	35.80	1.35	1.24	0.00	0.00	46.24	25.95
	5	53.66	67.54	1.61	1.01	2.40	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	55.48	64.30	2.56	1.48	21.94	10.15	0.00	0.00	0.27	0.08
	7	46.92	66.28	0.76	0.54	22.43	12.65	0.00	0.00	0.00	0.00
	Avg.	34.67	54.36	15.06	16.11	8.55	5.02	7.88	1.56	6.64	3.72
Oversize (500 µm)	1	10.46	45.62	10.33	22.47	1.48	2.58	75.68	25.48	0.00	0.00
	2	9.06	41.60	10.42	23.88	1.65	3.02	76.78	27.23	0.00	0.00
	3	3.99	11.04	31.62	43.61	0.29	0.32	0.00	0.00	58.17	39.35
	4	5.11	13.85	30.71	41.50	0.43	0.46	0.00	0.00	58.75	38.94
	5	12.74	27.27	38.90	41.52	1.08	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	9.92	21.22	49.38	52.70	1.72	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	48.78	62.08	0.61	0.39	36.26	18.42	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	48.01	65.34	1.48	1.00	13.75	7.47	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	40.17	58.23	0.88	0.64	24.22	14.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	13.81	30.73	31.28	34.73	1.23	1.09	0.00	0.00	46.02	25.07
	11	51.70	65.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12	44.42	60.09	0.00	0.00	16.06	8.67	0.00	0.00	0.00	0.00
Avg.	24.85	41.86	17.13	21.87	8.18	4.87	12.71	4.39	13.58	8.61	
Oversize (200 µm)	1	8.49	41.20	11.30	27.37	0.36	0.69	79.15	29.66	0.00	0.00
	2	4.89	13.05	33.75	44.91	0.59	0.63	0.00	0.00	56.28	36.73
	3	6.21	14.10	51.05	57.86	0.88	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	54.51	65.32	0.00	0.00	32.78	15.68	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	46.81	60.79	0.00	0.00	0.73	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	32.64	52.26	0.00	0.00	29.02	18.55	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	38.30	57.71	0.00	0.00	25.87	15.56	0.00	0.00	0.00	0.00
	Avg.	27.41	43.49	13.73	18.59	12.89	7.47	11.31	4.24	8.04	5.25

Avg.: Average, %W: weight, %A: atomic

When the results of the EDS analyzes were examined, an average of 9.95% Pb and 9.55% Zn contents for the 1st photo, 7.88% Pb and 6.64% Zn for the 2nd photo, 12.71% Pb and 13.58% Zn for the 3rd photo and 11.31% Pb and 8.04% Zn for the 4th photo were determined. It was sighted that the sulphur and calcium ratio of the sample was high. In addition to the elements given in the table, the presence of Al, Fe, Mg, Si, Cu, Cd, Mn, Ni, Sr, K, Na, C and Ti was also found in the sample.

When the polish section photographs of the Pb-Zn sample (Figure 5) were investigated, galena, sphalerite and a very small amount of pyrite were observed in the Pb-Zn sample. Chalcopyrite inclusions in sphalerites form interim paragenesis and are anhedral. Galenas are considered as fissured, anhedral and isotropic. There are no pressure twinings, it has not been exposed to much pressure. Sphalerites are less abundant than galena. Chalcopyrite is inclusionous. As a gangue mineral anisotropic limestone is observed in the form to represent the barren rock. Pyrites are shiny, anhedral, light colored and spongy. The domination of the gangue minerals is in question. In the form of small pseudomorphs, iron sulphides are seen as inclusions in the gangue. Secondary iron oxide staining exists at the point of cracks and fractures. Galena is non-abundant.

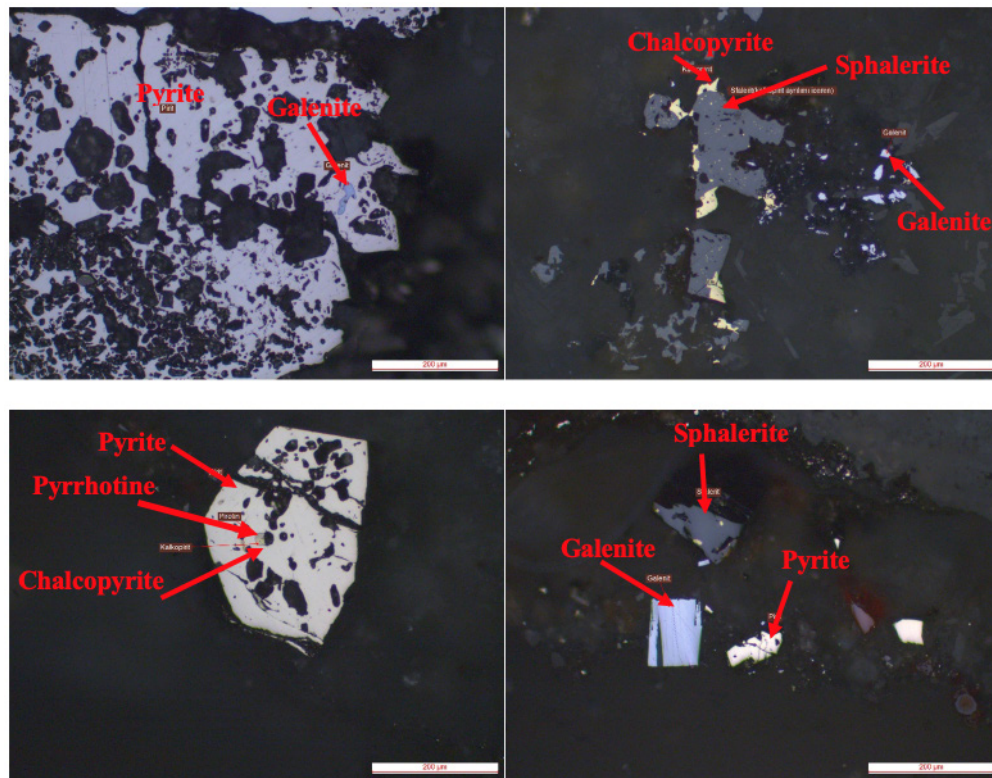


Figure 5. Polish section photos of the sample

3.4. pH profile of the sample

The pH profile of the samples in pure water was obtained. Accordingly, the time-dependent pH changes of the samples were investigated (Figure 6).

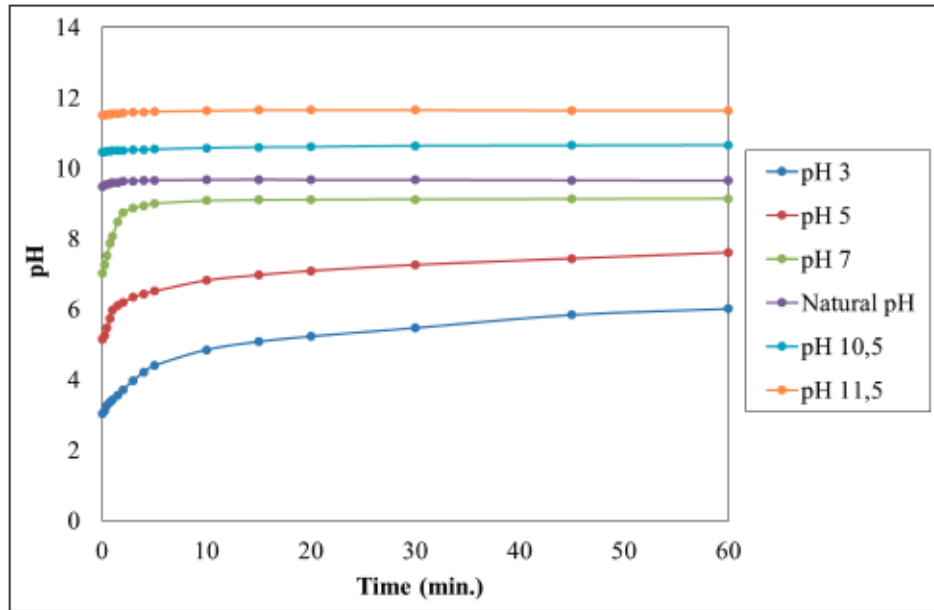


Figure 6. pH profile of the sample

Experiments to determine the pH profile of the sample were carried out at the sample's own natural pH of 9.49 and pH 3, 5, 7, 10.5 and 11.5. When the pH profile obtained was examined, it was sighted that the pH value of the sample started to reach a buffer pH value in the basic region after a certain period of time in pH 3, pH 5 and pH 7 experiments. There was no significant time-dependent change at the alkaline pH values of 10.5 and 11.5. The reason for this can be explained by the alkaline property of the sample due to its high carbonate content and the limited amount of cations that dissolve from the sample and pass into the solution.

3.5. Determination of the sample's particle shape factor

When the behavior of the particle is examined in all processes such as the determination of processes in ore beneficiation, the selection of the tools to be used in the processes, the evaluation of their performance; in order for the system to operate at the required efficiency at the whole work such as transporting, stocking, dewatering and/or filtration of the concentrate and residue before and after the beneficiation, the particle shape emerges as an important parameter. Characterization of particle shape is quite significant in both academic and industrial environments. In the mineral industry, flotation, jigging, sieving, classification, shaking table, heavy fluid separation, cyclone and many other methods are sensitive to particle shape.

Particle shape, which is generally defined with qualitative terms such as round, angular and flat, is an important parameter to determine the behavior of the particle in the selection and success of processes in ore preparation and beneficiation. Therefore, it is necessary to quantitatively measure and describe the particle shape. To date, many techniques have been developed in the field of describing particle shape characterization. However, there is still no universally accepted method that measures shape properties alone. Nevertheless, there are methods that measure particle shape parameters and the results can be used scientifically. Image analysis technique is one of these methods and is widely used.

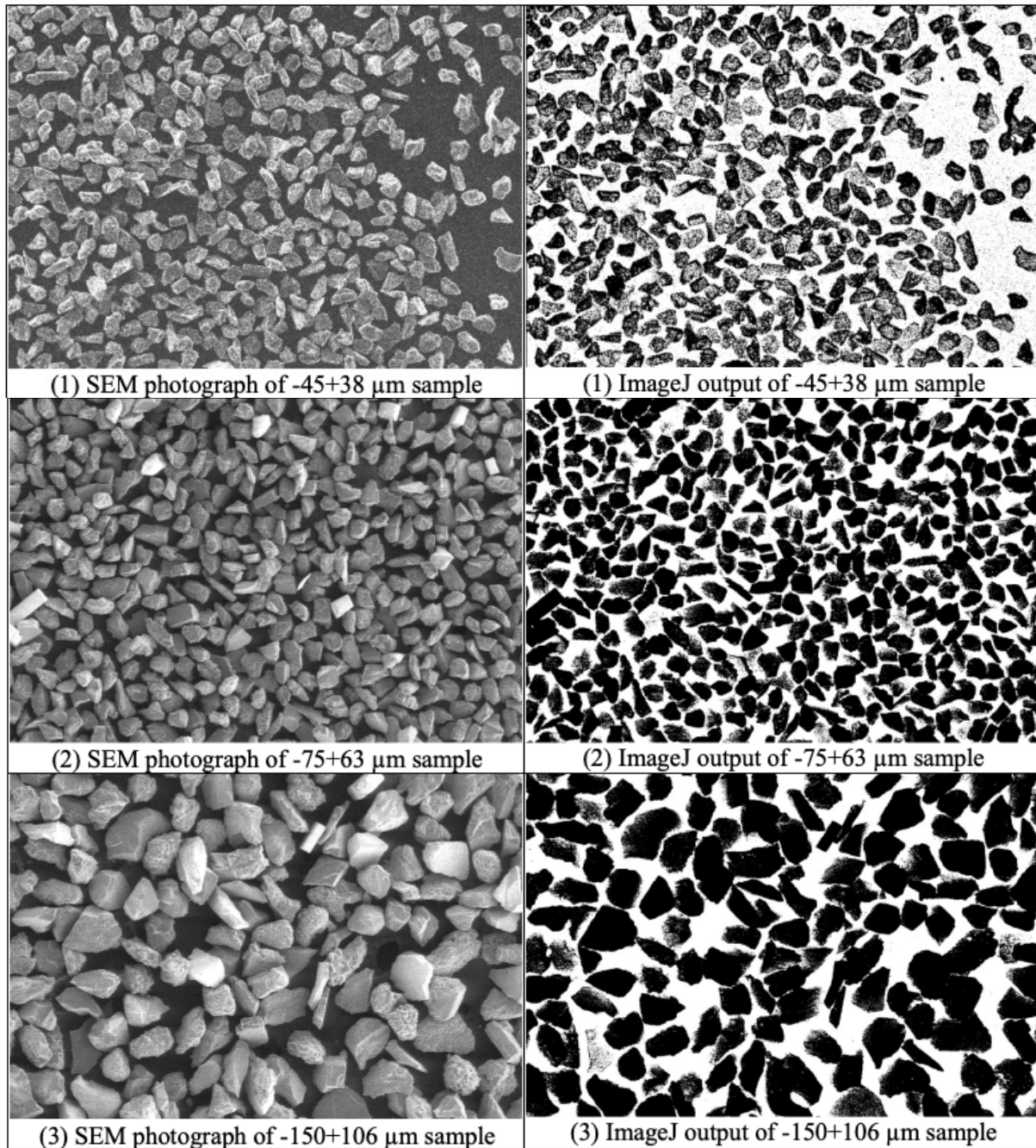


Figure 7. SEM photos and ImageJ outputs of Pb-Zn (-45+38 μm , -75+63 μm and -150+106 μm) samples

In this study, Scanning Electron Microscope (SEM) photographs of the samples in the particle size range of -45+38 μm , -75+63 μm and -150+106 μm were taken within the scope of particle shape factor studies; and image processing was performed with ImageJ program (Figure 7). Average circularity, roundness and solidity values were respectively found to be 0.180, 0.574 and 0.596 for the sample with -45+38 μm particle size; 0.252, 0.563 and 0.720 for the sample with -75+63 μm particle size; 0.264, 0.582 and 0.749 for the sample with 150+106 μm particle size (Table 5).

Figure 7. SEM photos and ImageJ outputs of Pb-Zn (-45+38 μm , -75+63 μm and -150+106 μm) samples

	Circularity				Roundness				Solidity			
	Avg.	SD	Min	Max	Avg.	SD	Min	Max	Avg.	SD	Min	Max
(1)	0.180	0.148	0.006	0.611	0.574	0.168	0.109	0.985	0.596	0.140	0.325	1.000
(2)	0.252	0.172	0.010	0.713	0.563	0.186	0.150	0.962	0.720	0.142	0.345	0.932
(3)	0.264	0.168	0.015	0.571	0.582	0.189	0.289	0.918	0.749	0.182	0.250	0.942

4. Discussions and Conclusion

In this study, detailed characterization studies were carried out with the Balıkesir Balya region lead-zinc ore; the circularity, roundness and solidity values of the ore were determined by image analysis method. According to the results obtained from the experiments carried out to determine the physical properties of the sample, the moisture content of the sample was 0.069%, the density was 4.89 gr/cm³, d_{50} and d_{80} sizes were respectively found to be 1,4 mm and 3,55 mm. As a result of the XRF and ICP-OES analyses carried out to determine its chemical properties, it was determined that the sample respectively contained 1,32 PbO%, 2,20% ZnO, 1,41% Pb and 2,14% Zn. When XRF and ICP-OES analysis results were compared, it was seen that the results were compatible. As a result of the XRD analysis performed to determine the mineral composition of the sample, it was sighted that the sample contained quartz, dolomite, calcium carbide, sphalerite and calderite. When the results of the EDS analyses were examined, an average of 9.95% Pb and 9.55% Zn contents for the 1st photo, 7.88% Pb and 6.64% Zn for the 2nd photo, 12.71% Pb and 13.58% Zn for the 3rd photo and 11.31% Pb and 8,04% Zn for the 4th photo was determined. As the result of the polish section studies, it has been observed that lead is in the form of galena mineral which has considered as fissured, anhedral and isotropic, and zinc is in the form of sphalerite. When the XRD, EDS and polish section studies were examined, it was seen that the mineralogical findings obtained from these three analyzes were consistent. When the pH profile of the sample was examined, it was observed that the pH value of the sample started to reach a buffer pH value in the basic region after a certain period of time in pH 3, pH 5 and pH 7 experiments. Within the scope of particle shape factor studies, circularity, roundness and solidity values of Pb-Zn samples in the particle size range of -45+38 μm , -75+63 μm and -150+106 μm were determined. It was observed that average circularity, roundness and solidity values tended to increase as the partial size increased.

The physical, chemical and mineralogical properties of Balıkesir Balya lead-zinc ore, the presence of lead and zinc in the ore and the determination of their relationship with other minerals in the ore are of great importance in choosing the appropriate beneficiation method. With the correct characterization of the ore and then the selection of an appropriate process, high amounts of metal concentrate will be produced. Because the sample is a sulphide, complex and low grade ore, flotation is a suitable method for beneficiation. Since the flotation method is used for the beneficiation of fine-sized liberated ores, the particle size distribution analysis of the sample was examined and it was observed that the mineral can be liberated in fine sizes. In addition, various studies have been conducted to investigate methods that can be alternative to flotation in lead-zinc beneficiation (Aytekin, 1979; Tkacova et al., 1993; Rehman et al., 2009; Ozboz et al., 2017; Abraitis et al., 2018). The characterization tests and particle shape factor studies performed in this study showed that more scientific research can be done on the recovery of lead and zinc contents with known ore processing methods on Balıkesir Balya lead-zinc ore samples, and new methods can be tried.

References

- Abratis P., D. Pattrick R., Kelsall G., Vaughan D. 2004. Acid leaching and dissolution of major sulphide ore minerals: Processes and galvanic effects in complex systems, *Mineralogical Magazine*, 68(2), 343-351.
- Agacayak T., Yilmaz N.B. 2021. Determination of Optimum Flotation Conditions in Niğde (Ulukışla) Complex Pb-Zn Ore, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 27(7), 856-862.
- Avin O., 2011. Mapping of Soil – Geotechnical Parameters of the Reconstruction Plan of Balıkesir Province by Using Arcgis Program, Balıkesir University, School of Natural and Applied Sciences, Geological Engineering Department, Balıkesir, MSc Thesis, 98 p.
- Aykac Y., 2006. Recovery of Zinc From Lead- Zinc Flotation Tailings of Mixed Oxide-Sulfide Pb-Zn Ores by Hydrometallurgical Processes, Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Mining Engineering Department, Istanbul, MSc Thesis, 56 p.
- Aytekin Y., 1979. A Research on the Production Possibilities of Copper-Zinc-Lead Mixed Concentrates by Sulphuric Acid Curing and Solutioning Method, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 92, 24-39.
- Bourourou M., Bouzzenana A., Batouche T., Benselhoub A. 2021. Composition and Processing of Sulphide Lead-Zinc Ores From Chaabet El-Hamra Mine (Setif, Algeria), *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 35-40.
- Bozan S., Demirela G., Kuscı I., 2017. Geology and alteration features of Balya (Balıkesir) Pb-Zn deposit, 70th Geological Congress of Turkey, Ankara.
- Bulut G., 1991. Beneficiation of Balya Lead and Zinc Tailings, Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Istanbul, MSc Thesis, 84 p.
- Can M. N., Celik I. B. 2009-1. Process mineralogy: Its importance in mineral processing, measuring methods and instruments-Part I, *Journal of Mining*, 48(1), 43-53.
- Can M. N., Celik I. B. 2009-2. Process mineralogy: Data evaluation and case study examples-Part II, *Journal of Mining*, 48(2), 11-20.
- Celik Balci N., Gul S., Kilic M. M., Karaguler N. G., Sari E., Sonmez S., 2014. Biogeochemistry of Balıkesir Balya Pb-Zn mine tailings site and its effect on generation of acid mine drainage, *Geological Bulletin of Turkey*, 57(3), 1-24.
- Engin A., 2002. Recovery of Oxide Lead and Zinc Ores in Zamantı Region, Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Mining Engineering Department, Istanbul, MSc Thesis, 62 p.

Fidan E., 2016. Ore Deposits of Anatolia used in prehistorical times, *Journal of Underground Resources*, 5(9), 49-59.

General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Lead, 2021-1. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/kursun> (Visit Date: 25.12.2021).

General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Lead-Zinc, 2022. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/kursun-cinko.pdf> (Visit Date: 09.03.2022).

General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Mining and Energy Resources of Balıkesir Province, 2019. http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden_potansiyel_2010/Balikesir_Madenler.pdf (Visit Date: 22.09.2019).

General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Zinc, 2021-2. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/cinko> (Visit Date: 25.12.2021).

