

# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

*Journal of Geological Engineering*

*Cilt - Volume 42*

*Sayı - Number 2*

*ISSN 1016 - 9172*

*Aralık / December 2018*



**TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**Chamber of Geological Engineers of Turkey**

## EDİTÖR / EDITOR

Tamer TOPAL  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
06531, Ankara  
Tel: 0 312 210 26 90  
Faks: 0 312 210 57 50  
E-Posta: topal@metu.edu.tr

## TEKNİK EDİTÖR / TECHNICAL EDITOR

Müge AKIN  
Abdullah Gül Üniversitesi  
Müh. Fak. İnşaat Müh. Bölümü  
Sümer Kampüs 38080  
Kocasinan /KAYSERİ  
E-posta : mugeakink@gmail.com

## Makale Gönderim Adresi:

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara  
Tel : (0312) 434 36 01  
Faks : (0312) 434 23 88  
E-Posta : jmo@jmo.org.tr  
URL : www.jmo.org.tr

**Yayın Türü:** Yaygın Süreli Yayın  
**Yayın Şekli:** Yılda 2 kez (6 ayda bir)  
Türkçe ve İngilizce

**Yayın Sahibi:** TMMOB JMO Adına  
Hüseyin ALAN

**Yayının İdare Adresi:** Kocatepe Mah.  
Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe/Ankara

**Baskı:** ERS Matbaacılık,  
Kazım Karabekir Cad. Altıntop İşhanı  
No:87/7 İskitler/Ankara  
Tel : (0312) 384 54 88  
Baskı Tarihi : Aralık 2018  
Baskı Adedi : 500

## Yayın Kurulu / Editorial Board

Doç. Dr. Mutluhan AKIN (Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi)  
Prof. Dr. Erhan ALTUNEL (Osman Gazi Üniversitesi)  
Prof. Dr. Serdar BAYARI (Hacettepe Üniversitesi)  
Prof. Dr. Zeki ÇAMUR (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Hasan ÇETİN (Çukurova Üniversitesi)  
Dr. Özcan DUMANLILAR (Demir Export)  
Dr. Nusret EMEKLİ (İller Bankası)  
Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)  
Doç. Dr. Nazan Yalçın ERİK (Cumhuriyet Üniversitesi)  
Prof. Dr. Ünsal GEMİCİ (Dokuz Eylül Üniversitesi)  
Prof. Dr. Candan GÖKÇEOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)  
Doç. Dr. Reyhan Kara GÜLBAY (Karadeniz Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Nilgün GÜLEÇ (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Doç. Dr. Leyla KALENDER (Fırat Üniversitesi)  
Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL (İstanbul Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Nurkan KARAHANOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Doç. Dr. Ali KAYABAŞI (Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi)  
Prof. Dr. Recep KILIÇ (Ankara Üniversitesi)  
Prof. Dr. Mehmet Yalçın KOCA (Dokuz Eylül Üniversitesi)  
Dr. Ayhan KOÇBAY (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü)  
Prof. Dr. Halil KUMSAR (Pamukkale Üniversitesi)  
Doç. Dr. Yılmaz MAHMUTOĞLU (İstanbul Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Harun SÖNMEZ (Hacettepe Üniversitesi)  
Prof. Dr. Mehmet Lütfi SÜZEN (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Gültekin TARCAN (Dokuz Eylül Üniversitesi)  
Prof. Dr. Atiye TUĞRUL (İstanbul Üniversitesi)  
Doç. Dr. Dilek TÜZER (Hacettepe Üniversitesi)  
Prof. Dr. Necdet TÜRK (Dokuz Eylül Üniversitesi)  
Prof. Dr. Asuman TÜRKMEÑOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Taner ÜNLÜ (Ankara Üniversitesi)  
Prof. Dr. Hasan YAZICIGİL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Doç. Dr. Koray YILMAZ (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Ali Bahadır YAVUZ (Dokuz Eylül Üniversitesi)

Jeoloji Mühendisliği Dergisi makale ve dizin özleri  
**SCOPUS, ULAKBİM, GeoREF, Geobase/Geo Abstracts, EBSCO ve Cabell**  
uluslararası indeksleri tarafından taranmaktadır.

*Journal of Geological Engineering is indexed and abstracted by  
SCOPUS, ULAKBİM, GeoREF, Geobase/Geo Abstracts, EBSCO and Cabell*

## Jeoloji Mühendisleri Odası Chamber of Geological Engineers Yönetim Kurulu / Executive Board

Hüseyin ALAN	Başkan / President
Yüksel METİN	İkinci Başkan / Vice President
Faruk İLGÜN	Yazman / Secretary
D. Malik BAKIR	Sayman / Treasurer
M. Emre KIBRIS	Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities
Gonca ŞAHİN	Sosyal İlişkiler Üyesi / Member of Social Affairs
Buket YARARBAŞ ECEMİŞ	Yayın Üyesi / Member of Publication

*Jeoloji Mühendisliği Dergisi JMO yayını olup para ile satılmaz.*

## **İçindekiler / Contents**

### **Makaleler / Articles**

**121- Araştırma Makalesi / Research Article**

**Ömer ÜNDÜL, Buğra C. ÇOBANOĞLU, Feyat TAZ**

**İstanbul Paleozoyik İstifi'ndeki Dayklar ile Yan Kayalarının Dayanım ve Deformasyon Özelliklerindeki Farklılıklar**

*The Differences of Strength and Deformation Properties of Dikes and Host Rocks in the Paleozoic Sequence of İstanbul*

**143- Araştırma Makalesi / Research Article**

**Evren POŞLUK, Mustafa KORKANÇ**

**Zayıf Kayaçalarda Makinalı Kazı Performansının Kestirilmesindeki Zorluklar**

*Difficulty on Performance Prediction of Excavation with Machine in Weak Rocks*

**159- Araştırma Makalesi / Research Article**

**Ibrahim A. AL-AKHALY**

**Engineering Properties of Basalt Coarse Aggregates in Hamdan Area, NW Sana'a, Yemen**

**175- Araştırma Makalesi / Research Article**

**C. Bertan GÜLLÜDAĞ, Mehmet ALTUNSOY**

**Türkiye'de CBS Tabanlı Kömür Maden Bilgi Sistemi (KMBS) Kurulmasında Kullanılacak Bazı Kriterler**

*Some Criteria For Creating GIS Based Coal Mine Information System (CMIS) in Turkey*

**191- Derleme / Review Paper**

**Hasibe KÖRBALTA**

**"Kula Volkanik Jeoparkı Yönetim Planı" İçin Öneriler**

*Recommendations for Kula Volcanic Geopark Management Plan*

**215- Derleme / Review Paper**

**Bahattin Murat DEMİR, Sami ERCAN, Mustafa AKTAN, Harun ÖZTAŞKIN**

**Türkiye'nin Asbest Profili ve Asbest Güvenliği Sorunu**

*Turkey's Asbestos Profile and Safety Problem of Asbestos*





Araştırma Makalesi / Research Article

## İstanbul Paleozoyik İstifi'ndeki Dayklar ile Yan Kayalarının Dayanım ve Deformasyon Özelliklerindeki Farklılıklar

*The Differences of Strength and Deformation Properties of Dikes and Host Rocks in the Paleozoic Sequence of İstanbul*

Ömer ÜNDÜL<sup>1</sup> , Buğra C. ÇOBANOĞLU<sup>2</sup> , Feyat TAZ<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar, 34320 İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Fen Bilimleri Enstitüsü, Vezneciler, 34116 İstanbul, Türkiye

Geliş (Received): 19 Eylül (September) 2017, Düzeltme (Revised): 01 Haziran (June) 2018, Kabul (Accepted): 03 Ağustos (August) 2018

### ÖZ

Nüfus artışına bağlı olarak yeni yerleşim alanlarına gereksinim artmakta, bu alanlarda, altyapı hizmetleri ve diğer mühendislik amaçlı pekçok yapının inşası zorunlu hale gelmektedir. Farklı türdeki mühendislik yapılarının (Örneğin altyapı hizmetleri, derin kazılar, tüneller vb.) inşası 1900'lü yılların ikinci yarısından itibaren İstanbul'da yoğun olarak devam etmektedir. Önümüzdeki yakın gelecek için de pekçok büyük mühendislik projesi planlanmaktadır. Günümüzde inşa edilen yapılar önceliklere göre daha büyük boyutlarda ve daha derinde yapılmaktadır. Böylece, planlayıcı ve uygulayıcı mühendisler daha fazla jeolojik belirsizliğin yarattığı jeo-mühendislik sorunlarla karşılaşmaktadır. İstanbul'daki büyük mühendislik projelerinin önemli bir kısmı son yıllarda İstanbul Boğazı'nın her iki yakasında ve genelde İstanbul Paleozoyik istifinde yoğunlaşmaktadır. Bu istif genel olarak çökel kayalardan oluşmaktadır. Çökel kayalar pekçok yerde farklı bileşimlerde, belirgin olmayan yönlerde ve boyutlardaki (milimetreden birkaç metre boyutlarına kadar) dayklar tarafından kesilmektedir. Bu istifteki çökel kayaları kesen dayklar pekçok tünel projesinde, TBM sıkışması, stabilite ve su problemleri vb. beklenmeyen ve istenmeyen durumları oluşturmaktadır. Bunların sonucunda da projelerde zaman kayıpları ve maliyet artışları yaşanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, İstanbul'daki daykların eksenel yükler altındaki dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesidir. Ayrıca, çalışılan kayaçların gevreklik özellikleri de değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, tek eksenli sıkışma dayanımı ve dolaylı çekme dayanımı deneyleri dayklar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bunlara ek olarak, daykların ve yan kayaçlarının temel kaya özelliklerine göre mühendislik davranışları karşılaştırılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre daykların ve yan kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımları sırasıyla 46-277 MPa ve 33-158 MPa, Young modülleri ise 16-99 GPa ve 5-57 GPa arasında değişmektedir. Ayrıca magmatik kayaların eksenel yükler altındaki gevrek kırılma türündeki yenilmeleri gerilme-şekil değiştirme diyagramlarında oldukça belirgindir. İstanbul'da başta tüneller olmak üzere yeraltı kaya yapılarında karşılaşılan problemlerin tümü dikkate alındığında; yan kayaçlar ile daykların dayanım ve deformasyon özelliklerindeki farklılıkların en önemli jeolojik sorunlardan biridir. Bu çalışmadaki bulgular, bölgedeki yeraltı kaya yapılarının inşa aşamaları ve özellikle uzun dönem performansları için ayrıntılı jeomekanik araştırmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Gevreklik, Dayk, Elastik Özellikler, Jeomekanik Özellikler, İstanbul

**ABSTRACT**

*The enlargement of settlement areas due to increasing population emerges the construction of infrastructural and other engineering structures. The construction of engineering structures has been densely continued from the second half of the 1900's to the present in İstanbul. Many engineering projects are being planned for the near future. The recent structures are larger and deeper than the previous structures. Thus, the planners and engineers have faced to more geo-engineering problems related with geological uncertainties. In recent years, majority of the engineering structures in İstanbul are getting denser in the Paleozoic sequence of İstanbul along both the two sides of the Bosphorus. The Paleozoic sequence of İstanbul mostly consists of sedimentary rocks. These sedimentary rocks are crosscut by dikes with varying compositions, in random orientation and dimensions (e.g. millimeter to couple of meter in scale). The dike crosscutting the İstanbul Paleozoic rocks generate unexpected and unwanted conditions such as squeezing of TBMs, stability problems, water leakage etc. As a result, increase in time and budget of the projects occur. This study aims to define the strength and deformation properties of dikes in İstanbul under axial loadings. Besides, the brittleness of the studied rocks and their engineering behavior in practical applications were evaluated. In addition, the behavior of dikes and host rocks were compared regarding basic rock mass properties. Based on the test results, the uniaxial compressive strength and Young's modulus of dikes and the host rocks are determined as 46-277MPa and 33-158 MPa, and 16-99 GPa and 5-57 GPa, respectively. Besides, the brittle failure of the magmatic rocks under axial loadings is obvious in the graph of strength versus strain. Once the problems encountered particularly in tunnel constructions in İstanbul are evaluated, it is defined that the differences between the strength and strain characteristics of host rocks and dikes become an important geological problems. The results of this study state necessitate the detailed geo-mechanical investigations during the construction and for the long-term performance of underground rock structure.*

**Keywords:** *Brittleness, Dike, Elastic Properties, Geomechanical Properties, İstanbul*

**GİRİŞ**

Dünya'nın en büyük şehirlerinden biri olan İstanbul'un hem nüfusu hem de yerleşim alanı gereksinimi hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu artışa paralel olarak pekçok yeraltı yapısı inşa edilmekte ve planlanmaktadır. Bu mühendislik projeleri, İstanbul'un Avrupa ve Anadolu yakalarında çeşitli boyutlarda yayılım gösteren Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik birimler üzerinde ve içerisinde yer almaktadır. Jeolojik birimler üzerinde uzun yıllardan beri ayrıntılı çalışmalar yürütülmüştür (Tchihatcheff, 1864; Penck, 1919; Ketin, 1941; Kaya, 1973; Önalın, 1981 ve 1982; Özgül, 2012; Yıldırım vd., 2013). Özellikle son 20-25 yıl içerisinde söz konusu mühendislik faaliyetleri genellikle İstanbul Boğazı'nın iki yakasında, İstanbul Paleozoik istifi içerisinde yoğunlaşmaktadır. Buna koşut olarak, Paleozoik istifi pek çok yerde kesen

daykların inşaat faaliyetlerine etkileri de sıklıkla rapor edilmektedir.