Gul S., 2014. Biogeochemistry of Balıkesir–Balya Pb-Zn Mine Wastes and Investigation of Their Effects on the Generation of Acid Mine Drainage, Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Geological Engineering Department, Istanbul, MSc Thesis, 118 p.

Karadeniz M., 2011. Investigation of Acid Mine Drainage Formation Potential Change with the Depth of Flotation Tailings of Balıkesir Balya Lead Zinc Mine, Hacettepe University, Graduate School of Science and Engineering, Mining Engineering Department, Ankara, PhD dissertation, 228 p.

Martinez C. E., Motto H.L. 2000. Solubility of lead, zinc and copper added to mineral soils, *Environmental Pollution*, 107, 153-158.

Ozboz F., Uysal M., Gul H., Alp A., 2017. Leaching of Complex Sulfured Zinc Ore in Rize Region by Anodic Oxidation Method, 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2017), Baku – Azerbaijan.

Rehman M., Anwar M.A., Iqbal M., Akhtar K., Khalid A.M., Ghauri M.A., 2009. Bioleaching of high grade Pb–Zn ore by mesophilic and moderately thermophilic iron and sulphur oxidizers, *Hydrometallurgy*, 97(1–2), 1-7.

Song Y., Wilson M.J., Moon H.S., Bacon J.R., Bain D.C. 1999. Chemical and mineralogical forms of lead, zinc and cadmium in particle size fractions of some wastes, sediments and soils in Korea, *Applied Geochemistry*, 14,621-633.

State Planning Organisation (DPT), 2001. Mining Special Expertise Commission Report, Metal Mines Subcommittee, Lead-Zinc-Cadmium Working Group Report, Ankara.

Tkacova K., Balaz P., Misura B., Vigdergauz V.E., Chanturiya V.A., 1993. Selective leaching of zinc from mechanically activated complex Cu-Pb-Zn concentrate, *Hydrometallurgy*, 33(3), 291-300.

USGS, Lead Statistics and Information, 2021-1. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/lead-statistics-and-information> (Visit Date: 25.12.2021).

USGS, Zinc Statistics and Information, 2021-2. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/zinc-statistics-and-information> (Visit Date: 25.12.2021).

Zhang Q., Wen S., Feng Q., Zhang S., Nie W. 2020. Multianalysis Characterization of Mineralogical Properties of Copper-Lead-Zinc Mixed Ores and Implications for Comprehensive Recovery, *Advances in Materials Science and Engineering*, 1-16.

Makale Gönderim Tarihi: 19.03.2022

Yayına Kabul Tarihi: 12.05.2022

Saipler Kilinin Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi ve Seramik Sektöründe Kullanılabilirliğinin Araştırılması

*Determination of Soil Properties of Saipler Clay and Investigation of Usability in Ceramic Industry*Mehmet KURUOĞLU^{1*}, Nurcihan TAŞKIN², İlker ÖZKAN³¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Anabilim Dalı, 35390, İzmir/Türkiye² Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Geoteknik Programı, 35860, İzmir/Türkiye³ Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Endüstriyel Cam ve Seramik Programı, 35860, İzmir/Türkiye

*Sorumlu Yazar, e-mail: mehmet.kuruoglu@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6680-5408

Özet

Bu çalışmanın amacı, Saipler kilinin zemin özelliklerini belirlemek ve çeşitli sıcaklıklarda pişirilen kil numuneler kullanılarak seramik özelliklerini karakterize etmektir. Bu amaçla, kil numuneleri önce kimyasal analiz ve X-ışını kırınımı (XRD) ile karakterize edilmiştir. Saipler kilinin mineralojik bileşimine kuvars, kaolin, illit, smektit, dolomit, kalsit, hematit ve ortoklas hakimdir. Saipler kilinin indeks ve mühendislik özellikleri; elek analizi, hidrometre analizi, kıvam limitleri, özgül ağırlık, kompaksiyon, kesme kutusu, serbest basınç ve konsolidasyon deneyleri ile belirlenmiştir. Kil zeminin kıvam limitleri deneylerinden elde edilen veriler, Saipler kilinin yüksek plastisiteli kil (CH) sınıfına girdiğini göstermiştir. Pişirim davranışlarını değerlendirmek için, preslenmiş kil numuneleri 900 ile 1150°C arasındaki sıcaklıklarda ayrı ayrı pişirilmiştir. Pişmiş numuneler su emme, lineer büzülme, kütle yoğunluğu, eğilme mukavemeti, X-ışını kırınımı (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile değerlendirilmiştir. 1050°C'nin üzerinde su emmede azalma ile birlikte lineer büzülme ve eğilme mukavemetinde artış gibi önemli değişiklikler gözlenmiştir. Saipler kilinin zemin özellikleri ve seramik karakteristiklerine dayanılarak, tuğla ve kiremit üretiminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Saipler kili, zemin özellikleri, kil mineralojisi, seramik özellikleri, karakterizasyon.

Abstract

The aim of this study is to determine the geotechnical properties of Saipler clay and to characterize the ceramic properties using clay specimens fired at various temperatures. For this purpose, the clay specimens were characterized by chemical analysis and X-ray diffraction (XRD), firstly. The mineralogical composition of Saipler clay is dominated by quartz, kaolin, illite, smectite, dolomite, calcite, hematite and orthoclase. Index and engineering properties of Saipler clay were determined by sieve analysis, hydrometer analysis, consistency limits, compaction test, specific gravity determination, direct shear test, unconfined compression test, and consolidation test. Data obtained from consistency limits tests showed that Saipler clay can be classified as high plasticity clay (CH). In order to evaluate their firing behavior, pressed clay samples were fired separately at temperatures between 900 and 1150°C. The fired samples were

evaluated by water absorption, linear shrinkage, bulk density, flexural strength, X-ray diffraction (XRD), and scanning electron microscopy (SEM). Above 1050°C, significant changes such as linear shrinkage and increase in flexural strength were observed with a decrease in water absorption. Based on the soil properties and ceramic characteristics, Saipler clay can be used in the production of brick and tiles.

Keywords: *Saipler clay, soil properties, clay mineralogy, ceramic properties, characterization.*

1. Giriş

Kil mineralleri, fizikokimyasal özellikleri, doğada bol miktarda bulunmaları ve nispeten düşük maliyetleri nedeniyle birçok endüstriyel alanda hammadde olarak kullanılmaktadır. Dünya çapında, geleneksel seramik üretiminde temel hammadde killi malzemelerdir. Kil minerallerinin uygulamaları; bileşimlerine, yapılarına ve fiziksel özelliklerine bağlıdır. Killer, pişirim sırasında ağırlıklı olarak seramik özelliklerini belirleyen birçok fiziksel ve kimyasal değişime uğrarlar. Kil minerallerinin pişme sıcaklığı ile değişen fiziksel ve kimyasal özellikleri, endüstriyel seramik hammadde olarak kullanımlarını belirler. Ekonomik nedenlerle, seramik endüstrisi yakındaki yataklardan killi malzemelerin kullanılması tercih edilmektedir. Sonuç olarak, kil minerallerinin karakterizasyonu ve seramik özellikleri, seramik sektöründeki kullanım performansları için önemlidir (Baccour vd., 2009; Bakr, 2011; Carretero vd., 2002; Lahcen vd., 2014; Murray, 1999; Ngun vd., 2011; Pardo vd., 2011; Pialy vd., 2008).

Türkiye'nin Ege bölgesinde bulunan kil yatakları demir oksit içeriklerinden dolayı pişirildiklerinde kırmızı renk almaktadırlar. Bu killer şu anda geleneksel çömlek ve tuğla-kiremit üretimi amaçlı kullanılmaktadır. Torbalı bölgesi ve civarında tuğla kiremit üretiminde kırmızı renkli pişen plastik killer kullanılmaktadır. Bu nedenle Saipler bölgesi killeri, bu fabrikalar için önemli bir hammadde kaynağıdır.

Literatürde Saipler kilinin zemin özellikleri üzerine çok sınırlı çalışmalar yapılmış olmasına rağmen (Taşkın, 2011), Saipler kilinin seramik özellikleri henüz çalışılmamıştır. Literatürdeki bu boşluğu doldurabilmek için bu çalışma (a) kilin zemin özelliklerini belirlemek ve (b) seramik özelliklerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu veriler, çeşitli seramik uygulamalarında hammadde olarak potansiyel uygunluklarını değerlendirmek için çok önemlidir.

2. Materyal ve Yöntem

İzmir ili, Torbalı ilçesi, Saipler bölgesinden alınan kil numuneleri etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulmuş numuneler kullanılarak yıkamalı elek analizi, hidrometre analizi ve kıvam limitleri deneyleri yapılmıştır. Yıkamalı elek analizi uygulanırken, numune önce kurutulmuş, başlangıç kuru ağırlığı tartıldıktan sonra No. 200 (0.076 mm) elek kullanılarak yıkanmıştır (ASTM D 2217). Yıkama sonrası elek üzerinde kalan numune, yeniden etüvde kurutulmuştur. Kurutulmuş numune, ASTM D 422 standardına uygun elek serisi oluşturularak, elek analizi yapılmıştır.

Hidrometre analizi, ASTM D 422 standardına uygun olarak ince daneli zeminlerin dane çapı dağılımının belirlenmesi amacıyla, hidrometre adı verilen cam balon kullanılarak çökme prensibine göre yapılmıştır. No. 200 (0.076 mm) elekten geçen 50 g kil zemin, 125 ml sodyum heksametafosfat (40g/l) çözeltisinde 16 saat bekletilerek zemin danelerinin birbirlerinden ayrılmaları sağlanmıştır. Deneye başlamadan önce, zemin-su süspansiyonu 10 dakika süreyle karıştırıldıktan sonra, 1000 ml hacimli ölçekli silindirik kap (mezür) içerisine boşaltılmıştır. Mezürün 1000 ml hacim ölçek çizgisine kadar su ilave edildikten sonra, ağzı lastik tapa ile kapatılarak bir dakika süre ile çalkalanmış ve düz bir yüzeye yerleştirildikten sonra kronometre tutularak belirli zamanlarda hidrometre okumaları alınmıştır.

Kıvam limitleri deneylerinde ise; kil zeminin likit limit, plastik limit ve rötre limiti değerleri belirlenmiştir. Likit limit deneyi düşen koni yöntemiyle TSE 17892-6 standardına uygun olarak yapılmıştır. Plastik limit deneyi ASTM D 4318, rötre limiti deneyi ASTM D 427 standardına

uygun olarak yapılmıştır. Kilin plastik davranış gösterdiği su içeriği aralığı olan plastisite indeksi değeri belirlenmiştir.

Numunelerin zđul ağırlıkları hava alma (vakum) metodu uygulanarak ve piknometre yöntemi (ASTM D 854) ile belirlenmiştir. Standard Proctor Kompaksiyon deneyi (ASTM D 698) ile, zeminin kompaksiyon değerleri adı verilen, optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlık parametreleri belirlenmiştir. Bu verilerden yola çıkılarak yapılan düşen seviyeli permeabilite deneyi sonucunda, zeminin geçirimliliğini temsil eden permeabilite katsayısı belirlenmiştir.

Zeminin kayma dayanımı parametrelerinin belirlenmesi amacıyla direkt kesme (kesme kutusu) ve serbest basınç dayanımı (q_u) ile drenajsız kayma dayanımının (c_u) saptanması amacıyla serbest basınç deneyi yapılmıştır. Direkt kesme deneyi, ASTM D 3080 standardına uygun olarak, No. 4 elekten geçen numuneler üzerinde yapılmıştır. Numuneler öncelikle optimum su içeriğinde sıkıştırılmış ve boyutları 60 x 60 mm olan kesme kutusu kalıbına yerleştirilerek 12 kg, 24 kg ve 36 kg düşey yük altında 0.75 mm/s kesme hızı uygulanarak kayma göçmesine kadar yüklenmiştir. Deformasyona bağlı yük okumaları, zeminde kayma göçmesi oluşuncaya kadar düzenli olarak alınmıştır. Göçme anındaki kayma gerilmeleri ve kayma dayanımı parametreleri (c ve ϕ) hesaplanmıştır.

Serbest basınç deneyi (ASTM D 2166), serbest basınç dayanımı ve drenajsız kayma dayanımı parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Numuneler boyap oranı 2 olacak şekilde optimum su içeriğinde sıkıştırılarak, silindirik kalıplar içinde hazırlanmıştır. Eksenel yükleme hızı 0.75 mm/s olarak uygulanmış ve yükleme, eksenel deformasyonun azalmaya başlamasına kadar devam etmiştir. Deney sonucunda, serbest basınç dayanımı (q_u), drenajsız kayma dayanımının (c_u) ve sekant elastisite modülü (E_s) değerleri hesaplanmıştır.

Konsolidasyon deneyi ile Saipler kilinin sıkışma parametreleri belirlenmiştir. Bu deneyde örnekler optimum su içeriğinde sıkıştırılarak, çapı 5 cm, yüksekliği 2 cm olan halka (ring) içerisinde hazırlanmıştır. Zemin rneklerinin alt ve st yüzeyine fitre kağıdı ve poröz taş konularak, konsolidasyon hücresine yerleştirilmiştir. Zemin rnekleri üzerine; 0.25, 0.50, 1, 2, 4, ve 8 kg/cm² efektif gerilme uygulanacak şekilde yükleme, daha sonra boşaltma ve yeniden yükleme yapılarak sıkışma parametreleri (ASTM D 2435) belirlenmiştir.

Numunenin kimyasal analizi yapılarak, bünyesindeki oksit içerikleri belirlenmiştir. Numune içerisindeki mineraller XRD analizi ile, numunenin mikroyapısı ise SEM analizi tespit edilmiştir.

Saipler kilinin seramik özelliklerini belirlemek için kil numuneleri tablet haline getirilmiştir. Tablet halindeki numuneleri üretmek için kil numunesi kurutulmuş ve ğtlmştir. Öğütülmüş kil daha sonra ağırlıkça %6 suya kadar nemlendirilmiştir. Nemli tozlar 150 kg/cm² basınç altında preslenerek 100x50x8 mm prizmatik numuneler elde edilmiştir. şekillendirilen numuneler 110°C'de 24 saat kurutulmuş ve yüksek sıcaklık fırını (Nabertherm LH 15/14) kullanılarak 900-1150°C'de pişirilmiştir. Farklı sıcaklıklarda pişirilen numuneler kullanılarak, numunelerin fiziksel zellikleri TS EN ISO 10545-3 standardına uygun olarak belirlenmiştir.

XRD ve SEM karakterizasyon çalışmaları için pişirilen numunelerden 0.5×0.5×0.5 mm boyutlarında kübik numuneler kesilerek, yüzeyleri önce 400, 800 ve 1200 dereceli zımpara kağıtları, ardından ultrasonik olarak aseton ile temizlenmiştir. Artan sıcaklıkla faz değişimleri X-ışını kırınımı (XRD) ile incelenmiştir. Fırınlanan numunelerin mikro yapıları, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanarak analiz edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda pişirilen numunelerin renk ölçümleri (L, a, b renk değerleri) 3NH marka NH-310 model renk ölçüm cihazı ile belirlenmiştir.

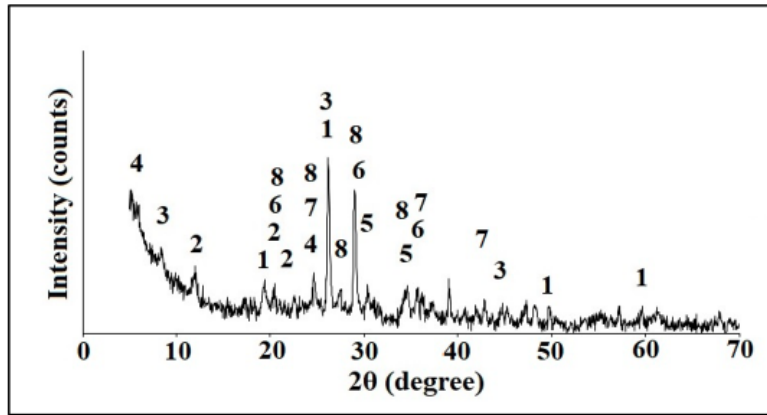
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kimyasal Analiz Bulguları ve Mineralojik Özellikler

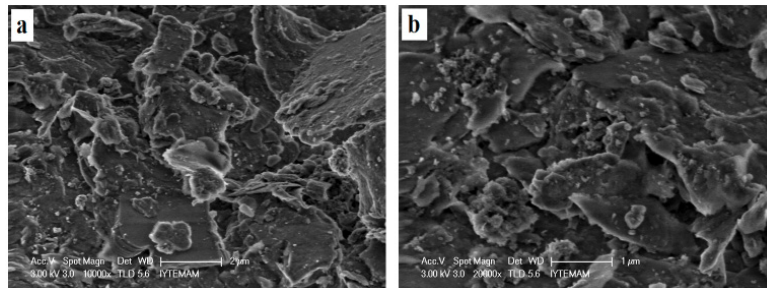
Saipler kiline ait kimyasal analiz bulguları Tablo 1'de verilmektedir. Saipler kilinin kimyasal analizinde, oksitlerin %55.75'ine karşılık gelen kısmı SiO₂ ve Al₂O₃'dir. Ayrıca, %10.68 oranında CaO da mevcuttur. Bu oksitlerin miktarı, numune içerisinde kil mineralleri ve kuvars varlığını işaret etmektedir. Ayrıca tipik Ege bölgesi killeri gibi, önemli miktarda demir oksit ihtiva etmektedir ki, bu oksit pişirme sonrası kile kırmızı rengini vermektedir. Saipler kili numunesinin XRD analizi sonucu, Şekil 1'de gösterilmektedir. Buna göre Saipler kili, kuvars, kaolin, illit, smektit, dolomit, kalsit, hematit ve ortoklas minerallerinden oluşmaktadır. Şekil 2'de kil numunesine ait SEM görüntüleri verilmektedir. Mikroyapı incelendiğinde levhalar halinde kaolinit mineralleri görülmektedir.

Tablo 1. Saipler kilinin kimyasal analiz sonuçları (Taşkın, 2011).

Oksitler	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO
Saipler Kilindeki Oranları (%)	40.38	15.37	6.35	3.49	10.68	0.50	3.20	0.84	0.09



Şekil 1. Saipler kilinin toplam kayaç XRD grafiği (1-Kuvars, 2-Kaolin, 3-İllit, 4-Smektit, 5-Dolomit, 6-Kalsit, 7-Hematit, 8-Ortoklas).



Şekil 2. İşlem görmemiş Saipler kilinin SEM görüntüleri.

3.2. Saipler Kilinin Geoteknik Özellikleri

Saipler kiline ait geoteknik parametreler ayrıntılı bir deneysel çalışma ile belirlenmiş ve elde edilen bulgular Tablo 2'de verilmektedir.

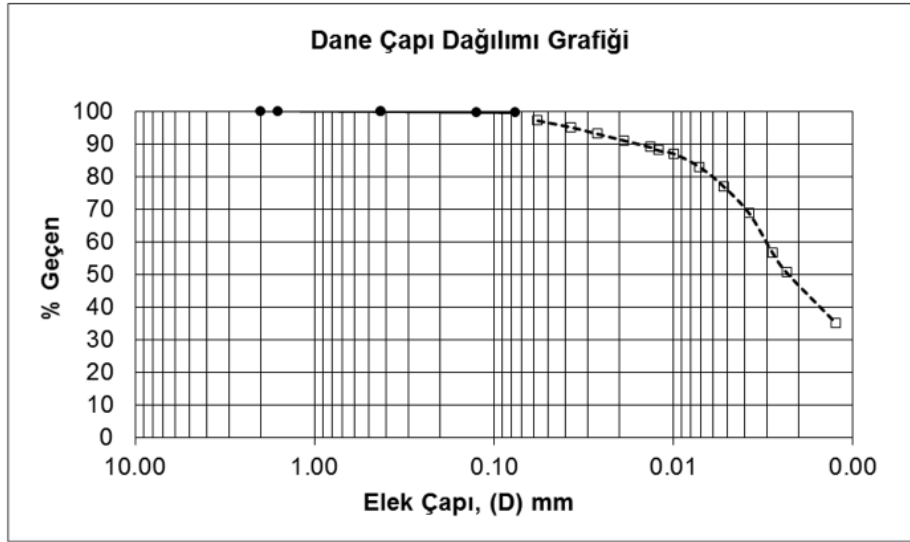
Öncelikle, Saipler kilinin dane çapı dağılımı belirlenmeye çalışılmıştır. Elek analizi sonuçları irdelendiğinde, kil örneğinin tamamının No. 10 (2 mm) elekten geçtiği, No. 40 (0.425 mm) elekten %99.7'sinin geçtiği ve No. 200 (0.076 mm) elekten de %99.4'ünün geçtiği bulgulanmıştır. Buradan, Saipler kilindeki silt ve kil dane boyutundaki danelerin, zeminin %99.4'ünü oluşturduğu görölmektedir. İnce kum boyutundaki daneler ise, %0.6 oranındadır. Hidrometre analizi uygulanarak, silt ve kil oranları belirlenmiştir. Buna göre, 0.002 mm'den küçük dane çaplı kil boyutundaki danelerin oranı (kil yüzdesi), %48 olarak saptanmıştır. Saipler kilinin elek analizi ve hidrometre analizinden elde edilen Dane Çapı Dağılım Grafiği, Şekil 3'de gösterilmiştir.