İstanbul'daki farklı köken ve bileşimdeki daykların varlığı bölgede yapılan ilk çalışmalardan itibaren bilinmektedir (Penck, 1919; Okay, 1948). İstanbul'daki mühendislik projelerinin tür ve miktarlarının, derinliklerinin ve proje boyutlarının artması araştırmacıların ve mühendislerin daha fazla dayk - yan kaya ilişkisiyle karşılaşmasına neden olmaktadır. Özellikle yeraltı kaya yapılarında karşılaşılan dayklar pekçok alanda taze ve az ayrılmış olarak gözlenmektedir. Yeraltı mühendislik çalışmalarında, dayk - yan kaya ilişkisinde, kaya ve kaya kütle özelliklerindeki ani değişimler nedeniyle, tünel kazı makina ve ekipmanlarının beklenenden çabuk aşınması, TBM sıkışmaları, duraysızlık vb. sorunlar anlatılmaktadır (Dalgıç, 2000 ve 2002; Biberoglu, 2006; Varol ve

Dalgıç, 2006; Bilgin vd., 2008; Fugro, 2010; Eyigün, 2014; Bilgin vd., 2016). Buna ek olarak, Kaiser ve Cai (2012), yan kayalara göre daha dayanımlı olan daykların yeraltı kazıları sırasında özellikle uzun dönemde gerilme artışlarına neden olabileceği ve olumsuz gerilme koşulları yaratabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca Bilgin (2016) daykların varlığının tünellerde faaliyetlerinin uzun sürmesine neden olan önemli jeolojik etmenlerden olduğunu belirtmiştir.

Şimdiye dek yapılan çalışmalarda İstanbul Paleozoyik istifini kesen daykların jeomekanik özelliklerinin literatürde yer almadığı fark edilmiştir. Bu çalışmada, İstanbul Paleozoik istifini kesen ve farklı bölgelerden alınan farklı bileşimlerdeki daykların ve yan kayaçların jeomekanik özellikleri birlikte değerlendirilecektir. Bu bağlamda, kayaçların birim ağırlıkları ve porozitelerini de içeren fiziksel özellikler belirlenmiştir. Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri yüksek hassasiyetli şekil değiştirme ölçümleriyle birlikte gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler sonucunda, Young Modülü ve Poisson oranları hesaplanmıştır. Kristalli kayaçların yeraltı kazılarındaki uzun dönem performanslarının belirlenmesinde (Damjanac ve Fairhurst, 2010) ve kavlaklanma analizlerinde (Nicksiar ve Martin, 2013) önemli bir veri olarak kullanılan çatlaklanma başlangıcı gerilme seviyeleri belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, kayaçların akma sınırlarında veya hemen sonrasında yenilmeleri olarak tanımlanan gevreklikleri de (Hetenyi, 1966; Hucka ve Das, 1974; Meng vd., 2015) bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Kayaların gevreklikleri, TBM kazılarında kazıcı uçların kayada oluşturduğu çatlakların gelişimini ve ezilen kesimin boyutlarını etkilemektedir. Böylece kazıcı uçların daha yüksek kazı etkisi oluşturmasına izin vermektedir (Gong ve Zhao, 2007). Benzer şekilde çatlakların gelişimini

etkileyen gevreklik özelliği hidrolik çatlatma ile yapılan hidrokarbon üretimlerinde de etkinliği arttırmaktadır (Zhishui ve Zandong, 2015). Bu kapsamda, gevrekliğin TBM kazıcı uçlarına, yeraltı kaya yapılarındaki kazı performansına (Blindheim ve Bruland, 1998; Kahraman, 2002; Gong ve Zhao, 2007; Yağız, 2009; Ko vd., 2016), kavlaklanma değerlerinin belirlenmesine (Diederichs vd., 2004; Lee vd., 2004) ve hidrolik çatlatmaya (Zhishui ve Zandong, 2015; Holt vd., 2015) etki yaptığı ifade edilmiştir. Hajiabdoulmajid ve Kaiser (2003) ise, kayaçların gevrekliklerinin yeraltı kaya yapılarının uzun ve kısa dönemdeki duraylılıklarına ve aşırı sökülme alanlarının şekillerinin belirlenmesindeki önemine vurgu yapmışlardır. Meng vd. (2015)'de gevrekliğin kaya davranışının izlenmesinde ve destek sistemlerinin belirlenmesinde önemli bir parametre olduğunu belirtmiştir. Bu nedenlerden dolayı, gevreklik ve kavlaklanma değerlerinin belirlenmesi için Brazilian dolaylı çekme ve tek eksenli sıkışma deneyleri aynı örnek grupları için gerçekleştirilmiştir.

Yukarıdaki çalışmalara ek olarak, mineralojik bileşimlerin belirlenmesi için X ışını kırınım analizleri yapılmıştır. Ayrıca, örneklerin ince kesitleri yapılarak polarizan mikroskopta petrografik özellikleri belirlenmiştir. Araştırma sırasında benzer fiziksel ve mekanik deneyler, daykların içlerine sokulum yaptığı yan kayaçlarda da gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, daykların ve yan kayaçların dayanım ve deformasyon özellikleri değerlendirilmiştir.

İstanbul'da, tüneller başta olmak üzere pekçok mühendislik girişiminin (derin kazılar, şevler vb.) yapımları ve planlamaları hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu çalışmada sunulan veriler ve tartışılan konular, daykların ve yan kayaların jeomekanik özelliklerinin anlaşılmasına katkı yapacağı gibi söz konusu kayaçların birlikte yer

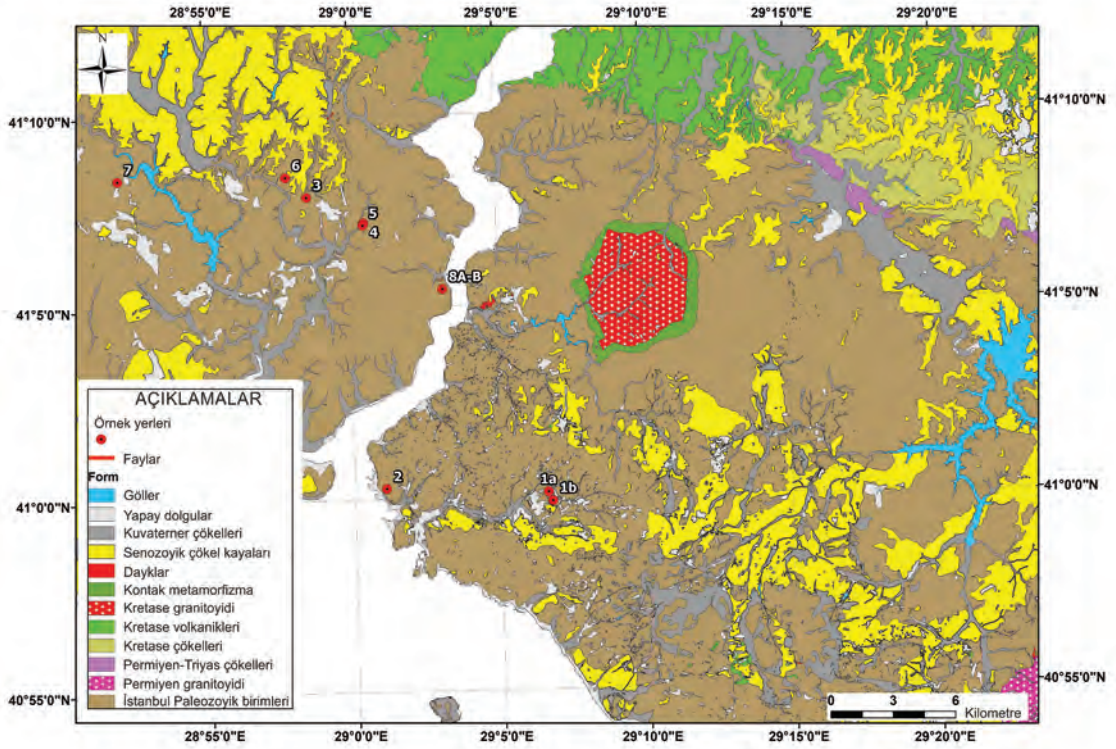
aldıkları jeolojik ortamlarda meydana gelebilecek sorunların anlaşılmasına da katkı sağlayacaktır.

## ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Ordovisiyen'den Permiyen'e kadar kesintisiz 1000m'den fazla kalınlığa sahip Paleozoik istif, İstanbul'da çok geniş alanlar kaplamaktadır (Şekil 1). Bu istif genel olarak yanal ve düşey geçişlidir ve farklı fasiyeslerdeki kırıntılı ve karbonatlı kayalardan oluşmaktadır. Yer yer kireçtaşı mercekleri karakteristik olarak gözlenmektedir (Önal, 1981 ve 1982;

Eroskay, 1985). İstanbul Paleozoyik istifi Geç Karbonifer'de ve Geç Mesozoik'te kıvrımlanmış ve istif içinde bindirme fayları gelişmiştir. Bu birim, Permiyen-Triyas çökelleri tarafından örtülmektedir (Önal, 1981 ve 1982).

Farklı mühendislik çalışmalarındaki kazılar ve İstanbul'un her iki yakasında yapılan sondajlar daykların geniş ve sık yayılımını ortaya koymaktadır. Bölgedeki dayklar genel olarak 58.9-72.5 My yaş aralığında olup andezit, diyabaz, dasit, lamprofir vb. bileşimlerdedir (Aysal vd., 2015).



Şekil 1. İstanbul'un sadeleştirilmiş jeoloji haritası üzerinde örnek yerlerinin gösterimi (Jeoloji haritası İBB, 2011'den sadeleştirilmiştir).

Figure 1. Sampling locations shown on the simplified geological map of İstanbul (Simplified from İBB, 2011).

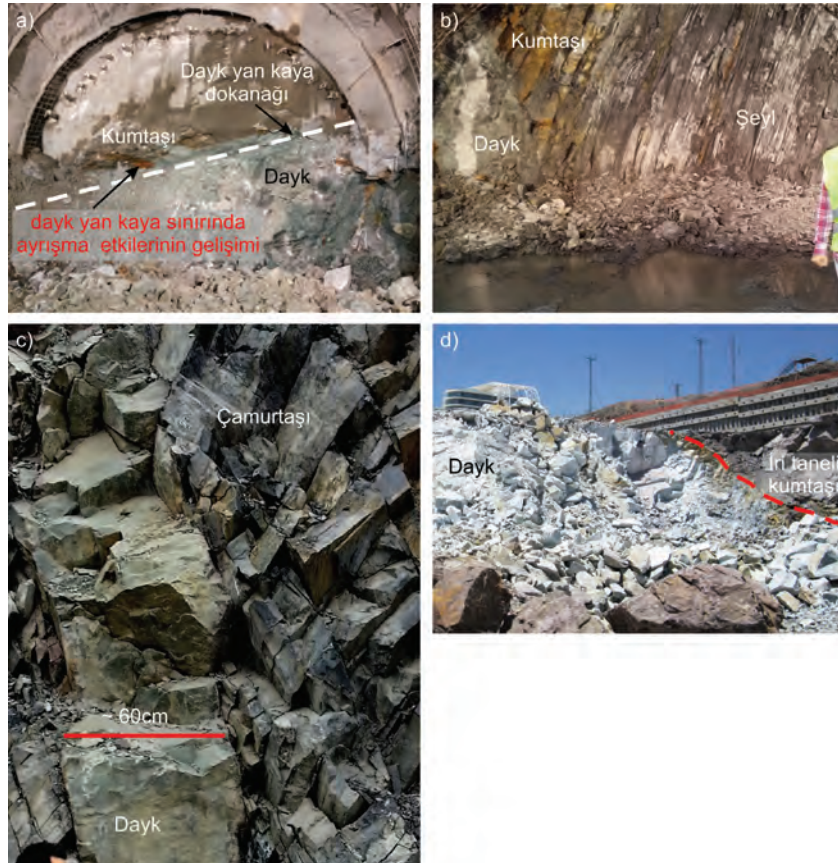


## ÖRNEKLERİN TANIMLANMASI VE DENEY YÖNTEMLERİ

### Örnekleme ve Örneklerin Tanımlamaları

Bu çalışmada kullanılan dayk örnekleri sondajlardan ve araziden alınan en az 50x50x50cm boyutlarındaki bloklardan karot alınmasıyla elde edilmiştir. Blokların ve

karotların dış etkilerden uzak kalmasına özen gösterilmiştir. İncelenen dayklar genel olarak felsik (örneğin dasit ve andezit) ve mafik (örneğin lamprofir ve diyabaz) bileşimlidir. Tortul olan yan kayaçları genelde kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı ve kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 2). Çizelge 1 ve Şekil 1 örnekleme noktalarını ve yan kayalar hakkında verilen temel bilgileri göstermektedir.