Plastisite, kil bazlı ürünlerin üretiminde en önemli parametrelerden biridir. Kıvam limitleri deney bulgularına göre, Saipler kilinin likit limit (ωL), plastik limit (ωP), ve plastisite indeksi (IP) değerleri sırasıyla %52, %26 ve %26 olarak belirlenmiştir. Saipler kilinin rötire limiti, (ωS) değeri de %17 olarak saptanmıştır.

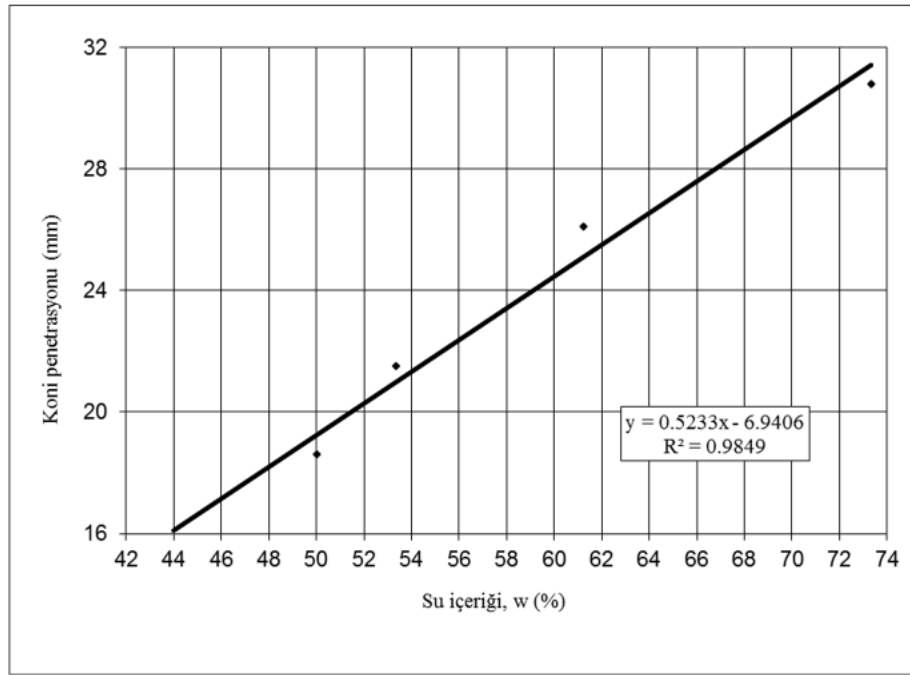
Tablo 2. Saipler kili geoteknik parametreleri (Taşkın, 2011)

ZEMİN ÖZELLİKLERİ		Saipler Kili
ELEK ANALİZİ	-No. 10 (2 mm), (%)	100.0
	-No. 40 (0.425 mm), (%)	99.7
	-No. 200 (0.076 mm), (%)	99.4
KİL YÜZDESİ	<0,002 mm, (%)	48
KIVAM LİMİTLERİ	Likit Limit, ω_L (%)	52
	Plastik Limit, ω_P (%)	26
	Plastisite İndeksi, IP (%)	26
	Rötre Limiti, ω_S (%)	17
AKTİVİTE	A	0.55
ÖZGÜL AĞIRLIK	G_s	2.63
Standard Proctor Kompaksiyon Değerleri	$\gamma_{d,max}$ (t/m ³)	1.67
	ω_{opt} (%)	17.0
Permeabilite Katsayısı	k (cm/sn)	1.1×10^{-8}
Kesme Kutusu Deneyi: Kayma Dayanımı Parametreleri	ϕ (°)	35
	c (kN/m ²)	90
Serbest Basınç Dayanımı	q_u (kN/m ²)	260
Drenajsız Kayma Dayanımı	c_u (kN/m ²)	130
Elastisite Modülü	E_s (kN/m ²)	15000
Konsolidasyon Deneyi	C_c, e_0, σ'_c (kg/cm ²)	0.2, 0.6, 0.9
ZEMİN SINIFI	USCS sınıflandırma sistemine göre	CH

Likit limit değeri, düşen koni yöntemi (TSE 17892-6, 2007) ile belirlenmiştir. Şekil 4'de verilen su içeriği (%) - koni penetrasyonu (mm) grafiğinde, 20 mm penetrasyon değerine karşılık gelen su içeriği, zeminin likit limitini vermektedir. Buna göre, Saipler kilinin likit limit (ω_L) değeri, %52 olarak saptanmıştır.



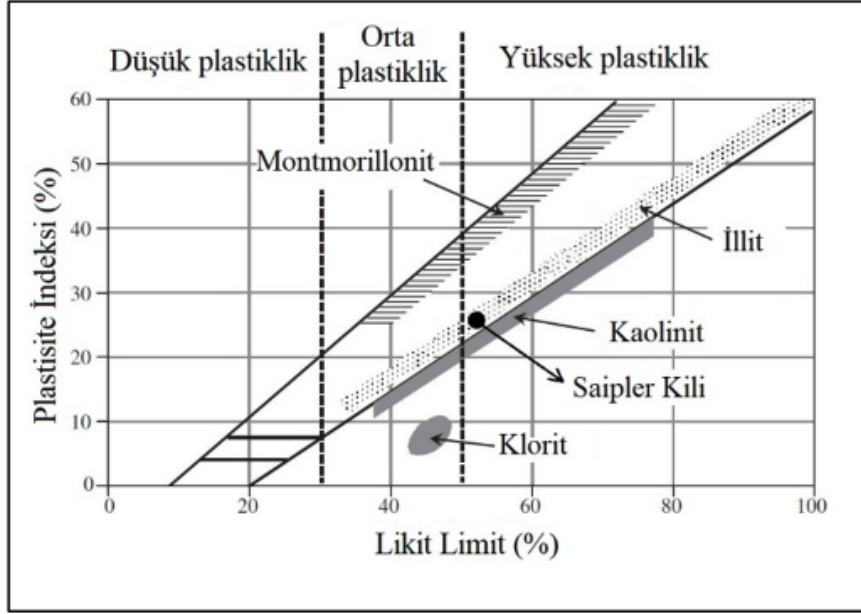
Şekil 3. Saipler kili dane çapı dağılım grafiği (Taşkın, 2011)



Şekil 4. Saipler kili likit limit değerinin düşen koni yöntemi ile belirlenmesi (Taşkın, 2011)

Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne (USCS) göre, No. 200 (0.076 mm) elekten geçen danelerin oranının %50'den fazla olması durumunda, zemin "ince daneli" olarak nitelendirilir ve grup sembolü belirlenirken plastisite kartı kullanılır. Saipler kil numunesinin dane çapı dağılımı incelendiğinde, zeminin %50'den fazlası No. 200 elekten geçmektedir.

Saipler kiline ait likit limit (%) ve plastisite indeksi (%) değerleri, plastisite kartı (Holtz ve Kovacs, 2002) üzerinde işaretlendiğinde, Saipler kilinin yüksek plastisiteli kil (CH) sınıfına girdiği görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Saipler kiline ait ωL - I_p değer çiftinin plastisite kartındaki konumu.

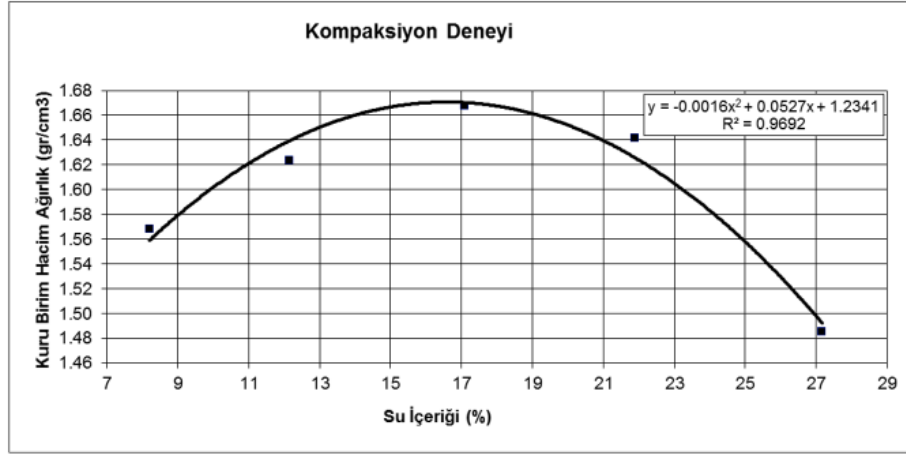
Pratik açıdan %10'dan düşük plastisite indeksi değerleri, ekstrüzyon işlemi sırasında çatlama riskinden dolayı seramik üretimi için uygun değildir. Bu nedenle, üretimde kullanılacak kilin plastisite indeksi %10'un üzerinde olmalıdır ve Saipler kili %26 plastisite indeksi ile, bu değeri karşılamaktadır (Zghal vd., 2012). Saipler kilinin rötre limiti, %17 değerinde saptanmıştır. Rötre limiti değeri, kurutulduğunda minimum hacme ulaştığında zemin suya doymun durumdayken sahip olacağı su içeriğini temsil etmektedir. Saipler kili numunelerinde hacim değişimi olmadan bünyesine su alabilme kapasitesinin yüksekliği, numunenin stabilitesini koruma kapasitesinin yüksek olduğunu ve sabit hacimde boşluklarında yeterli miktarda su tutabildiğini ifade etmektedir.

Saipler kili için, Plastisite indeksinin kil içeriğine (C) oranı olarak hesaplanan aktivite (A) değeri, 0.55 olarak bulunmuştur. Bir zemin, $A < 0.75$ ise aktivitesiz olarak nitelenir (Craig, 2004). Kaolin ve Montmorillonit (bentonit kilinin temel kil minerali) türü kil minerallerinin aktiviteleri sırasıyla 0.38 ve 7.2'dir. Saipler kili de, önemli oranda kaolin minerali içerdiğinden, aktivite değeri düşük olup, kıvam limitleri kaolin türü killerde belirlenen değerlerle uyumludur. Kil içeriğinin artması ile birlikte plastisite de çok yüksek değerlere ulaşabilmekte ve bentonit kilinde %400'lere ulaşan ve hatta bu değeri geçen likit limit değerleri belirlenebilmektedir (Mollins vd., 1996; Sun vd., 2013).

Saipler kili örneği kaolin grubu minerallerden (dane birim hacim ağırlığı $2.61-2.68 \text{ g/cm}^3$) olduğundan, özgül ağırlığı killerin genel aralığına göre ($2.70-2.75$) biraz düşük olarak, 2.63 değerinde belirlenmiştir.

Permeabilite katsayısı, zeminin geçirimsizliğinin göstergesidir. Saipler kilinin permeabilite katsayısı, düşen seviyeli permeabilite deneyinden $1.1 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$ olarak bulunmuştur. Zeminlerin permeabilite katsayısına bağlı olarak sınıflandırılması (Craig, 2004) esas alındığında, Saipler kili geçirimsiz zeminler sınıfına girmektedir.

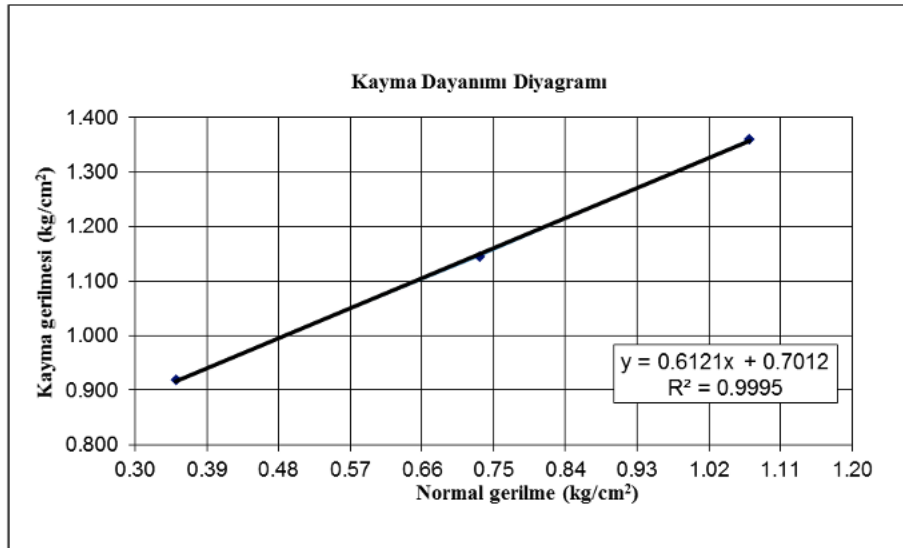
Standard Proctor kompaksiyon deneyi yapılarak, Saipler kilinin kompaksiyon değerleri, maksimum kuru birim hacim ağırlık, $\gamma_{d,max} = 1.67 \text{ t/m}^3$ ve optimum su içeriği, $\omega_{opt} = \%17$ olarak belirlenmiştir. Saipler kili için yapılan kompaksiyon deneyinden elde edilen sıkıştırma diyagramı Şekil 6'da verilmektedir.



Şekil 6. Saipler kili için elde edilen sıkıştırma diyagramı (Taştın, 2011)

Zeminin indeks özelliklerinin belirlenmesi ve sınıflandırılmasının ardından, mühendislik özelliklerinin saptanmasına geçilmiştir. Saipler kilinin kayma dayanımı parametreleri serbest basınç deneyi ve direkt kesme (kesme kutusu) deneyi yapılarak elde edilmiştir. Serbest basınç deneyinde (ASTM D 2166), kil zemin aksenal yük altında kayma göçmesine kadar yüklenmiş, deney sonucunda serbest basınç dayanımı (q_u) değerinin yaklaşık 260 kN/m^2 , drenajsız kayma dayanımının (c_u) ise, 130 kN/m^2 değerinde olduğu saptanmıştır. Deneyden elde edilen sekant elastisite modülü, $E_s = 15000 \text{ kN/m}^2$ değerindedir. Bu değerler, kaolin minerali içeren killerden elde edilen değerlerle uyumludur (Holtz ve Kovacs, 2002). ASTM D 3080 standardına uygun olarak, Saipler kili üzerinde direkt kesme (kesme kutusu) deneyleri uygulanmıştır. Bu deneyden elde edilen kayma dayanımı diyagramı Şekil 7'de verilmektedir. Deney sonucunda, kayma dayanımı parametreleri olarak, $c \approx 90 \text{ kN/m}^2$, $\phi \approx 35^\circ$ değerleri elde edilmiştir.

Saipler kilinin sıkışma parametrelerini belirlemek üzere konsolidasyon deneyleri, ASTM D 2435'e uygun olarak gerçekleştirilmiştir. 2.0 cm yüksekliğinde halka içerisinde hazırlanan zemin örnekleri üzerine; 0.25, 0.50, 1, 2, 4, ve 8 kg/cm^2 efektif gerilmeler 24'er saat uygulanarak yükleme yapılmış, daha sonra efektif gerilmeler kademeli olarak azaltılmış ve boşaltma yapılmış, yeniden yükleme yapılarak sıkışma eğrisinin takibi sağlanmıştır. Konsolidasyon deneyinin değerlendirilmesi sonucunda, sıkışma indeksi, $C_c = 0.2$ değerinde, başlangıç (doğal) boşluk oranı $e_0 = 0.6$ değerinde, önyüklemeye basıncı $\sigma'_c = 0.9 \text{ kg/cm}^2$ değerinde hesaplanmıştır. Zemin, normal konsolide (NC) kil özelliğindedir. Sıkışma indeksi çok yüksek değerde değildir, bunun nedeni Saipler kilinin Torbalı bölgesinden temin edilen karasal kökenli bir kil olmasıdır. Denizel kökenli, kalın alüvyon çökellerinde yer alan organik içerikli killerde (örneğin İzmir Körfezi kıyı zeminlerinde 8.0-15.0 m derinlik aralığında yaygın olarak rastlanan killerde) sıkışma indeksi değerleri 0.45-0.5 değerlerinde, doğal boşluk oranı ise 1.2-1.5 değerlerinde belirlenebilmiştir. Sıkışma parametreleri irdelendiğinde, İzmir Körfezi kıyı zeminleri yüksek oturma potansiyeline sahipken, Saipler kili düşük oturma potansiyeli göstermektedir.



Şekil 7. Saipler kili için kesme kutusu deneyinden elde edilen kayma dayanımı diyagramı (Taşkın, 2011)

3.3. Saipler Kilinin Seramik Özellikleri

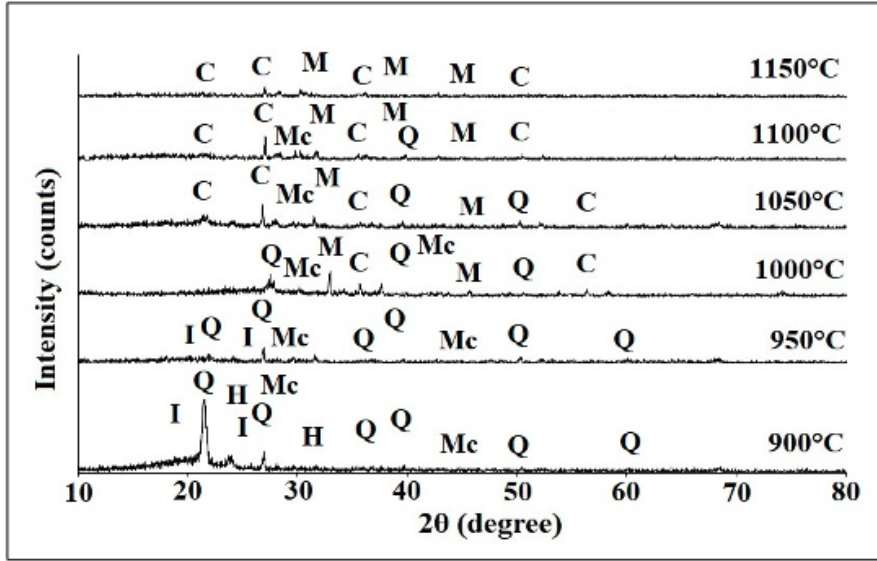
Saipler kilinin seramik özellikleri incelenirken, öncelikle farklı sıcaklıklarda pişirilen kilin fiziksel özelliklerindeki değişim araştırılmıştır. Tablo 3'de, farklı sıcaklıklarda pişirilen kil örneklerinin su emme, lineer büzülme, birim hacim ağırlık ve nisbi gözeneklilik değerleri verilmektedir. Sonuçlar, 900 ila 1100°C arasında çok büyük bir değişiklik olmadığını göstermektedir. Pişirme sıcaklığı arttıkça, açık gözeneklerin içine girerek hacmini azaltan bir sıvı faz oluşumu meydana gelir. Açık gözeneklerin hacmi, su emme değerlerini etkiler. Su emme değeri, numunelerin yoğunluğunun artması ile yakından ilişkilidir (Baccour vd., 2009).

Tablo 3. Farklı sıcaklıklarda pişirilen Saipler kilinin fiziksel özellikleri.

Sıcaklık (°C)	Su emme (%)	Lineer büzülme (%)	Birim hacim ağırlık (t/m³)	Nisbi gözeneklilik (%)
900	20.26	0.20	1.80	35.77
950	20.05	0.23	1.81	35.12
1000	19.48	0.35	1.84	43.06
1050	19.45	0.38	1.86	33.72
1100	18.63	0.45	1.90	32.40
1150	15.48	0.72	1.99	27.43

Kil numunelerinin artan sıcaklık ile yoğunluklarının artma davranışı, kilin içerdiği ergitici oksit içeriğinden (K_2O ve Fe_2O_3) kaynaklanmaktadır. Saipler kili düşük miktarda ergitici alkali oksitlere sahip olmasına rağmen (Tablo 1), yüksek miktardaki demir oksidin yoğunluk artışında anahtar rol oynadığı düşünülmektedir. Bu durum, camı faz oluşumunu destekler niteliktedir (Milheiro vd., 2005). Sonuç olarak, artan sıcaklıkla su emme değerleri azalma, lineer büzülme değerleri artma, birim hacim ağırlık değerleri artma, gözeneklilik değerleri azalma eğilimi göstermiştir. Bu eğilim, 1100°C'nin üzerinde çok daha belirgin hale gelmektedir.