Şekil 2. Farklı mühendislik çalışmalarında daykların görünümü a) tünel aynasının alt kısmında dayk görünümü ve hemen üzerinde çoğunluğu püskürtme beton ile kaplanan kısımda kumtaşları yer almaktadır. Ayrıca dayk – kumtaşı sınırı boyunca ayrışma etkilerinin geliştiği belirgindir, b) Avrasya Tüneli kara tarafında dayk ve yan kayaç görüntüsü, c) taş ocağı şevlerinde çamurtaşı içerisinde sokulmuş lamprofir bileşimli dayk görüntüsü, d) bir temel kazısında andezit bileşimli daykların iri taneli kumtaşlarını kestiği alana ait görünüm.

Figure 2. Views of dikes from varying engineering studies a) a view of dike in the lower section of the tunnel and above is the sandstone that is mostly covered by shotcrete. Besides weathering effect along the boundary of dike-sandstone is evident, b) view of dike and host rock in the land side excavation of the Eurasia Tunnel, c) a view of lamprophyre dike within the mudstones along the slopes of a quarry, d) a view of andesitic dikes cross-cutting the coarse grained sandstones in a foundation.

Çizelge 1. Çalışılan kayaçların genel özellikleri ve örnekleme yerleri.

Table 1. General properties and sampling locations of the studied rocks.

Örnek yeri	Petrografik tanım	Örnek türü	Yan kayaç
1A - 1B	1A Lamprofir 1B Andezit	Temel kazısı	İnce taneli kumtaşı – iri taneli kumtaşı
2	Lamprofir	Tünel	Kumtaşı – şeyl, yumrulu kireçtaşı
3	Lamprofir	Taş ocağı	Kumtaşı – şeyl araldanması
4	Lamprofir	Temel kazısı	Kumtaşı-çamurtaşı
5	Lamprofir	Taş ocağı	Kumtaşı-çamurtaşı
6	Lamprofir	Taş ocağı	Çamurtaşı
7	Diyabaz	Taş ocağı	Çamurtaşı
8A - 8B	8A Lamprofir 8B Andezit	Sondaj	Kireçtaşı

Ayrışmanın etkisiyle kayaçlarda mikro-süreksizliklerin sayısının arttığı bilinmektedir (Arıkan vd., 2007). Bu çalışmada incelenen kayalar taze – az ayrışmış seviyelerden alındığı için ayrışmaya bağlı süreksizlikler sınırlıdır. İncelenen dayklar orta-geniş aralıklı (20cm-2m) süreksizlik içeren kaya kütleleridir. Diğer taraftan, dayklar oluşumları itibariyle yan kayaçlara göre oldukça gençtirler. Bölge iki büyük orojenik hareketten etkilenmesine karşın, dayklar sadece daha geç evrede gelişen tektonik olaylardan etkilenmiştir. Bu nedenle, dayk kütleleri yan kayaçlarına göre daha az süreksizlik içermektedirler. Sürekizlikler çoğunlukla kapalı, yer yer kalsit dolguludur.

### Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar

Dayk örneklerinin mineralojisi rastgele yönlendirilmiş toz örnekler üzerinde X ışını kırınımı analizleriyle değerlendirilmiştir. Örnekler kırıldıktan sonra öğütülmüş ve temsili kısımları Cu (K $\alpha$ ) radyasyonu altında oda sıcaklığında 5 - 55° 2 $\theta$  aralığında taranmıştır.

52 ince kesit üzerinde mikroskop çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Mekanik deney yapılan her bir karot örneğinden ince kesit alınmıştır. İnce kesit görüntüleri Leitz Orthoplan mikroskoplarda Leica Görüntüleme sistemiyle elde edilmiştir.

### Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesinde İzlenen Yöntemler

İncelenen dayklara ait birim hacim ağırlıklar ( $\gamma$ ), etkin porozite ( $n_t$ ) ve P dalga hızını ( $V_p$ ) içeren fiziksel özellikler ISRM (1981 ve 2007) standartlarına göre belirlenmiştir. Mekanik deneyler öncesinde P dalga hızı ölçümleri Proceq Pundit Lab marka cihaz kullanılarak kuru koşulda yapılmıştır.

### Mekanik Deneyler, Gevreklik ve Kavlaklanma Analizleri

Tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) ve Brazilian dolaylı çekme dayanımı (BTS) deneyleri servo-hidrolik kontrollü deney cihazı yardımıyla, yüksek hassasiyetli düşey

ve yanal şekil değiştirme ölçerlerle birlikte gerçekleştirilmiştir. Karot örnekleri UCS ve BTS deneyleri için önce testereyle kesilmiş ardından paralelliklerinin sağlanması için hassas aşındırma işlemi yapılmıştır. Karot örneklerinin boy-çap oranı UCS örnekleri için 2, BTS örnekleri için ise 0.5 olarak alınmıştır. Örneklerin alt ve üst yüzeylerinin paralellığı ISRM (1981 ve 2007)'de önerilen standartlara uygun olacak şekilde hazırlanmıştır. Her örneğe ait BTS değerleri Eşitlik 1 yardımıyla belirlenmiştir.

$$s_t = \frac{2F}{pD} \quad (1)$$

F = Yenilme anındaki yük (kN)

D = Örneğin çapı (mm)

L = Örneğin kalınlığı (mm)

Bu çalışmalara ek olarak, tek eksenli sıkışma dayanımı deney verileri önemli bir kaya parametresi olan çatlaklanma başlangıcı gerilme seviyelerinin ( $\sigma_c$ ) (Bieniawski, 1967; Damjanac ve Fairhurst, 2010; Nicksiar ve Martin, 2013) belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu analizlerde Lajtai (1974) tarafından önerilen yöntemden yararlanılmıştır. Bu çalışmada elde edilen gerilme seviyeleri gevrek kayaların kavlaklanma gerilme seviyelerini ortaya koymasından dolayı kavlaklanma analizleri olarak da ifade edilmektedir (Diederichs vd., 2004). Kayaların çatlaklanma başlangıcı gerilme seviyeleri tek eksenli sıkışma dayanımlarının yaklaşık 0.3-0.7 seviyelerindedir (Bieniawski, 1967; Nicksiar ve Martin, 2013). Bu bağlamda, söz konusu gerilme seviyeleri her bir kaya için ancak tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi ile tespit edilmektedir.

Kayaların gevrekliklerinin belirlenmesi için pekçok sayısal yaklaşım önerilmiştir. Kayaların gevrekliklerinin belirlenmesi için önerilmiş yöntemler Andreev (1995). Meng vd.

(2015) ve Xia vd. (2017) tarafından derlenmiş ve değerlendirilmiştir. Heidari vd. (2014) ve Meng vd. (2015) aşağıda verilen eşitliklerin (Eşitlik 2 ve 3) gevrekliğin tespitinde en sık kullanılan yöntemler olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, Lee vd. (2004) ile Diederichs vd. (2004) kavlaklanma ve kaya patlamalarının UCS/BTS oranına göre değerlendirilebileceğini belirtmişlerdir. Önceki araştırmacılar UCS/BTS oranının artmasıyla gevrekliğin arttığına işaret etmişlerdir. Ancak gevreklik mertebesinin ifade edilebileceği literatürde yaygın kullanımı olan bir sınıflama önermemişlerdir. Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada, Eşitlik 2 ve 3 kullanılarak çalışılan kayaların gevreklikleri hakkında bilgi edinilmeye çalışılmış ve Eşitlik 2 yardımıyla da az-orta derecede süreksizlik içeren bu kayalara ait kavlaklanma analizlerine katkı sağlanmıştır.

$$B_1 = \frac{s_c}{s_t} \quad (2) \text{ (Hucka ve Das, 1974)}$$

$$B_2 = \frac{s_c \cdot x s_t}{2} \quad (3) \text{ (Altındağ, 2000)}$$

$\sigma_c$  Tek eksenli sıkışma dayanımı

$\sigma_t$  Brazilian dolaylı çekme dayanımı

## BULGULAR

### Mineralojik ve Petrografik Veriler

Petrografik çalışmalardan elde edilen verilere göre çalışılan dayklar lamprofir, diyabaz ve andezit bileşimlerindedir. Lamprofir bileşimli (koyu renkli çoğunlukla ortoklaz ve amfibolden oluşan, panidiyomorfik doku gösteren bir damar kayacı) dayklar genelde yeşil, koyu yeşil renklerdedir ve plajiyoklaz fenokristalleri ve kloritler belirgindir. Plajiyoklaz kristallerinin boyutları 1mm-3mm arasında değişmektedir

(Örneğin örnek yeri 1A, 2, 4, 6, 8A, Şekil 3). Bazı örnek yerlerinde daha küçük kristaller, nadiren spartik damarlar ve amfibollere rastlanmıştır (Örneğin örnek yeri SL 3, 8 A, Şekil 3 ve Şekil 4). Hamur malzemesinde karbonatlaşma ve klorit gelişimi karakteristiktir.

Diyabaz bileşimli dayklar da koyu yeşil renkleriyle belirgindir (Örneğin örnek yeri 7). Feldspat fenokristalleri belirgin olup yer yer plajiyoklaz mikrolitlerine ve iri kristallere koritlemiş hamur içerisinde rastlanır. Alterasyona bağlı kil ve karbonat oluşumu gelişmiştir. Yer yer spartik damarlar belirgindir.

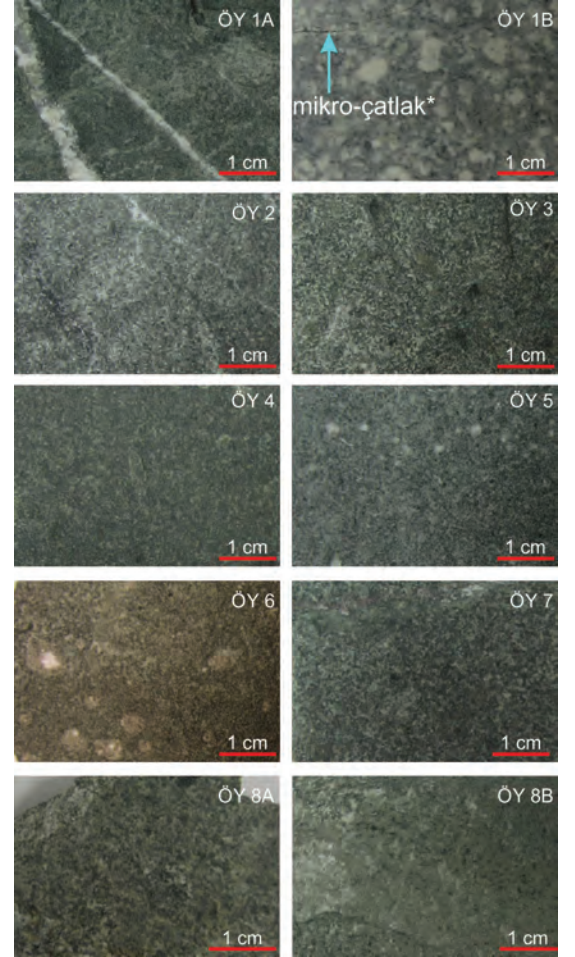
Ataşehir ve Levent bölgelerinde (Örneğin örnek yerleri 1B ve 8B) beyaz gri renkli andezit bileşimli dayklara rastlanmıştır. Mineraller gözle görülebilecek şekildedir. Feldspat kristalleri örneklerin büyük kısmını kapsamakta olup boyutları 1-5mm arasındadır. Amfibol ve biyotit mineralleri daha az oranda gözlenmektedir. Ayrıca Levent bölgesindeki dayklarda klorit ve epidot damarları vardır (Örneğin örnek yeri 8B). (Çizelge 2, Şekil 3 ve Şekil 4).

Çizelge 2. XRD çalışmalarına göre dayk örneklerinin mineral bileşimleri.