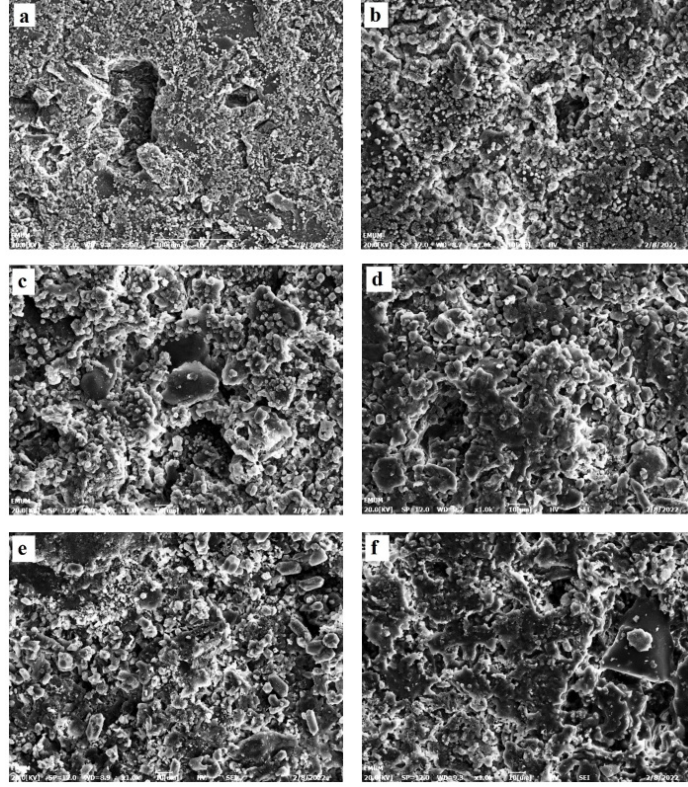
900°C ile 1150°C arasındaki farklı sıcaklıklarda pişirilmiş kil örneklerinin x-ışını kırınım grafikleri Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 8. Farklı sıcaklıklarda pişirilen Saipier kilinin XRD grafiği (Q: kuvars, I: illit, H: hematit, M: müllit, C: kristobalit, Mc: mikroklin)

Killerin pişirilmeleri sırasında bozunma ve faz dönüşüm süreçleri gerçekleşir (Baccour vd., 2009). Saipier kilinde 900°C ve üzerinde kaolin piklerinin olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni, yüksek sıcaklıklarda kaolinitin metakaolene dönüşmesidir. Kuvars, hematit ve illit pikleri halen görülmektedir. 1000°C’de illit piklerinin kaybolduğu ve 1050°C’de kristobalit ve müllit fazlarının gelişmeye başladığı görülmektedir. 1150°C’de ise, sadece kristobalit ve müllit fazları tespit edilmiştir.

Farklı sıcaklıklarda pişirilen kil örneklerinin mikroyapıları Şekil 9 (a-f)’de verilmektedir. Artan pişirme sıcaklıklarında alınan SEM görüntüleri, sıcaklık artışıyla birlikte tipik olarak artan yoğunlaşmayı göstermektedir. 900 ile 1050°C arasında, numune yüzeylerinde benzer boyutta mikroskobik gözeneklerin ve boşlukların mevcut olduğu ve mikroyapısal özelliklerin çok değişmediği görülmektedir. 1050°C’nin üzerinde kil mineral danelerinin birleşmeye başladığı ve gözenekliliğin azalmaya başladığı gözlemlenmiştir. 1100°C’de numune yüzeyindeki gözeneklerin boyutlarının küçüldüğü ve sayıca azaldığı belirlenmiştir, bu durum kil daneleri arasında sinterleşme ile birlikte sıvı faz oluşumunun başlaması ile açıklanabilir. 1150°C’de ise sıvı faz oluşumlarından dolayı yapı çok yoğundur, buna rağmen gözeneklerin küçük boyutta da olsa hala mevcut olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 9. Farklı sıcaklıklarda pişirilen Saipler kili numunelerinin mikro yapıları: (a) 900°C, (b) 950°C, (c) 1000°C, (d) 1050°C, (e) 1100°C, (f) 1150°C.

Pişişmiş kil numunelerin renkleri L, a, ve b değeri ölçülerek karşılaştırılmıştır (Tablo 4). Burada 'L' değeri renk açıklığı ölçeğini ifade etmektedir ve 0 değeri siyah, 100 değeri beyaz rengi belirtir. 'a' değeri kırmızı-yeşil ölçeğini ifade etmektedir. Negatif değerler yeşil, 0 nötr ve pozitif değerler kırmızılığı belirtir. 'b' değeri ise mavi-sarı ölçeğini ifade etmektedir. Burada pozitif değerler sarı, negatif değerler mavi ve 0 ise nötr durumu belirtmektedir. Pişirme sıcaklığı arttıkça numunelerin L değerlerinde artış gözlenmiştir. Kilin yapısında bulunan CaO içeriğinin bu artışa neden olduğu düşünülmektedir. Ancak, 1100°C'nin üzerinde, kilin gözenek boyutlarının küçülmesi, kil daneleri arasında sinterleşme ve sıvı faz oluşumuna bağlı olarak L değerinde bir miktar azalma meydana gelmiştir. Pişme sonrası kırmızı renk oluşumuna neden olan Fe₂O₃ içeriği nedeniyle 'a' değerlerinin pozitif değerde olduğu, 950-1100°C arasında azalma eğilimi gösterdiği, özellikle 1100°C ve üzerinde 'a' değerlerinin 10'un altına indiği görülmektedir. Benzer şekilde, 'b' değerlerinin sarı renk oluşumunu gösteren pozitif değerlerde olduğu, 950-1100°C arasında azalma eğilimi taşıdığı, ancak 1100°C'nin üzerinde önemli miktarda artış gösterdiği saptanmıştır.

Tablo 4. Farklı sıcaklıklarda pişirilen kil numunelerinin renk değerleri.

Sıcaklık (°C)	L	a	b
900	61.72	13.70	23.71
950	61.97	13.89	26.54
1000	63.82	12.88	24.89
1050	64.17	11.79	23.73
1100	67.14	9.58	22.77
1150	63.41	9.72	28.83

L: Siyah-beyaz renk açıklığı ölçeği (0: siyah, 100: beyaz)

a: Kırmızı-yeşil ölçeği (Pozitif değerler kırmızı, negatif değerler yeşil, 0: nötr)

b: Mavi-sarı ölçeği (Pozitif değerler sarı, negatif değerler mavi, 0: nötr)

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Torbalı bölgesinden temin edilen Saipler kilinin zemin özellikleri belirlenmiş ve seramik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada öncelikle, Saipler kilinin kimyasal analizi ve X-ışını kırınımı (XRD) analizi yapılarak kilin bünyesinde baskın olan oksitler belirlenmiştir. Saipler kilinin kimyasal analizinde baskın oksitler SiO_2 , Al_2O_3 , CaO ve Fe_2O_3 'tür. XRD analizi, Saipler kili içerisinde kuvars, kaolin, illit, smektit, dolomit, kalsit, hematit ve ortoklas bulunduğunu göstermiştir. Daha sonra, Saipler kilinin geoteknik özellikleri incelenmiştir. Saipler kilinin indeks özellikleri; elek analizi, hidrometre analizi, kıvam limitleri, özgül ağırlık ve kompaksiyon deneyleri yapılarak belirlenmiştir. Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS)'ne göre, Saipler kili yüksek plastisiteli kil (CH) sınıfına girmektedir. Saipler kilinin mühendislik özellikleri; direkt kesme (kesme kutusu), serbest basınç ve konsolidasyon deneyleri ile belirlenmiştir. Mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden, kilin kayma dayanımı ve sıkışma parametreleri elde edilmiştir. Saipler kilinin seramik özellikleri su emme, lineer büzülme, birim hacim ağırlık, nisbi gözeneklilik, X-ışını kırınımı (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile değerlendirilmiştir. Kilin fiziksel özelliklerinde 1100°C'ye kadar önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. 1100°C'de birim hacim ağırlık ve lineer büzülmede artış gözlenirken, su emme değerlerinde azalma olmuştur. Kil numunelerinin artan sıcaklıklarda pişirilmesi sonucunda (>1100°C) içerdiği fazlarda dönüşüm meydana gelmiş ve nihai fazlar kristobalit ve müllit olmuştur. Artan pişirme sıcaklıklarında alınan SEM görüntüleri, sıcaklığın artmasıyla gözenekliliğin azaldığını ve birim hacim ağırlığın arttığını göstermiştir.

Bu değerlendirmeler ışığında, Saipler kilinin tuğla ve kiremit üretimi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmanın, Saipler kili hakkında deneysel araştırmaya dayalı bilgi birikiminin artmasına ve kil yatağının doğru değerlendirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

Kaynaklar

ASTM D 2166, 2008. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil. United States.

ASTM D 2217-85, 1998. Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants. United States.

ASTM D 2435-96, 1996. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils. United States.

ASTM D 3080-04, 2004. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. United States.

ASTM D 422-63, 2007. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. United States.

ASTM D 427-04, 2004. Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method. United States.

ASTM D 4318-10, 2010. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. United States.

ASTM D 698-07e1 2007. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort. United States.

ASTM D 854-02, 2010. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. United States.

Baccour, H., Medhioub, M., Jamoussi, F., Mhiri, T., 2009. Influence of firing temperature on the ceramic properties of Triassic clays from Tunisia. *Journal of Materials Processing Technology*. 209, 2812-2817.

Bakr, I.M., 2011. Densification behavior, phase transformations, microstructure and mechanical properties of fired Egyptian kaolins. *Applied Clay Science*. 52, 333-337.

Carretero, M.I., Dondi, M., Fabbri, B., Raimondo, M., 2002. The influence of shaping and firing technology on ceramic properties of calcareous and non-calcareous illitic-chloritic clays. *Applied Clay Science*, 20, 301-306.

Craig, R.F., 2004. *Craig's Soil Mechanics*. Spon Press, Taylor & Francis Group, 7th Edt. London, England, 447 p.

Holtz, R.D., Kovacs, W.D., 2002. *Geoteknik Mühendisliğine Giriş*. Çeviri: Kamil Kayabalı, Gazi Kitabevi, Ankara, 636 s.

Lahcen, D., Hicham, E.E., Latifa, S., Abderrahmane, A., Jamal, B., Mohamed, W., Meriam, E., Nathalie, F., 2014. Characteristics and ceramic properties of clayey materials from Amez Miz region (Western High Atlas, Morocco). *Applied Clay Science*. 102, 139-147.

Milheiro, F.A.C., Freire, M.N., da Silva, A.G.P., Holanda, J., 2005. Densification behaviour of a red firing Brazilian kaolinitic clay. *Ceramics International*. 31(5), 757-763.

Mollins, L.H., Stewart, D.I., Cousens, T.W., 1996. Predicting the properties of bentonite-sand mixtures. *Clay Minerals*. 31, 243-252.

- Murray, H. H. 1999. Applied clay mineralogy: today and tomorrow. *Clay Minerals*, 34, 39-49.
- Ngun, B.K., Mohamad, H., Sulaiman, S.K., Okada K., Ahmad, Z.A., 2011. Some ceramic properties of clays from central Cambodia. *Applied Clay Science*. 53, 33-41.
- Pardo, F., Meseguer, S., Jordán, M.M., Sanfeliu, T., González, I., 2011. Firing transformations of Chilean clays for the manufacture of ceramic tile bodies. *Applied Clay Science*. 51, 147-150.
- Pialy,P., Nkoumbou,C., Villie' Ras, F., Razafitianamaharavo, A., Barres, O., Pelletier, M., Ollivier,G., Bihannic, I., Njopwouo, D., Yvon J., Bonnet, J. P., 2008. Characterization for industrial applications of clays from Lembo deposit, Mount Bana (Cameroon). *Clay Minerals*, 43, 415-435.
- Sun, D.A., Zhang, J.Y., Zhang, J.R., Zhang, L., 2013. Swelling characteristics of GMZ bentonite and its mixtures with sand. *Applied Clay Science*. 83, 224-230.
- Taşkın, N., 2011. İzmir Yöresine ait dört zemin örneğinin malzeme özellikleri ve katı atık alanlarında bariyer zemin olarak kullanılabilirliğinin araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, İzmir, Yüksek Lisans Tezi, 164 s (yayınlanmamış).
- TS EN ISO 10545-3, 2000. Ceramic Tiles - Part 3: Determination of Water Absorption, Apparent Porosity, Apparent Relative Density and Bulk Density. Ankara.
- TSE 17892-6, 2007. Geoteknik Etüt ve Deneyler -Zemin Laboratuvar Deneyleri- Düşen Koni Deneyi, Ankara.
- Zghal, H.B., Medhioub, M., Mhiri, T., 2012. Characteristics of Triassic clays and properties of building ceramics. *Journal of Ceramic Processing Research*. 13(3), 202-209.

Makale Gönderim Tarihi: 07.05.2022

Yayına Kabul Tarihi: 15.07.2022

Effects of Precipitation on Slope Stability in Open Mines: A Case Study

Açık Madenlerde Yağışların Şev Stabilitesine Etkisi: Örnek Çalışma

C. Okay Aksoy^{*1}, G. Gülsev Uyar Aksoy², Burak Aktaş³, Ahmet Seyyar³, Yavuz Aydemir³

¹ *Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Department of Mining Engineering, Izmir-Turkey*

² *Hacettepe University, Engineering Faculty, Department of Mining Engineering, Ankara-Turkey*

³ *TÜMAD Mining Co., Ankara-Turkey*

Abstract

Today, open pit depths are increasing. As parallel, stability problems are also increasing. There are many parameters that affect the slope stability in open pits. Parameters such as rock mass quality, rock strength and groundwater level are directly effective parameters on slope stability. Groundwater and/or surface waters (such as precipitation, river etc.) also affect the stability of slopes depending on the permeability of the rock mass structure. Designers often do not consider the effect of surface waters on slope stability in open pit planning. In this study, it is explained that in an open pit design in which the effects of precipitation are also included in the design, there is no failure even though the amount of deformation on the slopes increases. In addition, how effective these precipitations are on the stability was explained.

Keywords: Open Pit, Precipitation, Deformation, Slope Stability, Rock Mechanics, Groundwater

Özet

Günümüzde açık ocak derinlikleri artmaktadır. Buna paralel olarak stabilite sorunları da artmaktadır. Açık ocaklarda şev stabilitesini etkileyen birçok parametre vardır. Kaya kütlesi kalitesi, kaya dayanımı ve yeraltı suyu seviyesi gibi parametreler şev stabilitesi üzerinde doğrudan etkili parametrelerdir. Yeraltı ve/veya yüzey suları (yağış, nehir vb.) kaya yapısının geçirgenliğine bağlı olarak şev stabilitesini de etkiler. Tasarımcılar, açık ocak planlamasında genellikle yüzey sularının şev stabilitesi üzerindeki etkisini dikkate almazlar. Bu çalışmada, yağış etkilerinin dahil edildiği bir açık ocak tasarımında, şevlerdeki deformasyon miktarı artsa bile yenilme olmadığı ve bu yağışların stabilite üzerinde ne kadar etkili olduğu açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Açık İşletme, Yağış, Deformasyon, Şev Stabilitesi, Kaya Mekaniği, Yeraltı suyu

1. Introduction

As it is known, one of the important problems in open pit mining is the stability of the slope system. This problem increases as the depth increases. The importance of the work in terms of engineering measurements by considering the geometry and geology of the slopes and the establishment of a monitoring system based on them is very huge. As a result of this monitoring, by finding the amount and speed of the movements on the slopes, the necessary movements on the slopes can be determined by the engineers or measurement system. This is to ensure that the engineers take precautions against these movements. The important thing here is the design. Designers determine the geometry by considering many factors in the open pit. One of the important points in this planning is to make a design that will prevent problems in stability as the open pit deepens. There are several methods used in open pit mine design. Since the slope, height, crack geometry, roughness, filling material and water condition of discontinuities can change at any time, no formula or chart has been found for the stability of rock slopes that can be applied by anyone to date. However, many researchers have suggested various analysis methods. The most commonly used stability analysis methods are (Kesgin, 2008):

- Empirical methods,
- Stress analysis methods;
- Photoelasticity methods,
- Finite element method,
- Limit balance method;
- Vector analytical method,
- Stereographic projection method,
- Physical model methods;
- Stationary scaled model method,
- Moving (kinematic) model method

Among these methods, slope stability analyzes can be made by means of charts that take groundwater into account. However, the most sensitive analysis among the analysis methods can be done with the numerical modeling method. With the development of technology, the open pit phases are also examined with this method and it is possible to apply different geometries at different times (Aksoy et. al., 2016; Uyar and Aksoy, 2019).

Bu analizler sonrası gerçekleştirilecek olan madencilik faaliyetlerinin devamlı suretle gözlemlenmesi gerekmektedir. Bu gözlem olası riskleri ortadan kaldırmak amacıyla yapılır. Mühendislik faaliyetleri (kazı, patlatma vb) sonrasında ilk hali bozulan ve denge şartları değişen doğanın deforme olması beklenmektedir. Bu deformasyonun belli sınırlar içinde olması arzulanır. Bu sınırlar, arazi şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu deformasyonlar jeodezik yöntemlerle izlenirler. Jeodezik yöntemlerin kullanılabilmesi için noktalar arası yada noktalar ile uydu arasında bağlantı olması gerekir. Bu bağlantının olmadığı durumlarda jeodezik olmayan yöntemler de kullanılabilir (Kuang, 1996).

In geodetic monitoring, the point obtained from the repeated measurements of the control network at appropriate time intervals, which consists of selected points in the characteristic places of the landslide area where movement is expected, where movement is not likely, and which is suspected to move. The method, which is based on the proof of the change in coordinates with mathematical and statistical test methods, can be used for retaining walls, drainage, etc. in the

landslide area. It can also be applied to control the effectiveness of these measures taken by applying them after the measures (Altan et al., 1991).

In recent years, many researchers interested in this subject have put forward different studies for modeling the data obtained from the field. They used many different methods such as inclinometer, radar tracking, geodetic tracking to collect deformation data in the field, and then combined these data with laboratory test results and tried to model the database they obtained with various methods and analyze the instability mechanism (Ozsen, 2017).

Frastia et al. (2014) using the geodetic method, Kaizong et al. (2016) akintg measurements with GPS, Zhao et al. (2015) followed the deformations using the GB-InSAR method and Osasan and Stacey (2014) using the radar tracking method. The main purpose of these monitoring is to predict instability problems.

In this study, the effects of precipitation on slope stability were investigated by long-term deformation and precipitation monitoring in a metallic ore mine. Although there is no slope failure in the mine, the increase in deformations with precipitation is clearly seen. On the other hand, the absence of any failure with the increase in deformation also shows that the open pit design was done safely.

2. Geology of Research Mine

The pre-Tertiary formations of the Biga Peninsula are the Çamlıca and Palamut metamorphics, the Denizgören Ophiolite and the Çetmi Melange.

Tertiary units in the region unconformably overlie the older basement rocks and begin with andesitic and dacitic lavas and pyroclastics covering large areas in the region. Middle Eocene aged granitoids were emplaced in these rocks, which are known as the Beyçayır formation.

Fıçitepe Formation, which covers the older formations unconformably, shows delta and river deposition together with conglomerate, sandstone and shale containing thin coal layers. Şahinli formation and Fıçitepe formation are followed by Soğucak formation and this formation contains reefal limestone, the contact cannot be clearly observed.

One of the products of the volcanism, in which there are rich ore deposits, is the Hallaçlar Volcanite, and it consists of altered andesite, basaltic andesite lava and pyroclastics from place to place. Shallow intrusions of generally granodioritic composition, which originate the volcanism, are called Oligomiocene Granitoids since they emplaced in the region in the Oligocene-Early Miocene interval. A generalized stratigraphic section of the region is given in Figure 1.