Table 2. Mineralogical assemblages of the dikes according to XRD studies.

Örnek Yeri	Mineral bileşimi
1A	Plajiyoklaz, amfibol, klorit
1B	Plajiyoklaz, kuvars, klorit, montmorillonit
2	Plajiyoklaz, klorit, flogopit, kuvars
3	Plajiyoklaz, klorit, flogopit, kuvars, kalsit, amfibol
4	Plajiyoklaz, kuvars, klorit
5	Plajiyoklaz, klorit, flogopit (muskovit), kuvars
6	Albite, plajiyoklas, klorit, kuvars
7	Plajiyoklaz, klorit, piroksen
8A	Plajiyoklaz, amfibol, klorit
8B	Plajiyoklaz, kuvars, klorit

İncelenen kayalara ait XRD analizleri yardımıyla belirlenen mineral içerikleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Çalışılan örneklerde albit, amfibol ve kloritlerin baskın mineraller olduğu gözlenmektedir (Çizelge 2).

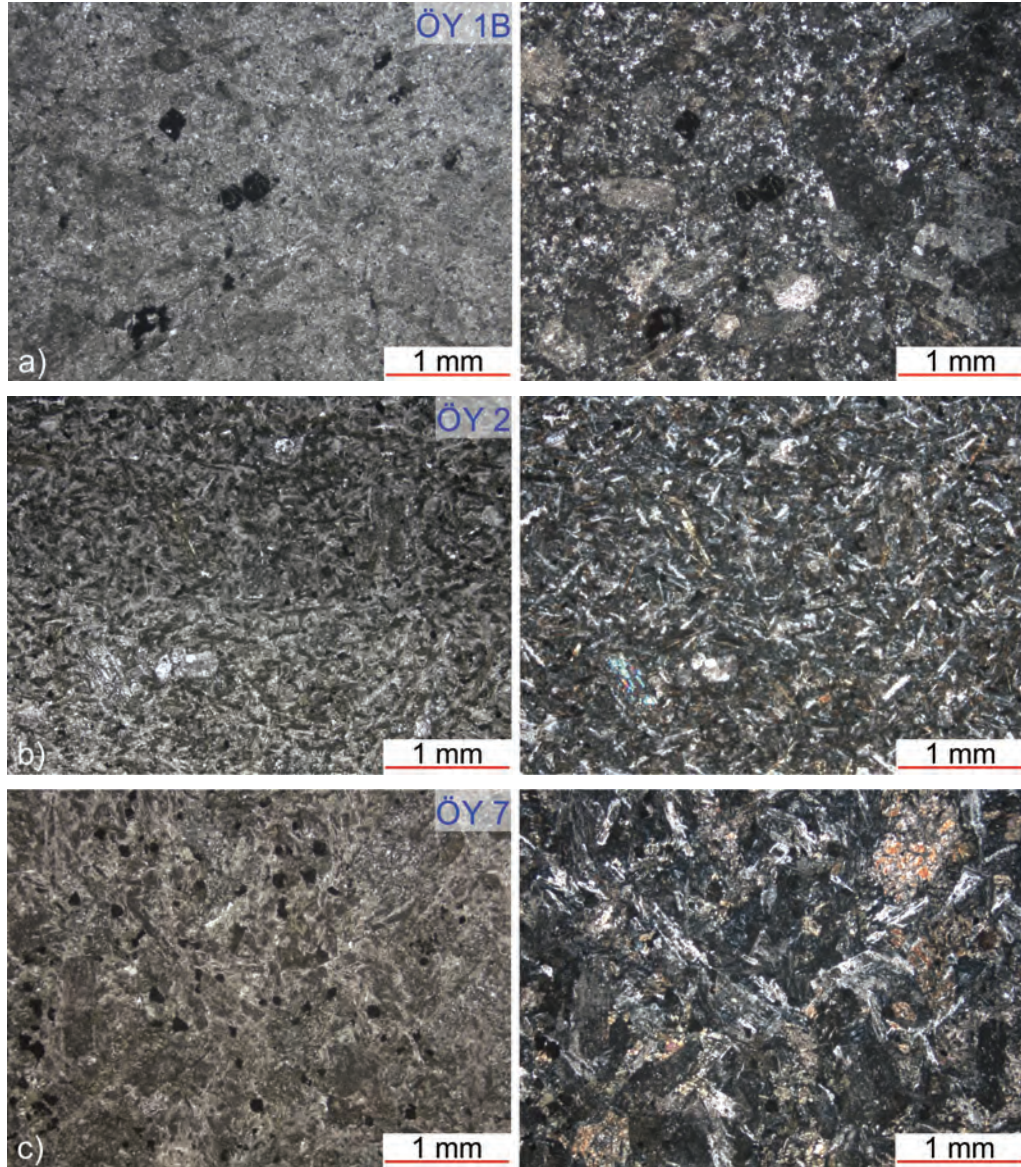


Şekil 3. Çalışılan kayaçların el örneklerinin yakından görünüşleri.

(\* karot alma işlemi öncesinde tespit edilemeyen mikro çatlak)

Figure 3. Macroscopic views of hand specimens of the studied rocks.

(\* microcrack which can not be detected before coring process)



Şekil 4. Daykların mikroskop altındaki görüntüleri a) andezit bileşimli örnek, b) lamprofir bileşimli örnek, c) diyabaz bileşimli örnek.

(Mikroskop görüntülerinde sol taraftaki görüntüler tek nikol sağ taraftaki görüntüler ise çift nikol görüntüleridir)

Figure 4. Photomicrographs of dikes a) dikes with andesitic composition, b) sample of lamprophyre composition, c) sample of diabase composition.

(The views on left were obtained by parallel nicols and views on right were obtained by cross nicols)

### Daykların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Deneye tabi tutulan örneklere ait fiziksel özellikler (örneğin  $\gamma$ ,  $n_{\text{eff}}$ ,  $V_p$ ) Çizelge 3'te, tek eksenli sıkışma ve Brazilian dolaylı çekme dayanımları, Young Modülü ve Poisson oranı değerleri Çizelge 4'te özetlenmiştir.

Daykların birim hacim ağırlıkları 24.14 ile 29.08 kN/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Genelde düşük porozite değerleri olan örnekler (% 0.28 - % 4.65), 3.90-6.69 km/s arasında değişen P-dalga hızlarına sahiptirler (Çizelge 3). Daykların tek eksenli sıkışma dayanımları 46-277 MPa arasındadır. Eksenel şekil değiştirme grafiğinden elastisite modülleri 16-99 GPa aralığında, aynı seviyedeki Poisson oranı ise 0.04-0.28 aralığında elde edilmiştir (Çizelge 4).