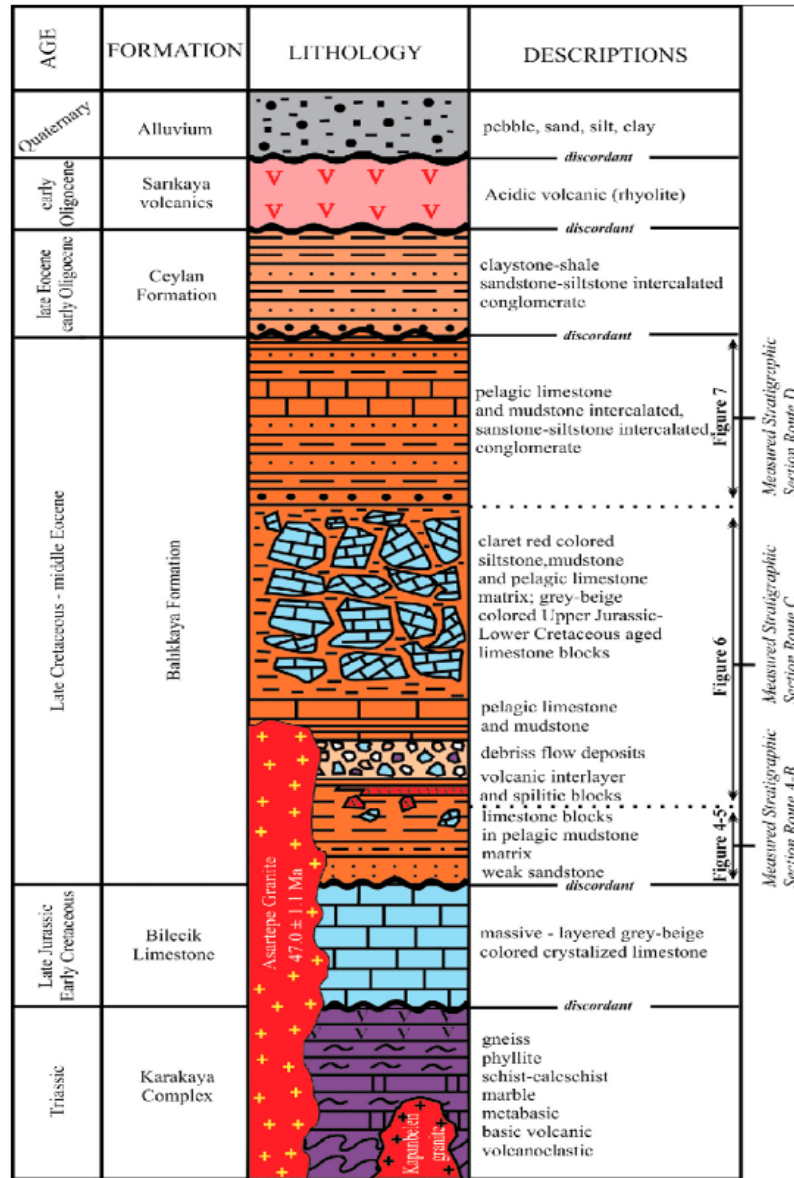


Figure 1. Biga peninsula extended stratigraphic section

3. Monitoring

In the field deformation measurements, a method that can manage and analyze the data coming from different types of sensors together was used. Thanks to the method used in tracking, deformation measurements can be taken on reflectors placed at many deformation points, thanks to its sensitivity and long-range target recognition feature. Tilt sensors detect displacements in the x and y axes, detect displacements at reference GNSS points and TPS monitoring points. The general scheme of the principle used in monitoring is given in Figure 2.

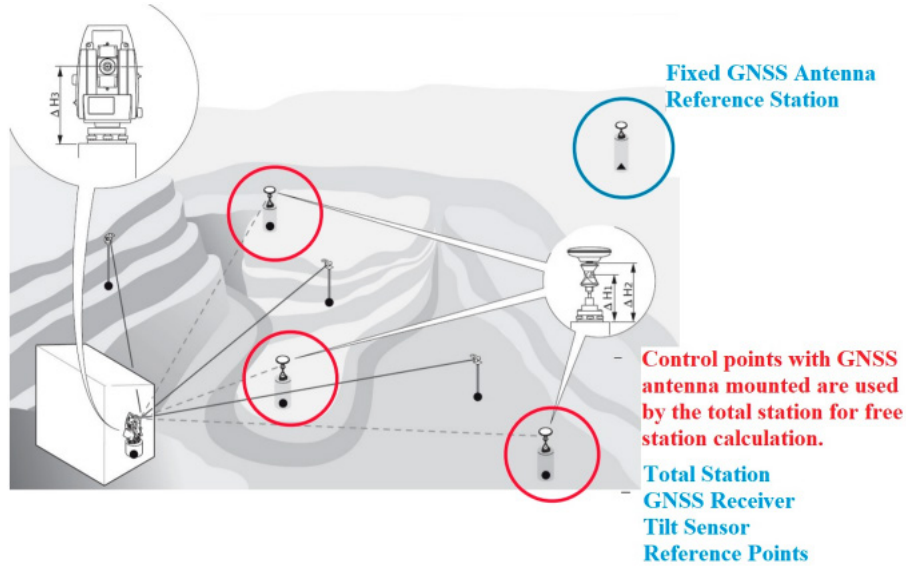


Figure 2. Principle of Monitoring System

4. Field Information and Field Research

The open pit in which the study was conducted is a metallic mine field within the borders of Çanakkale Province. As a result of the mining activities carried out in the field, the open pit is getting deeper. The dominant geological units in the open pit mine include Quartz-Felapat-Porphry units and Micaschist units. Permeability is very low in both units. No slope failure has been observed to date. Only minor spills occur on the slopes after precipitation, depending on the rock structure. It is thought that the main cause of these spills is also precipitation. Although there is an increase in deformations after very heavy snowy and rainy days, the rock structure has been planned to tolerate these deformations. In Figure 3, an image of the pit where the research was carried out is given.



Figure 3. A view from the open mining operation where the study was carried out

Brief information about the monitoring method is given above. Within the scope of this study, long-term precipitation amounts and deformation amounts were monitored. The main purpose is to reveal the effect of precipitation on deformations. Figure 4 below shows the graphs showing precipitation amounts and deformations in three directions together.

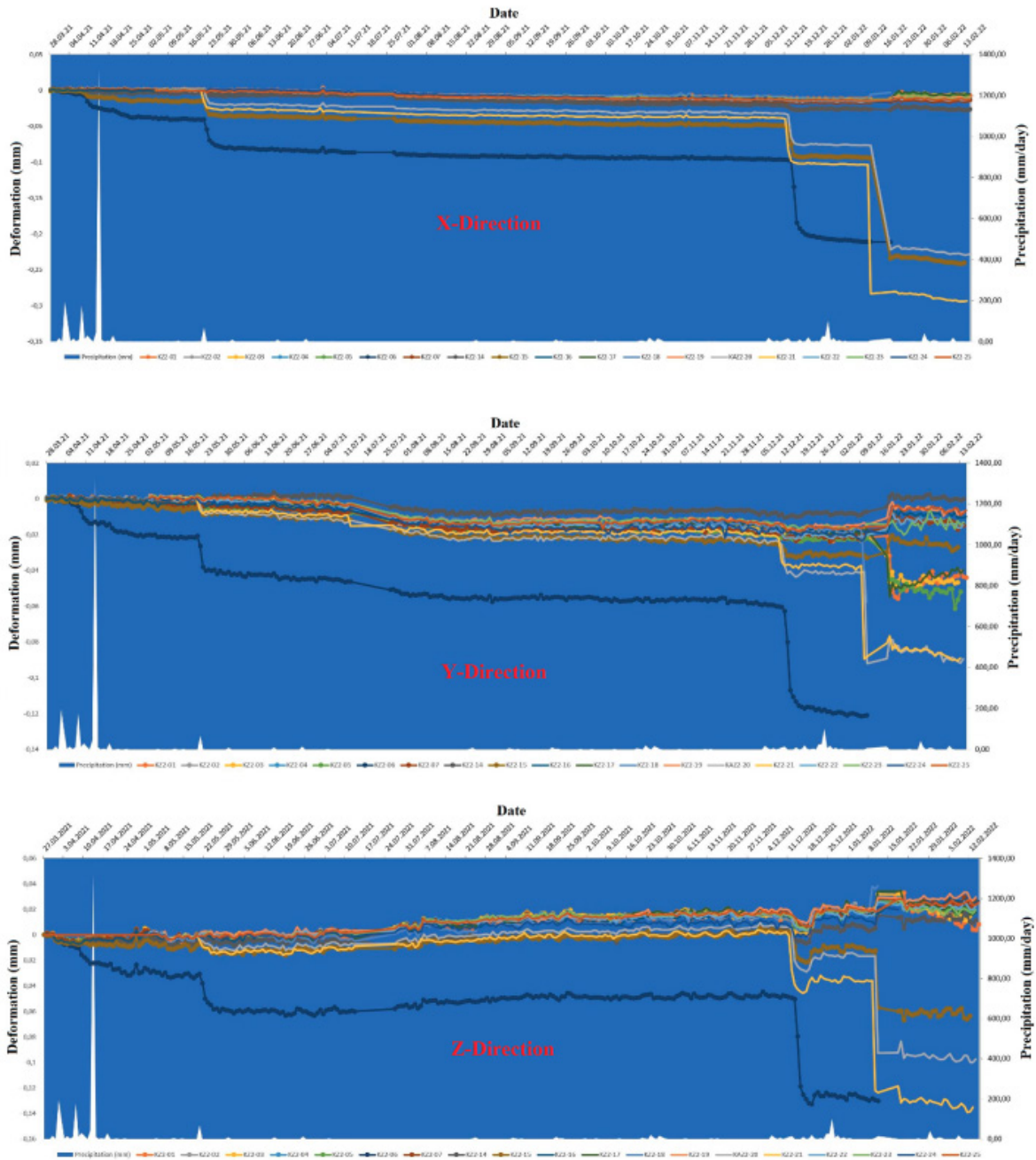


Figure 4. Time dependent precipitation and deformation values

5. Results and Discussions

The main purpose of this research is to investigate the effects of seasonally increasing precipitation on the deformations of open pit slopes. For this purpose, long-term deformation and precipitation monitoring were carried out in a metallic open pit mine located in Çanakkale province. These monitoring lasted approximately 1 year. During this time, there was no slope failure in the open mining operation. However, increases in deformations were observed in some periods. When the periods with increases in deformations are examined (Figure 4), it is seen that increases in deformations begin after a certain period of time after the onset of precipitation. For example, it is seen that the deformations started to increase with the precipitation that started with the date of 31.03.2021. However, it was observed that there was no increase in the deformation increase acceleration in the period of sudden and high precipitation (14.04.2021). It is observed that deformations increase in this period when precipitation continues. It is seen that a sudden increase in deformations started on 22.05.2021, approximately 1 month after this date. The striking factor here is that there was a precipitation of 67.80 mm/day on 21.05.2021. However, it was observed that there was little precipitation in the days before this date. From this point of view, it is seen that sudden precipitation has no effect on deformation increases. The same situation is similar with the deformation values increasing with autumn precipitation. In terms of deformation, it is seen that there is an increase in all observation points as of 12.12.2021. There is a precipitation data of 101.4 mm/day on 14.12.2021. However, the upward trend in deformation started earlier. The sudden and high amount of precipitation on 14.12.2021 did not affect this trend much.

Considering that the dominant geological units in the open pit mine are low permeable, a small amount of rain in a certain time period (from a few days to one to two weeks) causes an increase in deformations after a while. It is seen that the time between the precipitation time of the rain and the time when the deformations increase depends on the permeability of the geological units. As the permeability increases, the time for the rock to be saturated with water will be shorter, and therefore the increase in the amount of deformation will manifest itself in a shorter time.

References

- Aksoy C.O., Uyar G.G., Ozcelik Y., Comparison of Hoek-Brown and Mohr-Coulomb failure criterion for deep open coal mine slope stability, 2016, *Structural Engineering and Mechanics*, 60(5) , pp.809-828.
- Frastia M., Marcis M., Kopecky M., Lisch P., Zilka A., Complex Geodetic and Photogrammetric Monitoring of the Kralovany Rock Slide, 2014, *Journal of Sustainable Mining*, Vol.13, no.4, pp.12–16.
- Kaizong X., Congxin C., Hua F., Yucong P., Yangyang D., Mining-induced Ground Deformation in Tectonic Stress Metal Mines: A Case Study, 2016, *Engineering Geology*, Vol. 210, pp.212-230.
- Kesgin M.O., Çukurova Yöresi Kuvarsit İşletmelerinde Bilgisayar Destekli Şev Dizaynı ve Şev Stabilite Analizleri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, PhD Thesis, 2008, p: 99.
- Kuang S., *Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and Applications*, Ann Arbor Press, Inc. Chelsea, Michagen.

Osasan K.S., Stacey T.R., Automatic Prediction of Time to Failure of Open Pit Mine Slopes Based on Radar Monitoring and Inverse Velocity Method, 2014, International Journal of Mining Science and Technology, Vol. 24, pp. 275-280.

Ozsen H., Yatağan Eskihişar Linyit Açık Ocağı Batı Şevlerinde Oluşan Deformasyonların Jeodezik Yöntemle İzlenmesi ve Matematiksel Modellenmesi, S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., c.5, s.3, 2017.

Uyar G.G., Aksoy C.O., Comparative review and interpretation of the conventional and new methods in blast vibration analyses, 2019, Geomechanics and Engineering 18 (5) , pp.545-554.

Zhao L., Jinan W., Lin L., Lixiang W., Robert Y.L., A Case Study Integrating Numerical Simulation and GB-InSAR Monitoring to Analyze Flexural Toppling of an Anti-Dip Slope in Fushun Open Pit, 2015, Engineering Geology, Vol. 197, pp. 20-32.

Makale Gönderim Tarihi: 10.06.2022

Yayına Kabul Tarihi: 21.07.2022

Geotechnical Investigations of Different Lands in Espiye District For a New Building Construction

Yeni Bir Bina İnşaatı İçin Espiye İlçesinde Farklı Arsalarda Geoteknik İncelemeler

Eren Kömürlü^{1*}

¹ *Giresun University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, Giresun, Turkey*

**corresponding author: ekomurlu@giresun.edu.tr*

Abstract

In this study, geotechnical properties of two different lands in the Espiye district of Giresun city were examined and evaluations were made to decide on which land should be used for a new building. In this study which includes field and laboratory experiments, geotechnical drillings were carried out and soil properties changing depending on the depth were determined. In the investigated areas, the rock mass is located at different depths and the soil properties also differ. The two candidate locations for the planned building were geotechnically examined and comparison findings are shared in this article.

Keywords: Soil bearing capacity, geotechnical investigation, foundation engineering, foundation design

Özet

Bu çalışmada Giresun ili Espiye ilçesinde iki farklı arazinin geoteknik özellikleri incelenmiş ve yapılması planlanan bir binanın hangi arsa üzerine inşa edilmesi konusunda karar vermek amaçlı değerlendirmeler yapılmıştır. Saha ve laboratuvar deneylerini içeren bu çalışmada geoteknik sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiş ve derinliğe bağlı değişen zemin özellikleri belirlenmiştir. İncelenen sahalarda kaya kütlesi farklı derinliklerde yer almakta ve zemin özellikleri farklılık göstermektedir. İnşaatı planlanan bina için iki aday lokasyon geoteknik açıdan karşılaştırılmalı olarak incelenmiş ve elde edilen bulgular bu makalede paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zemin taşıma gücü, geoteknik etüd, temel mühendisliği, temel tasarımı

1. Introduction

Geotechnical core investigations were carried out in this work. Soil and rock samples were taken from the Kizilkaya location of Espiye town and a series of laboratory experiments were performed within this geotechnical investigation study. The findings were used within the scope of investigating the suitability of the studied area for a new building with a 20 m x 20 m raft foundation. Physico-mechanical and mechanical properties of the soil and rock masses were determined to investigate whether the site is proper for an operational building. An image taken during the geotechnical investigations of drilling samples is given in Figure 1. Core samples were taken on site and brought to a core facility in Tirebolu town of Giresun. The images of the core drilling locations in Kızılkaya are shown in Figure 2.



Figure 1. A photo from the core workshop



Figure 2. Coring points

The study area is located approximately 18 km south of the center of Espiye district of Giresun city. It takes approximately 40 minutes to reach the site from Espiye town center by the motorway (Figure 3). Although location of the building foundation is not yet clear, there are some predictions in this regard. At the location where the foundation is planned to be established, TB coded drill cores were taken. Additionally, ATB coded drill cores were taken for an alternative location to be investigated.

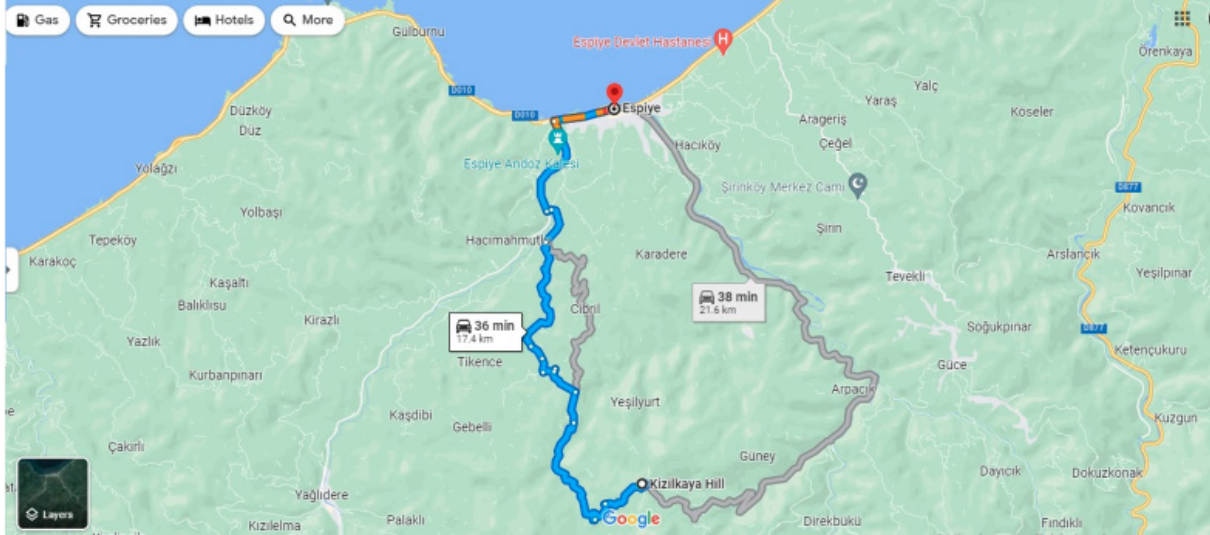


Figure 3. Transportation to the study area from Espiye town center

In order to examine the permeability properties of the soil and rock mass in the field, the water pressure site test (also called the Lugeon test) was carried out. The permeability values depending on the depth the data obtained from the water pressure test (WPT) are given in Table 1 and Table 2. It has been determined that the groundwater level is 35 m below the surface. Although this value varies according to the drilling location, it is possible to take it at 35 m depth in terms of representing the field. The water table depth have significant seasonal changes in the field. The monthly average temperature is at the lowest level of 2.5 °C in January and the highest at 24 °C in August. Because the water table level is relatively deep, it is positive in terms of the foundation bearing capacity. The study area is in one of the rainy regions of Turkey. The month with the highest amount of precipitation is October (monthly average: 163 mm) and the least month is June (monthly average: 78 mm), and the average annual number of rainy days is 144 days (URL1: mgm.gov.tr, 2022).

Table 1. Permeability (K) values of TB coded drill holes according to the WPT (meter values express the depth from the surface) (Doğa Mühendislik, 2022)

TB-1 K (cm/s)	TB-2 K (cm/s)	TB-3 K (cm/s)	TB-4 K (cm/s)	TB-5 K (cm/s)
1×10^{-4} (0-5. m)	9×10^{-3} (0-5. m)	6×10^{-4} (0-5. m)	2×10^{-3} (0-5. m)	5×10^{-4} (0-5. m)
3×10^{-5} (5-10. m)	6×10^{-5} (5-10. m)	5×10^{-5} (5-10. m)	9×10^{-5} (5-10. m)	5×10^{-5} (5-10. m)
2×10^{-5} (10.-15. m)	2×10^{-5} (10.-15. m)	2×10^{-5} (10.-15. m)	2×10^{-5} (10.-15. m)	1×10^{-5} (10.-15. m)
1×10^{-5} (15.-20. m)	1×10^{-5} (15.-20. m)	9×10^{-6} (15-20. m)	2×10^{-5} (15.-20. m)	2×10^{-5} (15.-20. m)
7×10^{-6} (20.-25. m)	8×10^{-6} (20.-25. m)	6×10^{-6} (20-25. m)	6×10^{-6} (20.-25. m)	9×10^{-6} (20.-25. m)
5×10^{-6} (25.-30. m)	4×10^{-6} (25.-30. m)	4×10^{-6} (25-30. m)	8×10^{-6} (25.-30. m)	8×10^{-6} (25.-30. m)

Table 2. Permeability (K) values of ATB coded drill holes according to the WPT (meter values express the depth from the surface) (Doğa Mühendislik, 2022)

ATB-1 K (cm/s)	ATB-2 K (cm/s)
9×10^{-3} (0-5. m)	6×10^{-4} (0-5. m)
5×10^{-5} (5-10. m)	8×10^{-5} (5-10. m)
3×10^{-5} (10.-15. m)	4×10^{-5} (10.-15. m)
3×10^{-5} (15.-20. m)	2×10^{-5} (15.-20. m)
1×10^{-5} (20.-25. m)	3×10^{-5} (20.-25. m)
6×10^{-6} (25.-30. m)	6×10^{-6} (25.-30. m)

In order to determine the geotechnical properties, a total of 7 drillings, each 30 meters deep, were made and core samples were taken. According to the findings obtained, there is a rock mass under the soil layer with an average thickness of 6 meters in the area where TB coded drillings were taken (TB-1, TB-2, TB-3, TB-4, TB-5). The average soil layer thickness in the area of ATB coded drillings (ATB-1 and ATB-2) is 16 meters in mean. Within this study, soil and rock mass properties were separately examined as details given under the following titles.

2. Soil layer properties

It was determined that the soil type at the top layer in the area of TB coded drillings is ML coded low plasticity silt according to the unified soil classification system. Because more than 50% of the grains passed through the sieve no 200, Atterberg limit tests were carried out for the classification of the relevant soil. According to the Atterberg limit tests performed in accordance with the ASTM D4318-10 coded standard, the liquid limit and plastic limit values of the soil of the TB coded area are 47% and 29%, respectively. All of the ATB coded soil particles passed through the sieve no 4 and 22% of them passed the no 200 sieve. The soil of the ATB coded area, which was determined to be below the A line according to the Atterberg limit values, was determined as silty sand (SM) according to the unified soil classification system (USCS). Having a sand type and a relatively low cohesive soil is a disadvantage in terms of exposure to dynamic loads in the ATB code area. It will be beneficial to build a foundation on a cohesive ground in terms of high energy absorption capacity of the ground against repetitive loads that will affect the ground, which can be caused by the machines that will operate. On the other hand, the topographic features of the ATB coded area seem relatively more appropriate. The final suggestion should be decided in accordance with the further analyses. SPT tests were carried out at the site. Obtained SPT test results are given in Table 3. The SPT test data is useful as they represent the properties of the undisturbed sample in the field.

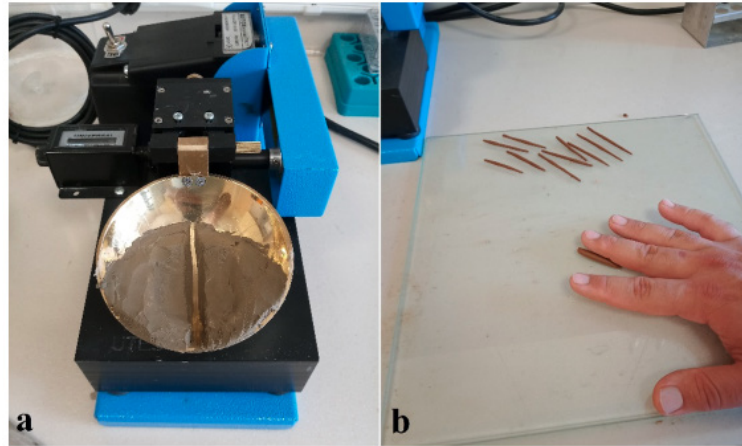


Figure 4. Photos from Atterber limit tests (a: liquid limit, b: plastic limit)

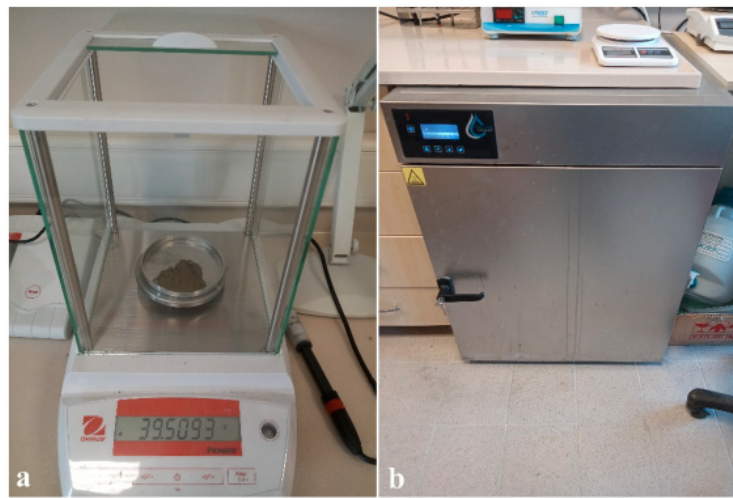


Figure 4. Photos from Atterber limit tests (a: liquid limit, b: plastic limit)

Table 3. SPT results (Doğa Mühendislik Inc. Co., 2022)

Depth	TB-1	TB-2	TB-3	TB-4	TB-5	ATB-1	ATB-2
1,5m	16	15	16	24	37	17	13
3m	18	13	19	37	39	19	17
4,5m	37	10	11			43	29
6m	39	17	15			45	43
7,5m	23	11	12			49	44
9m		24	18			51	46
10,5m						54	50
12m						51	53
13,5m						54	

For determining the local ground class, formation features with a depth of 30 meters from the surface were taken into account. In the area of TB coded drilling, there is a type of rock mass that can be included in the ZC class (frequent discontinuity rock) under soil layer at an average depth of 6 meters and ZB (less weathered, moderately strong rock) local class at an average depth of 12 meters from the surface. It is appropriate to consider the ZC class as a local ground class

that collectively reflects the area where TB-coded cores were taken. S wave velocity values were measured at the site by YFA geosciences engineering services Inc. The values given in Figure 6 were obtained and the average Vs30 value is given as 398.5 m/s in the related report (YFA, 2022).

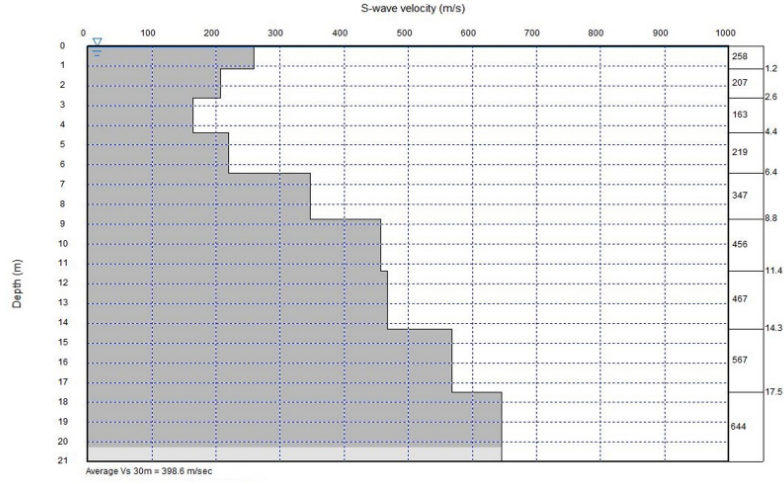


Figure 6. Obtained V_{s30} values (YFA, 2022)



Figure 7. V_s measurements at the site

Pressiometer tests were carried out by Doga Engineering Inc. Co. When the findings in the related report are examined, the mean limit pressure (PL) values for the soil of the TB1, TB2, TB3, TB4 and TB5 drills where the pressiometer tests were carried out are 1600 kPa, 685 kPa, 1195 kPa, 1455 kPa and 2040 kPa, respectively. Modulus of elasticity values for TB1, TB2, TB3, TB4 and TB5 were found as 8.55 MPa, 6.56 MPa, 10.53 MPa, 13.48 MPa and 19.44 MPa, respectively (Doğa Mühendislik Inc. Co., 2022). The soil in the TB area was evaluated to be medium hard normal consolidated silt in accordance with the guidelines for the pressiometer test results in literature (JMO, 2020). For the ATB1 and ATB2 drills, the mean limit pressure values obtained from the pressiometer tests were measured as 1260 kPa and 1640 kPa, respectively. The modulus of elasticity was found to be 34.2 MPa and 32.3 MPa, respectively (Doğa Mühendislik Inc. Co.,

2022). According to this finding, ATB coded sands were evaluated as hard and compact sand.

Depending on the drop number (N) value obtained from the SPT test, the internal friction angle for sandy soils can be estimated as given in Equation 1. Equation 2, which is recommended for low plasticity silt type (ML) soils, is used to determine the cohesion value depending on the SPT-N value (Özkan, 2021; Sivrikaya and Toğrol, 2007)

$$\phi: (15N)^{0.5}+15 \quad \underline{\underline{(1)}}$$

$$c: 3,25N \text{ kPa} \quad \underline{\underline{(2)}}$$

According to these relations, it has been determined that the approximate undrained cohesion values of TB coded soils can be taken as 55 kPa. For ATB coded samples, it was evaluated that the internal friction angle can be taken as 30° for the part close to the surface (0-3 m deep), and it can be used as 35° for the part deeper than 3 meters.

According to the Mohr & Coulomb failure criterion equation given in Equation 3, the internal friction angle of the TB coded samples can be determined since the uniaxial compressive strength value and cohesion parameters are known. The bottom and top of the TB coded undistributed silt specimens with the 35 mm diameter and taken during the SPT experiments were gently cut and the regular cylindrical samples were weighed to determine the density. It is thought that the samples kept in double layer bags for a short term are in conditions close to the natural water content. According to the findings obtained, the natural unit volume weight value of the soil in the area where the TB coded drillings were made was determined to approximately be 19 kN/m³. Undisturbed soil samples prepared with a length/diameter ratio of 2 were also used in unconfined compressive strength tests (Figure 8). The average uniaxial compressive strength (unconfined compressive strength) value of the samples belonging to the TB coded area is 133 kPa. According to this data, the value of ϕ (internal friction angle) of the soil was calculated to be 11° using Equation 3. The measured strength value is compatible with the relationships between the SPT test result and the uniaxial compressive strength value in literature (Özkan, 2021).

$$UCS: (2c \cdot \cos \phi) / (1 - \sin \phi) \quad (3)$$

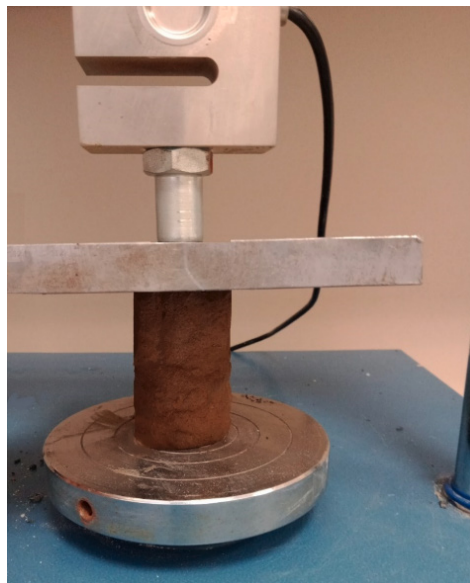


Figure 8. Unconfined compressive strength test in this study

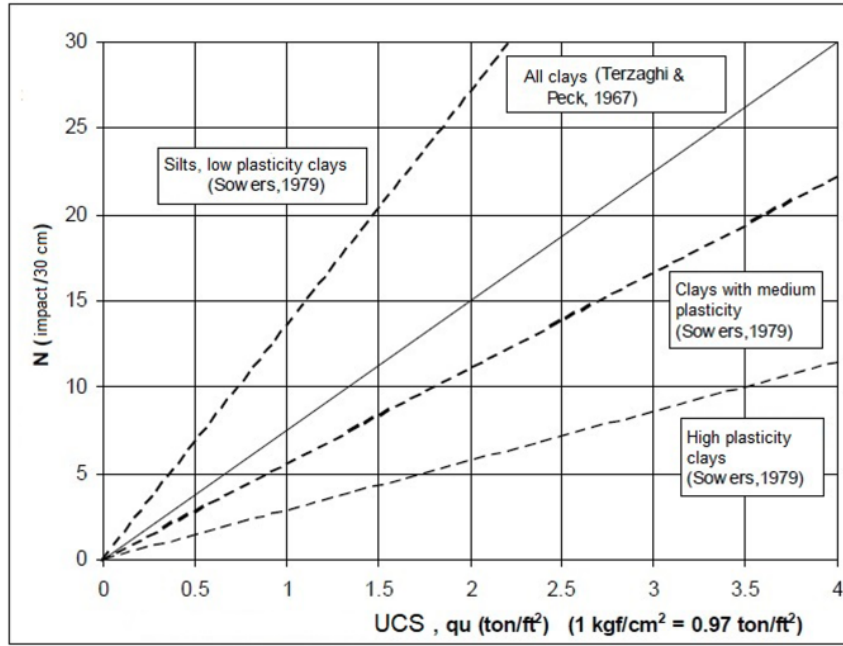


Figure 9. SPT-N value and UCS relations (Özkan, 2021)

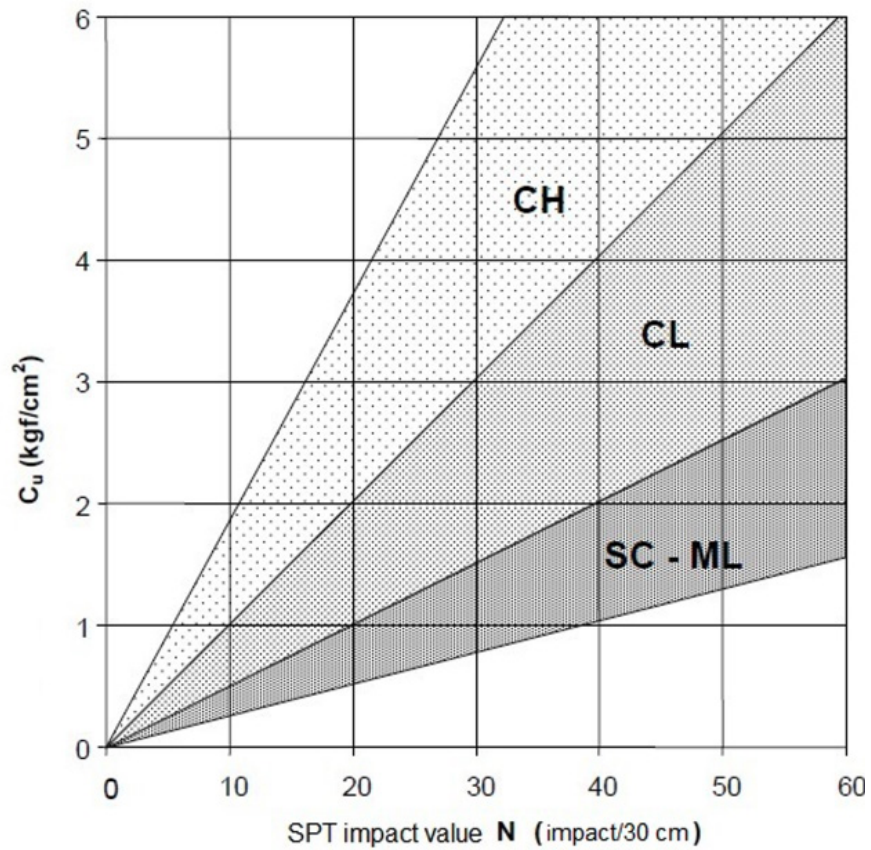


Figure 10. SPT impact value and undrained cohesion relations for different cohesive soils (Sowers chart)

Because the samples from the ATB site are sand, they were found scattered in the core boxes. Therefore, the undisturbed sample could not be used for the ATB coded area. The cohesion value of the ATB coded samples is recommended as 10 kPa considering the typical characteristics of the silty sand type soil class (Uzuner, 2007). Using Equation 3, the uniaxial compressive strength value is calculated as 35 kPa for $c: 10 \text{ kPa}$ and $\phi: 30^\circ$ conditions. According to the number of SPT hits in the area of the ATB coded samples were taken and the relevant classifications in literature, it is seen that there is a medium compact sand at the area near of the surface (0-4 m deep), and compact sand at deeper points than 4 meters. The typical density range in literature for medium-compact sand is $16.5 \text{ kN/m}^3 - 17.5 \text{ kN/m}^3$ and for the compact sand the range is $17.5 \text{ kN/m}^3 - 18.5 \text{ kN/m}^3$. Another important soil parameter is the subgrade reaction coefficient (k_s), which is the ratio of unit stress to settlement. The k_s is one of the fundamental parameters of the soils, which depends on the modulus of elasticity. The k_s coefficient is calculated according to the Vesic formula, depending on the modulus of elasticity (E), the width of the foundation (B) and the soil Poisson's ratio (ν), as given in Equation 4 (Genç, 2011; Uzuner, 2007). Elastic modulus estimation ($E: 300(N+6) \text{ kPa}$) can be made from the SPT test for silty or silty sand type soils (McGregor and Duncan, 1998). The Poisson's ratio can be calculated depending on the value of k (lateral pressure coefficient) at rest ($k=\nu/(1-\nu)$). The k ratio ($k: 1-\sin \phi$) is calculated as 0.8 for the TB area and 0.5 for the area where the ATB coded drillings were carried out. Hence, the Poisson's ratio is 0.44 for the area of TB coded drillings and 0.33 for the area of ATB coded drillings.

$$k_s: (2E/(1-\nu^2)m) / (2B/(B+1))^2 \quad (4)$$

3. Rock mass properties

The RMR method was used for classification of the rock mass of the site. The RQD (Rock Quality Designation) value which is an important parameter for RMR determination was calculated by length measurements on the cores bored. RMR values have been carefully determined in accordance with investigations of the geotechnical drills and the site investigations. Discontinuity properties (roughness, spacing, weathering, infilling, aperture, water condition etc.) were carefully investigated to be rated. To determine the rock material strength values, rock cores cut by the sawing machine were brought to the laboratory for the uniaxial compressive strength (UCS) test. Rock cores were cut to prepare the strength test samples with the length to diameter ratio of 2.5. As stated in the suggestions by the ISRM (2007), loading rate was chosen to be 0.2 MPa/sec in the uniaxial compressive strength (UCS) tests. The RMR determination procedure is seen in Tables 4-10. The RMR value is the sum of ratings of parameters for rock material strength (R1), RQD (R2), Joint spacing (R3), Condition of joints (R4), Ground water condition (R5), orientation (R6). If there is no orientation in the rock mass, R6 value is taken 0. Table 5 and Table 6 are given to guide for determination of R6. Another guide table, Table 7 is given for the condition of joints rating (R4). As seen in Eq. 5, last step for evaluation of the RMR89 value is multiplying the sum of ratings by adjustment factors (F_a, F_b) whose details are given in Table 8.

$$\text{RMR}_{89} = (R1+R2+R3+R4+R5+R6) \times F_a \times F_b \quad (5)$$



Figure 11. Core drilling at the site



Figure 12. Rock core sample cutting by using the sawing machine



Figure 13. A rock sample failed under the UCS test

Table 4. Classification parameters and values (Bieniawski, 1989)

PARAMETERS		VALUES						
R1	Point Load Index	>10MPa	10-4 MPa	4-2 MPa	2-1 MPa	Non-applicable	Non-applicable	Non-applicable
	Uniaxial Compressive Strength (σ_{ci})	>250 MPa	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
	RATING	15	12	7	4	2	1	0
R2	Rock Quality Designation RQD	% 100-90	90-75	75-50	50-25	<25	<25	<25
	RATING	20	17	13	8	3	3	3
R3	Joint spacing (cm)	>200	200-60	60-20	20-6	<6	<6	<6
	RATING	20	15	10	8	5	5	5
R4	Condition of joints	Very rough and unweathered, Wall rock tight and discontinuous	Rough and slightly weathered, wall rock surface separation <1 mm	Slightly rough and moderately to highly weathered, wall rock surface separation <1 mm	Slick sided wall rock surface, 1-5 mm	Soft gouge, > 5mm	Continuous discontinuity	
	RATING	30	25	20	10	0	0	0
R5	Ground water condition	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	RATING	15	10	7	4	0		

Table 5. Influence of orientation on assessment

Joint orientation assessment for tunnels	Very favorable	Favorable	Fair	Unfavorable	Very unfavorable
Value	0	-2	-5	-10	-12

Table 6. Joint dip and strike effect in tunnelling, guide for Table 5

Strike perpendicular to tunnel axis				Strike parallel to tunnel axis		Irrespective of strike
Drive with dip		Drive against dip				
Dip 45°-90°	Dip 20°-45°	Dip 45°-90°	Dip 20°-45°	Dip 45°-90°	Dip 20°-45°	Dip 0°-20°
Very favorable	Favorable	Fair	Unfavorable	Very unfavorable	Fair	Fair

Table 7. Guide for evaluation of condition of joints (R4)

Parameter	Value				
Joint length (continuity)	<1m (6)	1-3m (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	>20m
Separation	No (6)	<0.1mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1-5 mm (1)	>5mm (0)
Roughness	Very rough (6)	Rough (5)	Slightly rough (3)	Straight (1)	Slippery (0)
Fill	No fill (6)	<u>Hard Fill</u>		<u>Soft Fill</u>	
		<5mm (4)	>5mm (2)	<5mm (2)	>5mm (0)
Weathering	No weathering (6)	Low weathering (5)	Mid-level weathering (3)	High Weathering (1)	Very high weathering (0)

Table 8. Adjustment factor values (F_a and F_b)

Method/ Situation	Applicable Term	Adjustment Factor (F _a)
1. Mechanical Excavation	Without damage	1.0
2. Controlled blasting	Low damage	0.94-0.97
3. Good blasting	Medium damage	0.90-0.94
4. Poor blasting	High damage	0.90-0.80
5. No prior information about blasting	Medium damage	0.90
Adjustment for weakness planes		
Situation		Adjustment Factor (F _b)
No plane of weakness		1.0
Hard dykes		0.90
Soft ore zones		0.85
Rock and ore contact zones or inhomogeneous roof rock		0.80
Folds, Synclinals/ Anticlinals		0.75
Fault zones		0.70

Table 9. Rock mass class and RMR values

RMR	Rock Mass Class
81-100	Class 1 (very good rock)
61-80	Class 2 (good rock)
41-60	Class 3 (fair rock)
21-40	Class 4 (poor rock)
0-20	Class 5 (very poor rock)

Tablo 10. Cohesion (c) and internal friction angle (ϕ) estimations according to the RMR₉₉ value (Ulusay ve Sönmez, 2007)

RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
c (kPa)	>400	400-300	300-200	200-100	<100
ϕ (°)	>45	45-35	35-25	25-15	<15

Uniaxial compressive strength (UCS) values were determined in accordance with the method suggested by ISRM (2007). Core specimens were taken from the core boxes and prepared by cutting their upper and lower surfaces to have the ratio of the length to diameter of 2.5 (Figure 12). The core specimens were brought to Giresun University Civil Engineering Department laboratories and used in the experiments. According to the results obtained from more than 30 UCS specimens, the average compressive strength value of the rock materials in the TB coded area was determined to be 19 MPa, and the average strength of the rock materials taken from the ATB coded drillings was determined as 13 MPa. The samples in the core boxes were meticulously examined to rate the discontinuity frequency and discontinuity conditions.

The RMR value representing the TB coded area was determined as 40, and the RMR value representing the field where the ATB coded drillings were taken was determined as 36. There is a rock mass with an RMR value of about 20 (weak-very weak rock mass) just under the soil layer. In order to construct the foundations on the good rock mass, it is necessary to excavate the foundation pit with an average depth of 11 meters in the TB coded area. However, in such applications, it will be more economical to use pile foundations to make socketing into good rock masses, instead of deep foundation excavation. Depending on the load from the foundations, such a deep foundation may not be needed. Since the rock mass starts at a depth of 16 meters from the surface in area where ATB coded drillings were done, the area of TB coded drillings are advantageous in terms of transferring the foundation load to the rock layer. Within the scope of this report, the mechanical parameters of the soil and rock masses are shared.

The average RMR score of the weak rock mass near the surface that will be seen as a result of soil excavation can be accepted as 20. According to Table 10, the rock mass cohesion (c) and internal friction angle (ϕ) can be taken as 100 kPa and 15°, respectively, for the RMR 20 case. The cohesion (c) and internal friction angle (ϕ) can be taken as 200 kPa and 25°, respectively, for the rock mass with an RMR value of 40 and under the altered and weak rock mass.

Another important parameter to be used for the stress values in rock masses is the rock density. Density values were determined by using the length and diameter values of the cylindrical rock specimens and their masses measured by precision scales in the laboratory. According to the results obtained from the laboratory study, it was found to take the average unit volume weight value of the rock specimens as 25 kN/m³.

Equation 6 is usable to estimate the rock mass strength value according to the RMR₈₉ value and the rock material strength parameter (Aydan ve Kawamoto, 2000)

$$\sigma_{cm}/\sigma_{ci}=(RMR)/(RMR+6(100-RMR)) \quad (6)$$

where σ_{cm} is the rock mass strength (uniaxial compressive strength), σ_{ci} is the uniaxial compressive strength of rock material. The average uniaxial compressive strength value of the core samples (rock material) was 19 MPa for the TB coded area and 13 MPa for the ATB coded area. The uniaxial compressive strength value of the rock mass was calculated as 0.8 MPa (TB) and 0.5 MPa (ATB) considering the rock mass properties, which is close to the surface and with the RMR 20 condition in the bearing capacity calculations. The uniaxial compressive strength of the rock mass with the RMR value of 40, which is under the very weak-weak rock mass (RMR 20), was calculated as 1.9 MPa (TB) and 1.3 MPa (ATB).

Table 11. Rock mass strengths for different RMR values

RMR	σ_{cm} for TB coded location	σ_{cm} for ATB coded location
RMR 20	760 kPa	520 kPa
RMR 40	1900 kPa	1300 kPa

Since machines will work in the building, there will be significant dynamic loading on the foundations of the plant. Considering the topography and soil characteristics of the region, it is recommended to take the safety factor of 3 if the foundation will be on the cohesive soil (ground), and 2.5 if it will be constructed on the rock mass. On the other hand, the safety factor can be taken as 3.5 for the foundations on sandy (cohesionless) soil of the ATB area because of relatively low energy absorption capacities of sands and the dynamic loads resulted from the work of machines. Another reason for a relatively high safety factor for sandy soils is the relatively low liquefaction resistance of the sands. In Equation 7, the popular Terzaghi bearing capacity equation is given.

$$q_{ult} = k_1 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,5 \cdot k_2 \cdot N_\gamma \cdot B \cdot \gamma \quad (7)$$

$$q_{safe} = q_{ult} / FS \quad (8)$$

FS: factor of safety, q_{safe} : safe bearing value, q_{ult} : maximum bearing capacity, c : cohesion, D_f : depth of foundation, B : foundation width, k_1 : $1+0,2(B/L)$, k_2 : $0,5-0,1(B/L)$, L : foundation length, N_c , N_q ve N_γ are bearing capacity factors depending on the internal friction angle (Table 17) and γ is unit volume weight. The change in the bearing capacity for different foundation depths has been examined as cases given to provide an idea about the comparison of bearing capacities of the investigated soils. In Table 18, the safe bearing capacity values are compared for a 20 m x 20 m size foundation on the ground of TB and ATB areas and for different foundation pit depths of 2, 4 and 6 meters. In case of excavation depth of 6 meters in the TB area, the foundation is expected to settle on the rock mass, instead of the soil layer. In the ATB area, a 6-meter-deep foundation pit will not be sufficient for reaching the rock mass formation.

Table 17. Bearing capacity factors

ϕ (°)	N_c	N_q	N_γ
0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5
10	9.6	2.7	1.2
15	12.9	4.4	2.5
20	17.7	7.4	5.0
25	25.1	12.7	9.7
30	37.2	22.5	19.7
35	57.8	41.4	42.4
40	95.7	81.3	100.4

Table 18. Safe bearing capacity values for the 20 m x 20 m size foundation

Foundation depth	qsafe for TB area	qsafe for ATB area
D_f : 2 m	307 kPa	744 kPa
D_f : 4 m	345 kPa	970 kPa
D_f : 6 m	1090 kPa	1197 kPa

4. Conclusion

This study has been performed to determine mechanical properties and examine the bearing capacity values of the soil and rock masses in TB and ATB coded areas. According to the bearing capacity comparisons, it was found more appropriate to construct the building in the area where the ATB coded drillings were taken, compared to the TB coded area. If a 6 meters deep foundation pit is excavated in the TB coded area, it will be able to settle on the rock mass. However, medium quality rock mass is approximately 11 m deep from the surface and in case of 6 meters of foundation pit depth, a very weak/weak rock mass will be constructed on. If construction will be done in the ATB coded area, the foundation will contact on the silty sand.

In the foundation designs, the building load, usage-related loads and safe bearing capacity values should be considered together. The static load of the building is estimated to cause a stress level lower than 100 kPa. Also considering the additional usage-related loads, it can be assessed that both TB and ATB coded areas have sufficient bearing capacity for the building. Nevertheless, it should be noted herein that the soil in the ATB coded area seems more advantageous in terms of the bearing capacity property. Because stresses acting from the building foundation will be lower than the soil's safe bearing capacity level, it is foreseen that there will be no need for deep foundation use or soil improvement applications. In this study, the mechanical properties of the soil and rock mass were determined in accordance with the findings obtained by the geotechnical examination of the samples taken from the field. In geotechnical engineering, the design is made as possible as the soil and rock mass can be seen. It is not possible to give precise information about the properties of the soil and rock mass that cannot be seen between the drilling/sampling points. For this reason, it is aimed to share the findings only by taking into consideration the samples investigated. It is recommended that careful observations should be made by the relevant personnel in the new locations to be excavated. Various physico-mechanical and mechanical parameters obtained from the investigations of soil and rock masses are summarized in Table 19.

Table 19. Physico-mechanical and mechanical properties of soil and rock masses investigated within this study (B: foundation width, UCS: uniaxial compressive strength)

Area	TB	ATB
Soil type	Silt with low plasticity	Silty sand
Soil cohesion	55 kPa	10 kPa
Soil internal friction angle	11°	30°
Soil UCS	133 kPa	35 kPa
Soil unit volume weight	19 kN/m ³	18 kN/m ³
Coefficient of soil reaction	83,4 MN/m ³	112,4 MN/m ³
Weak rock mass depth	6 m	16 m
Medium quality rock mass depth	11 m	23 m
Rock mass classification (mean)	Medium quality	Medium-weak
Mean RMR (depth is 30 m from surface)	40	36
Mean rock mass cohesion	200 kPa	180 kPa
Mean rock mass internal friction angle	25°	23°
Cohesion of rock mass at the upperside	100 kPa	100 kPa
Int. friction angle of rock mass at the upside	15°	15°
Rock mass unit volume weight (mean)	25 kN/m ³	25 kN/m ³
Rock mass mean UCS	19 MPa	13 MPa
Local ground class	ZC	ZC

References

- Aksoy, C.O., Kömürlü, E. 2017. Temel Kaya Mekaniği, Temel Madencilik Bilgileri Kitabı Bölümü, yayınevi: Mayeb Basın Yayın İnsan Kaynakları Ltd. Şti, Ankara
- ASTM D4318-10. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. 2010 Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2010
- Aydan, O., Kawamoto, T. 2000. Assessing mechanical properties of rock masses by RMR rock classification method. Proceedings of the GeoEng 2000 Symposium, Melbourne, Australia, pp. 19–24.
- Bar, N., Barton, N. (2017). The Q-slope method for rock slope engineering. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 50(12), 3307-3322. <https://doi.org/10.1007/s00603-017-1305-0>
- Barton, N.R., Lien, R. and Lunde, J. 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mech.* 6(4), 189-239.
- Bieniawski Z.T. 1989. *Engineering Rock Mass Classifications*. Wiley, New York. 251 pages
- Budhu, M., 2015. *Fundamental Soil Mechanics*, Wiley Blackwell, West Sussex, UK, 341 s.
- Das, S.K., Biswal, R.K., Sivakugan, N., Das, B., (2011). Classification of slopes and prediction of factor of safety using differential evolution neural networks. *Environmental Earth Sciences*,

64(1), 201–210. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0839-1>

Doğa Mühendislik (2022). Lahanos işletmesi yeni tesis binası sondaj kuyuları için geoteknik teknik döküman ve ekleri, Trabzon, e-posta yolu ile yazara iletim tarihi: 06.06.2022

Genç, D., 2011. Zemin Mekaniği ve Temeller, Türkiye Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 830 s.

Grimstad, E. and Barton, N. 1993. Updating the Q-System for NMT. Proc. int. symp. on sprayed concrete - modern use of wet mix sprayed concrete for underground support, Fagernes, (eds Kompen, Opsahl and Berg). Oslo: Norwegian Concrete Assn.

Hoek, E., 2006. Kaya Mühendisliği (Turkish translation of “Rock Engineering”). Türkiye Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara (çeviri: Karakuş, M. ve Başarı, H.)

ISRM, 2007. The blue book - the complete ISRM suggested methods for rock characterisation, testing and monitoring: 1974-2006 (Ulusay R, Hudson JA in eds). ISRM & Turkish National Group of ISRM, Ankara

JMO, 2020. Türkiye bina deprem yönetmeliği 2018 ile uyumlu basitleştirilmiş zemin sivilaşma potansiyeli analizi ve sivilaşma sonrası oturma, yanal deformasyon, kayma dayanımı kaybı ve kapak tabakası etkisi hesaba dâhil kullanım kılavuzu, Türkiye Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 41 s.

McGregor, J.A. and Duncan J. M., 1998; “Performance and Use of the Standard Penetration Test in Geotechnical Engineering Practice”, Center for Geotechnical Practice and Research, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA

Mitto Consultancy Danışmanlık A.Ş., 2022. Eti Bakır A.Ş. Lahanos işletmesi atık depolama tesisi ve su alma yapısı tasarım bilgi notu, Şubat 2022, Ankara, 7s.

Özkan, H., 2021. Standart penetrasyon Deneyi Bilgi Notu, Hidroline Mühendislik ve Danışmanlık A.Ş., 20 s.

Sivrikaya, O., Toğrol, E., 2007. Türkiye’de SPT-N değeri ile ince taneli zeminlerin drenajsiz kayma mukavemetleri arasındaki ilişki. IMO Teknik Dergi, 18, 4229-4246

URL1: mgm.gov.tr (erişim tarihi: 17.06.2022)

URL2: <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH> (erişim tarihi: 29.06.2022)

Ulusay, R., Sönmez, H., 2007. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, Genişletilmiş 2. Baskı, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayını, Ankara

Ulusay, R., 2010. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, Türkiye Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 458 s., ISBN: 978-605-01-0002-0

Uzuner, B.A., 2007. Temel Zemin Mekaniği, Derya Kitabevi, Trabzon, 560 s.

Makale Yazım Kuralları

1.Dergi Hakkında

MT Bilimsel, Türkiye'nin ilk ve tek madencilik ve yer bilimleri dergisi olan Madencilik Türkiye Dergisi'nin yayıncı şirketi MAYEB Madencilik ve Yerbilimleri Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti. tarafından çıkarılmaktadır.

MT Bilimsel'de yayınlanması için hazırlanan makaleler daha önce yayınlanmamış özgün yazı, derleme yazı, teknik notlar ve tartışma yazıları niteliğinde olmalıdır. Yazının MT Bilimsel'e gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığını kabulü anlamına gelmektedir.

Maden, petrol, doğal gaz, jeotermal gibi her türlü yer altı kaynakları konusunda ve alt dallarında; ilk kez yazarı tarafından açıklanan teorik ve pratik çalışmaları içeren yazılar **özgün yazı**, daha önce yapılmış çalışmaları eleştirel bir yaklaşımla derleyip o konuda yeni bir görüş ortaya koyan yazılar **derleme yazısı**, devam eden bir çalışmanın ön notları, önceden yapılmış bir çalışmanın uzantısı, sınırlı bir çalışmanın tam anlatımı, özel bir uygulamanın ya da uygulanan deneysel bir işlemin tanıtımı şeklinde çalışılan bilimsel içerikli yazılar **teknik not**, dergide daha önce yayımlanan yazılara okurlardan gelen eleştiriler, katkılar ve bu eleştirilere yazar tarafından verilen yanıtları içeren yazılar da **tartışma yazısı** olarak adlandırılır.

2.Yazıların Telif Hakları

MT Bilimsel'de yayınlanan makalelerin telif hakları MAYEB'e aittir. Yazının yayına kabulünün ardından Yayın İdare Merkezi (YİM) tarafından sorumlu yazara elektronik ortamda "telif hakkı devir sözleşmesi" gönderilir. Bu sözleşme ile dergide yayınlanan yazılar, yazarları adına koruma altına alınmış olur ve başka bir yayın organında yayınlanamaz. Telif hakkının devredildiğine ilişkin bu belgenin imzalanarak YİM'e gönderilmesiyle makale yayın için hazırlanır. Sözleşme YİM'e ulaşmadan, makale kabul edilmiş olsa bile dergide yayınlanmaz.

3.Yazıların Hazırlanması

MT Bilimsel Türkçe ve İngilizce yayınları kabul etmektedir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı, özeti, çizelge ve şekillerin açıklamaları editörlükçe Türkçe'ye çevrilir.

Makalelerin MS Word formatında ve aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanması gerekmektedir.

3.1 Makale Bölüm Sıralaması

Makaleler aşağıdaki başlık sıralamasına uygun bir biçimde hazırlanmalıdır.

Özet

Abstract

Giriş

Ana Başlık

Alt Başlıklar

Sonuçlar ve Tartışma
Katkı Belirtme ve Teşekkür
Referanslar

3.1.2 Başlık

Yazının başlığı, olabildiğince kısa ve çalışmanın içeriğini net bir şekilde yansıtmalıdır. Başlığın mutlaka İngilizcesi de bulunmalıdır. Türkçe başlık 14 punto, koyu (bold), satır arası tek ve yalnızca kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde; İngilizce başlık ise 11 punto, italik, satır arası tek ve yalnızca kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde yazılmalıdır. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise yukarıda belirtilenlerin tersi uygulanmalıdır.

3.1.2 Yazarlar

Yazarların ad - soyadları açıkça ve yalnızca ilk harfler büyük olacak şekilde yazılmalı, çalışılan kuruluş isimleri, yazar soyadının sonuna konulacak bir numara ile bir alt satırda italik olarak belirtilmelidir. Birden fazla yazar bulunan makalelerde "Sorumlu Yazar" soyadının sonuna konulacak " * " işareti ile belirtilmelidir. Yazarların elektronik posta adresleri de italik olarak belirtilmelidir.

Sorumlu Yazar: Birden fazla yazara sahip makalelerde YİM ile iletişimde kalacak kişidir. Özellikle belirtilmediyse, yayına kabul aşamasında yazışmalar hangi yazar ile gerçekleştirildiyse, o kişi sorumlu yazar olarak kabul edilir. Sorumlu yazarın telefon, faks elektronik posta adresi ve posta adresi YİM'e bildirilmelidir. İletişim bilgilerinin, sorumlu yazar tarafından güncel tutulması gerekir.

Bu bölümdeki tüm karakterler 11 punto büyüklüğünde, tek satır arası bırakılarak hazırlanmalıdır. Yalnızca belirteçler üslü olarak yazılmalıdır. Örnek yazar adı yazımı aşağıdaki şekildedir:

C. Okay Aksoy^{1*}, Bülent Kaypak²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, İzmir

²Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bölümü, Ankara

* Sorumlu Yazar: okay.aksoy@deu.edu.tr

3.1.3 Özet, Abstract ve Anahtar Kelimeler

Özet ve Abstract bölümünün toplamı 400 kelimeyi geçmemelidir. Özet, araştırmanın amacını ve başlıca sonuçları belirtmelidir. Özette kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Ayrıca, standart olmayan ya da seyrek kısaltmalardan kaçınılmalıdır. Kısaltma kullanılması zorunlu ise özeti içinde tanımlanması gerekir.

Türkçe hazırlanmış yazılarda "Özet"ten sonra "Abstract (İngilizce Özet)" yer almalıdır. Abstract italik olmalıdır. İngilizce makalelerde Abstract önce, italik yazılmış Türkçe Özet sonra yer almalıdır.

Anahtar kelimeler/Key words, özeti ve abstract'ın ayrı ayrı hemen altında yer almalıdır. En az iki en fazla altı kelime kullanılmalıdır. Özet için Türkçe, Abstract için İngilizce olarak verilmelidir. Yalnızca alanıyla direkt ilgisi olan anahtar kelimeler uygun olabilir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla, küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik not ve tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

3.2 Makalenin Ana Gövdesi

A4 kağıdı boyutlarına (21,0 x 29,7 cm) ayarlanmış MS Word sayfası üzerindeki yazı alanı, tüm kenarlardan 2,5 cm boşluk bırakılarak düzenlenmelidir. Yalnızca yazının başlığının ve yazar isimlerinin bulunduğu ilk sayfada üstten 5,0 cm, sağ, sol ve alt kenarlardan yine 2,5 cm boşluk bırakılmalıdır. Bu şekilde ayarlanan ilk sayfaya başlık, yazar isimleri, çalışılan kurum, iletişim bilgileri, özet, abstract (özet ve abstract toplam 400 kelimeyi geçmemelidir) ve anahtar kelimeler sığmış olmalıdır. Yazarlara kolaylık olması açısından bu ilk sayfa ana yazıdan ayrıca hazırlanarak gönderilebilir.

Makale yazımında, Times New Roman yazı karakteri kullanılmalıdır. Karakterler 12 punto büyüklüğünde, satır aralıkları 1 nk olmalıdır. Sayfa yapısı tek kolon, yazı sayfanın her iki tarafına yaslanmış şekilde kaydedilmelidir. Ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

3.2.1 Başlıklar ve Bölüm Numaralandırmaları

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar aşağıdaki şartlarda ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Tüm başlıklar yalnızca ilk harfleri büyük ve koyu (bold) olarak yazılmalıdır,

Makale, açıkça tanımlanmış ve numaralandırılmış bölüm ve alt bölümlere ayrılmalıdır. Alt bölümler 1.1 (1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, vb. şekilde numaralandırılmalıdır. Özet, numaralandırılmış bölümlere dahil edilmemelidir. Herhangi bir alt bölüme kısa bir başlık verilebilir. Her başlık kendi başına ayrı bir satır üzerinde görünmelidir.

3.2.2 Giriş

Giriş bölümü, araştırmanın amacı ve konu ile ilgili geçmiş çalışmaların sunulduğu, yazıyı okumaya hazırlayan ve yazının genelini anlaşılmasını kolaylaştıran bilgilerden oluşmalıdır.

3.2.3 Gereç ve Yöntemler

Çalışmanın tekrarlanabilmesi için yeterli ayrıntıyı sağlayan bölümdür. Önceden yayınlanmış yöntemler referans olarak belirtilmelidir.

3.2.4 Tartışma ve Sonuçlar

Bu bölümde çalışmanın sonuçları ve önemi tartışılarak açıklanmalıdır.

3.2.5 Ekler

Birden fazla ek varsa, bunlar A, B, vb. şekilde belirtilmelidir. Formül ve denklemler için ayrı bir numaralandırma yapılmalıdır: Eş. 1, Eş. 2 vb. Aynı işlem tablo ve resimler içinde yapılmalıdır: Tablo 1; Şekil 1, vb.

3.2.6 Katkı Belirtme ve Teşekkür

Katkı belirtme ve teşekkür bölümü, makalelerin ilk gönderiminde belirtilmemeli, çalışma yayına kabul edildikten sonra son düzenlemeler yapılırken eklenmelidir. Teşekkür, referanslardan önce, makalenin sonunda ayrı bir bölüm olarak toparlanmalıdır. Teşekkür, araştırma sırasında yardım sağlayan (makaleyi okuma, yazma, dil yardımı vb.) bireylere ve/veya kuruluşlara, olabildiğince kısa ve öz bir şekilde belirtilmelidir.

3.3 Kaynaklar ve Atıflar

3.3.1 Metin İçinde Atıf

Metin olarak gösterilen her referans, aynı zamanda referans listesinde de bulunmalıdır (veya tam tersi). 'Baskıda' gibi bir referans, atfın yayına kabul edildiği anlamına gelmektedir.

3.3.2 Referans Şekli

Metin içinde atıfta bulunulan tüm yayınlar, metni takip eden referans listesinde sunulmalıdır.

3.3.3 Metin

Metin içinde her referansta bakılmalıdır:

1. Tek Yazar: yazarın soyadı ve yayın yılı;
2. İki yazarlı: iki yazarın soyadları ve yayın yılı;
3. Üç ya da daha çok yazarlı yayınlarda ilk yazarın soyadından sonra "ve ark." ve yayın yılı.

Atıflar doğrudan (ya da parantez) içinde yapılabilir. Kaynak grupları ilk olarak alfabetik sırayla, sonra kronolojik olarak listelenmiş olmalıdır.

Örnekler olarak; (Aksoy, 1999; 2004a; 2008b; Aksoy ve Köse, 1995; Geniş ve ark., 2010; Kramer ve ark., 2000).

3.3.4 Kaynakların Listelenmesi

Kaynaklar alfabetik olarak, gerekirse daha sonra kronolojik sıraya göre dizilmelidir. Aynı yıl aynı yazar (lar) 'dan birden fazla referans yayınlandığında, yayınlandığı yıldan sonra konulan "a", "b", "c", vb. harfleri ile gösterilmelidir. Kaynakça için bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

Basılmış Dergiye Referanslar

Aksoy, C.O., 2008b. Chemical injection application at tunnel service shaft to prevent ground settlement induced by ground water drainage: a case study. International Journal of Rock Mechanic and Mining Sciences. 45(3), 376-383.

Kitaba Referanslar

Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F., 1995. Support of Underground Excavations in Hardrock. Rotterdam, Balkema.

Düzenlenmiş Bir Kitaptaki Bölüme Referans

ISRM The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. Ulusay R, Hudson JA, editors. Ankara: Kozan Ofset; 2007.

Raporlar ve Tezler

Demirok, Y, 1978. Muğla-Yatağan Linyit Sahaları Jeoloji ve Rezerv Ön Raporu. MTA Derleme No:6234, 17 s (yayınlanmamış).

Tuna, K., 2011. Stratejik ve Kritik Madenlere İlişkin Küresel Politikalar Çerçevesinde Türkiye'deki Stratejik ve Kritik Madenlerin Ulusal Güvenliğe Etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı, Çanakkale, Yüksek Lisans Tezi, 240 s (yayınlanmamış).

Kişisel Görüşme

Aksoy, O., 2005. Kişisel görüşme. Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

İnternet Kaynakları

USGS, Chromium Statistics and Information, 2011.

www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/ (Erişim Tarihi: 01.01.2012)

4.Dikkat edilmesi Gereken Diğer Konular

4.1 Kısaltmalar

Alanında standart olmayan kısaltmalar, makalenin ilk sayfasında yerleştirilmek üzere bir dipnot olarak tanımlanmalıdır. Kısaltmalarda metin içinde tutarlı olunması gerekmektedir.

4.2 Birimler

Uluslararası kabul görmüş kuralları ve gelenekleri izlenmelidir. Uluslararası birimler sistemi (SI) kullanılmalıdır. Diğer birimler belirtilmişse, lütfen SI birim sistemine eşitliğini veriniz.

4.3 Matematik Formüller

Mevcut basit formüllerde, normal metin içinde küçük kesirli koşullar için yatay bir çizgi yerine “solidus” (/) kullanılmalıdır. Örneğin, (X / Y). Prensiplerde, değişkenler italik olarak sunulur. e'nin kuvvetleri (exp) kullanılarak belirtilmelidir. Herhangi ardışık şekilde numaralandırılıp atıf yapılmış denklemler metinden ayrı bir şekilde belirtilir. Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin; CO₂, x²).

4.4 Dipnotlar

Dipnotlar gerekmedikçe kullanılmamalıdır. Makale boyunca sırayla üstsimge numaraları kullanarak sıralayınız.

4.5 Tablo Dipnotları

Bir tabloda her bir dipnotu üst simge küçük harf ile belirtiniz.

4.6 Şekil, Çizim ve Fotoğraflar

Tek tip yazı ve boyutlandırma kullanılmalıdır. Metin çalışmanın içine grafik olarak kaydedilmelidir. Sadece resimlerde belirtilen yazı tipini kullanılmalıdır; Arial, Courier, Times New Roman, Sembol. Çizimlerin metin içinde sıralandırılması gerekir. Çalışma dosyaları mantıksal bir adlandırma kuralı içinde adlandırılmalıdır. Çizimler için ayrı ayrı başlık verilmelidir. Her şekli ayrı bir dosya olarak gönderilmelidir.

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak "Şekil" başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır.

Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15,8 cm (genişlik) x 22,5 cm (uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin Dergi'nin tek kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması önerilir. Özellikle haritalar, araziyle ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çubuk ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Şekillerde açık, gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır.

Fotoğraflar mümkün olduğunca net ve aydınlık olmalıdır. Fotoğraflar ilk başvuruda normal çözünürlükte ve yazı içerisinde ilgili yerlerine yerleştirilerek gönderilmelidir. Makale yayına kabul edildikten sonra tüm fotoğraflar en az 300 dpi kalite ile makaleden ayrı bir şekilde gönderilmelidir.

4.7 Şekil Başlıkları

Her şekil ve resimde bir başlık olmalıdır. Başlıklar, şekillerin kaynağından ayrı olmalıdır. Bir başlık, kısa bir başlık ve şeklin bir açıklamasını içermelidir. Kullanılan tüm semboller ve kısaltmaları açıklanmalıdır.

4.8 Tablolar

Tablolar, ardışık şekilde numaralandırılmalıdır. Dipnotlar, tabloya gömülmeli ve üst simge küçük harfler ile belirtilmelidir. Dikey yazımdan kaçınılmalıdır.

5. Makalelerin Dergiye Gönderilmesi

Yazılar ikinci bir duyuruya kadar aşağıdaki editörlere elektronik posta yoluyla gönderilecektir.

Baş Editör C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü)

ör:

o.aksoy@mtbilimsel.com

Madencilik Türkiye Dergisi Temsilcisi: Onur Aydın (Madencilik Türkiye Dergisi)

onur@mtbilimsel.com

6. Yayına Kabul Edilen Makaleler Hakkında

Makalelerin yayına kabul edilmesi halinde editörlük tarafından yazarla iletişime geçilecektir. Çalışmanın yayına kabulünün yazara bildirilmesinin ardından yazarlar, editörlük tarafından belirtilen süre içerisinde, makalelerinin bu yazım kılavuzuna göre düzenlendiği ve editörya tarafından istenen diğer düzenlemelerin yapıldığı son kopyasını YİM'e göndermelidir.

Article Writing Norms

1. About Journal

MT Scientific is published by Turkey's first and only mining and earth sciences journal Mining Turkey's publisher company MAYEB, Mining and Earth Sciences Publication Release Distribution Co. Ltd.

Articles which are prepared to be published in MT Scientific should be unpublished, research articles, edited articles, technical notes and discussion articles. Sending a paper to MT Scientific means the recognition that the paper has never been published or reviewed before in any other magazine.

Papers about any underground resources like mine, petrol, gas, geothermal or about their subfields; articles including theoretical and practical studies firstly mentioned by the author are called **Original Research Article**, articles editing earlier studies with a critical approach and giving new insights about the subject are called **Review Articles**, pre-notes of an ongoing study, extensions of earlier studies, whole presentation of a limited study, articles as an introduction of a specific application or an applied scientific operation are called **Technical Notes** and articles including critics or contributions made by readers on a paper published in a magazine and responses given by the author about those critics are called **discussion articles**.

2. Copyrights of Articles

Copyrights of the papers published in MT Scientific are owned by MAYEB. After the acceptance of the paper for publication, Publication Management Center (PMC) sends a "copyright transfer contract" to responsible author in electronically environment. With this contract, articles published in magazine are put under protection on behalf of the author and cannot be published in an another media organ. With signing this document, indicating the transfer of the copyright and sending it to PMC, the article is prepared for publication. Even if the article is accepted for publication, if the contract is not got through to PMC, the article cannot be published.

3. Preparation of the Articles

MT Scientific accepts papers written in Turkish and English. If the authors are not native Turkish speakers, headline of the article, summary, presentations of the tables and shapes are translated in Turkish by the editorship.

Articles should be written in MS Word format and within the scope of the orders given below.

3.1 Article Outline

- Summary
- Abstract
- Introduction
- Main Topic
- Subtitles
- Conclusion and Discussion

Contributions and Thanks References

3.1.2 Headline

Main headline should be as short as possible and should identify the content transparently. Headline should also be able to be translated into English. Turkish headline should be written in 14 font size, bold, single-spaced and only the word's first letters capitalized; English headline should be written in 11 font size, italics, single-spaced and only the word's first letters capitalized. In English articles, vice versa should be done.

3.1.2 Authors

Author's name and surname should be clearly written and first letters should be capitalized, firms worked in should be stated after author's surname with a number in low line with italics. If there are multiple authors, "Responsible Author" should be indicated by adding " * " symbol after his/her surname.

Responsible Author: In articles with multiple authors, he is the one who communicates with PMC. If not indicated specifically, the author with whom correspondences are made during the publication acceptance phase is considered responsible author. Responsible author's phone and fax number, e-mail address and postal address should be informed to PMC. Contact information of the responsible author should be kept up-to-date.

All characters in this section should be in 11 font size, single-spaced. Only the indicators should be written exponentially. Sample writer name and orthography should be as below:

C. Okay Aksoy^{1*}, Bülent Kaypak²

¹*Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Department of Mining Engineering, İzmir*

²*Ankara University,, Engineering Faculty, Department of Geophysical, Ankara*

* *Responsible Author: okay.aksoy@deu.edu.tr*

3.1.3 Summary, Abstract and Key Words

Summary and abstract part shouldn't consist of more than 400 words as a whole. Summary should indicate the author's aims and primary results. In summary, references shouldn't be addressed to. Non-standard and scarce abbreviations should also be avoided. If an abbreviation is compulsory, it should be identified.

In Turkish articles, after the "Summary", there should be an "Abstract". Abstract should be written in italics. In English articles, Abstract should be placed before Turkish Summary and be written in italics.

Key words should be placed just below the summary and abstract separately. There should be at least two and at most six keywords. Keywords should be in Turkish for summary and English for abstract. Only the subject related keywords can be appropriate. Keywords should be written in alphabetic order with lower case (first word's first letter is in upper case) and there should be a comma between them. In technical notes and discussion articles there is no need for keywords.

3.2 Outline of the Article

Writing field on MS Word page which is adjusted as an A4 paper (21,0 × 29,7 cm) should be organized with 2,5 cm margins from all sides. Only the first page on which the headline and the author names are written has 5,0 cm margin from the top and 2,5 cm margins from the other sides. Headline, authors' names, firms worked in, contact information, summary, abstract (summary and abstract should not exceed 400 words as a whole) and keywords should be fitted into this organized page. For convenience, the author can send this first page early on, separately from the main article.

Times New Roman font should be used for articles. Characters should be 12 font sized and line spacing should be 1 pt. Page setup should be single columned, and should be saved justified to both sides. Each page should be given a number as well.

3.2.1 Headings and Numbering the Sections

Diverse headings in an article should be given as below order and left justified. All headings should be written bold with only their first letters in upper case,

Article should be cut into transparently identified and numbered sections and sub-sections. Sub sections should be numbered as 1.1 (1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. Summary should not be attached to these numbered sections. Any sub-section can be given a short heading. Each heading should stand on its own line separately.

3.2.2 Introduction

Introduction part should include information about the aim of the author and earlier studies on same subject and moreover should prepare the reader for the article by giving some general clues about the subject.

3.2.3 Instruments and Methods

This part supplies adequate detail to make the study quotable. Earlier published methods should be stated as reference.

3.2.4 Discussion and Conclusions

In this section conclusions and importance of the study should be mentioned argumentatively.

3.2.5 Appendixes

If there are multiple appendixes, those should be indicated as A, B, etc. Formulas and equations should be numbered separately: Eq. 1, Eq. 2 etc. Same should be done for tables and images too: Table 1; Image 1, etc.

3.2.6 Contributions and Thanks

Contributions and thanks section should not be attached to article at first post but after the acceptance of the article, it should be attached to article by making post normalizations.

Thanks should be stated separately at the last of the article before references. Thanks should be sent to aide (reading, writing and language help etc.) people or firms as short as possible.

3.3 Resources and References

3.3.1 Internal references in article

All internal references should be indicated in reference list as well (or vice versa). A reference as „In-print“ means the article is accepted for press.

3.3.2 Form of Reference

All internal references should also be indicated in reference list as well.

3.3.3 Text

These points should be taken into account at every internal reference:

1. One Author: author's surname and print year;
2. Two authors: two author's surnames and print year;
3. If there are three or more authors in an article, after the first author's surname "et al." and print year.

References can be done directly (or in brackets). Resource groups should firstly be listed alphabetically, then chronologically.

As a sample; (Aksoy, 1999; 2004a; 2008b; Aksoy ve Köse, 1995; Geniş et al., 2010; Kramer et al., 2000).

3.3.4 Listing of Resources

Resources need to be listed firstly alphabetically, then chronologically. If there are multiple author's quoted articles in same year, those should be indicated with "a", "b", "c", etc. letters after print year. Some samples for resources are listed below.

References Printed To Magazine

Aksoy, C.O., 2008b. Chemical injection application at tunnel service shaft to prevent ground settlement induced by ground water drainage: a case study. *International Journal of Rock Mechanic and Mining Sciences*. 45(3), 376-383.

References Printed To Book

Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F., 1995. *Support of Underground Excavations in Hardrock*. Rotterdam, Balkema.

References To An Edited Part Of A Book

ISRM The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. Ulusay R, Hudson JA, editors. Ankara: Kozan Ofset; 2007.

Reports and Theses

Demirok, Y, 1978. Muğla-Yatağan Lignite Fields Geology and Reserve Pre-Report. MTA Compilation No:6234, 17 p (unpublished).

Tuna, K., 2011. Turkey's Strategic and Critical Ore's Effects on National Security within the Frame of Politics Related to Strategic and Critical Ores. Çanakkale Onsekiz Mart University, Institute of Social Sciences, Department of Internal, Çanakkale, Postgraduate Thesis, 240 p (unpublished).

Personal Dialogue

Aksoy, O., 2005. Personal Dialogue. Dokuz Eylül University, Department of Mining Engineering, İzmir, Turkey

Internet Resources

USGS, Chromium Statistics and Information, 2011.

www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/ (Erişim Tarihi: 01.01.2012)

4. Other Points to Take into Account

4.1 Abbreviations

Non-standard abbreviations should be placed at first page, defined as footnotes. Abbreviations should be coherent with the text.

4.2 Scales

Internationally accepted rules and customs should be followed. The International System of Units (SI) should be used. If there are different scales, please mention their SI equivalents.

4.3 Mathematical Formulas

In present basic formulas, for fractional expressions in text, "solidus" (/) should be used rather than a horizontal line. For example, (X/Y). In principles, variables are presented in italics. e's powers should be given with the use of (exp). Any referred, sequentially numbered equations are indicated separately from the text. Subscripts and superscripts used in equalities should be indicated explicitly and in lower character fonts (for example; CO₂, x²).

4.4 Footnotes

Footnotes shouldn't be used if unnecessary. List the footnotes in the course of article with superscript numbers.

4.5 Table Footnotes

In a table indicate each footnote with a superscript letter.

4.6 Image, Drawing and Photos

Writing font and size should be monotype. Text should be saved into article as a graph. Only the typefont mentioned in the image should be used; Arial, Courier, Times New Roman, Symbol. Drawings should be numbered in text. Working files should be named within a logical naming rule. Drawings should be headlined separately. Each graph should be sent as different files.

Images such as drawings, tables and photos, printed in high quality should be given under the title of "Image" and should be given according to their cited numbers in text. Image numbers should be written at the right top of the page, in addition images should be given shrinkable and extendable.

Maximum size for images with heading should be in 15,8 cm (width) x 22,5 cm (length). It is suggested that all images are prepared to be scaled-to-fit to a single column of the magazine. Especially the maps and drawings and photos of the lands should be given with linear scale suitable with metric system rather than numerical scale (1:25000 etc.). Northern direction should be indicated in all maps. In regional maps, if possible, national grid or latitude/longitude units should be given. Map explanations should be given above the image separately from image heading. Photos, drawings or images composed of each can be given as groups like (a), (b) etc. Toning the images with tinting and shading should be avoided, especially for the images generated from computers; this should be taken into account. All images should be numbered as cited in the text as Image 1 or Image 1 and 2 (if more than one image is mentioned).

Photos should be as explicit and bright as possible. Photos should be sent in normal quality and placed in it's related section at the first application. After the acceptance of the article for publishing, all photos should be sent separately from the article with at least in 300 dpi quality.

4.7. Image Headings

Each image and picture should have a heading. Headings should be different from the image's resources. A heading should include a short heading and an explanation of the image. All symbols and abbreviations used should be identified.

4.8 Tables

Tables should be named sequentially. Footnotes should be embedded into tables and should be mentioned with superscript lower case letters. Vertical writing should be avoided.

5. Posting the Article to Magazine

Articles should be sent to editors below with e-mail till further notice.

Editor in Chief: C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül University Department of Mining Engineering)
o.aksoy@mtbilimsel.com

Madencilik Türkiye Magazine Agent : Onur Aydın (Madencilik Türkiye Magazine)
onur@mtbilimsel.com

6. About the Articles Accepted for Printing

Editorship communicates with the author if the article is accepted for printing. After the acceptance of the article for the publication, the author should prepare the article according to this spell check, in time given by the editorship and send the last copy to PMC after doing other editings according to the other requirements of the editorship.