İncelenen kayalar içerisinde en düşük birim hacim ağırlıklar andezit bileşimli örneklerden elde edilmiştir (Örneğin örnek yeri 1B). Ayrıca ÖY 1B andezitleri ile ÖY 2 lamprofirleri nispeten daha yüksek poroziteye sahiptirler. En yüksek Young modülü değerleri ÖY 7'deki

diyabazlardan elde edilmiştir ve bu kaya grubu en yüksek Poisson oranına da sahiptir. Çalışılan kayalar içerisinde en yüksek tek eksenli sıkışma dayanımları ise lamprofir dayklarına ait ÖY 5 ve ÖY 6 'dan elde edilen elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 3. Çalışılan daykların fiziksel özellikleri.  
Table 3. Physical properties of the studied dikes.

Örnek Yeri	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$n_{\text{etkin}}$	$V_p$ (km/s)
1A	26.14-26.37-26.72	0.86-1.01-1.19	3.93-5.39-5.97
1B	24.14-24.32-24.88	2.26-2.72-3.31	4.3-4.8-5.32
2	26.86-27.16-27.64	3.11-3.99-4.65	4.4-4.73-5.4
3	27.4-27.6-27.6	1.03-1.58-2.04	4.7-5.41-5.71
4	28.24-28.37-28.42	0.52-0.53-0.54	6.21-6.44-6.69
5	26.67-26.92-27.06	1.2-1.6-1.9	3.9-4.3-5.1
6	27.28-27.47-27.62	0.53-0.76-1.07	5.87-5.98-6.15
7	28.09-28.3-28.5	0.28-0.31-0.33	5.57-5.63-5.73
8A	28.80-28.94-29.08	1.01-1.29-1.54	4.72-5.08-5.4
8B	27.5-27.8-28.1	1.13-1.22-1.31	5.03-5.13-5.24

Deney sonuçlarında sırasıyla en düşük, ortalama ve en yüksek değerler sunulmuştur.

Çizelge 4. Çalışılan dayklara ait mekanik deney sonuçları ve gevreklik değerleri.

Table 4. Mechanical properties and brittleness values of the studied dikes.

Örnek Yeri	E (GPa)	$\nu$ (-)	$\sigma$ (MPa)	$\sigma_{Cl, \text{çap}}$ (MPa)	BTS (MPa)	Gevreklik değerleri	
						Eşitlik 2 ( $B_1$ )	Eşitlik 3 ( $B_2$ )
1A	24-45-55	0.07-0.11-0.15	69-169-244	25-54-77	9.4-12-17	13-14.5-15.5	686-1117-2025
1B	16-25-31	0.04-0.07-0.1	46-95-177	19-30-57	5.6-7.25-8.9	21.6-28.6-35.6	338-874-1410
2	22-27-34	0.06-0.07-0.09	113-158-186	33-46-57	10.2-10.8-11.4	11-14-16	852-576-1060
3	40-41-43	0.09-0.09-0.1	86-175-222	25-53-67	9-11.5-14.9	9.6-14.9-17.4	387-1050-1676
4	46-47-49	0.08-0.1-0.12	130-240-277	44-69-81	8-9.1-11.2	25-29-32	1016-1230-1562
5	-	-	105-136-151	-	10.3-13.5-16.3	9.3-10-10.8	540-938-1230
6	40-41-44	0.08-0.09-0.11	186-194-201	53-55-56	6.8-8.8-11.5	17.5-23-27.4	632-852-1155
7	82-92-99	0.26-0.27-0.28	155-165-173	59-65-72	8.4-12-15	11.7-14.4-19	654-1010-1280
8A	42	0.11	97-100-103	34	8.8	11.02	426
8B	26	0.1	103-113-123	37	11.2	10.98	688

İlgili alanlarda sırasıyla en düşük, ortalama ve en yüksek değerler sunulmuştur. Gevreklik değerleri tek eksenli sıkışma dayanımı ve brazilyan çekme dayanımı deney sonuçları olan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

## Yan Kayaçların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

İncelenen dayklar her örnek noktasında Paleozoik'e ait sedimenter kayaçları kesmektedir. Araştırma sırasında yan kayaçlardan yöntemler kısmında tanımlandığı gibi örnekler alınmıştır. Çizelge 5'te yan kayaçlara ait fiziksel (birim hacim ağırlık, etkin porozite, P dalga hızı) ve mekanik (tek eksenli sıkışma dayanımı, çekme dayanımı, elastisite modülü, poisson oranı) özellikler sunulmuştur.

Yan kayaçların birim hacim ağırlıkları 24.1 ile 27.4 kN/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Ölçüm yapılan yan kayaç örneklerinde porozite değerleri farklılık göstermekte olup %0.05-6.8 arasında değişmektedir. P-dalga hızları 2.5-6.8 km/sn arasında olan yan kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımları ise 28-158 MPa arasındadır. Eksenel şekil değiştirme grafiğinden elastisite modülleri 5-29 GPa aralığında, aynı seviyedeki Poisson oranı ise 0.04-0.16 aralığında elde edilmiştir (Çizelge 5).

İncelenen yan kayaçlar genelde benzer birim hacim ağırlıklar sunmaktadırlar. Bunun yanında ÖY 2 ve 6'daki kumtaşları diğer yan

kayaçlara göre daha yüksek dayanım değerleri göstermektedir (Çizelge 5).

## DAYKLARIN DAYANIM VE DEFORMASYON ÖZELLİKLERİ

Dayklar ortalama olarak 170 MPa gibi yüksek tek eksenli sıkışma dayanımı sunmaktadır. Farklı bölgelerden alınan dayk örneklerine ait UCS değerleri arasında farklılıklar görülse de aynı lokasyondan alınan dayk örnekleri genelde birbirleriyle uyumlu dayanım değerleri vermektedir. Dikkat çekici derecede düşük dayanım değerleri genelde önceden var olan ve karot alma işlemi sırasında görülmeyen kırıklar boyunca yenilen örneklerden elde edilmiştir (Şekil 3 ve Çizelge 4). Bununla beraber, Tapponier ve Brace (1976), Eberhardt vd. (1999), Ündül vd. (2015) ve Ündül (2016)'nın belirttikleri gibi, içyapıdaki çok küçük değişimler kayaç davranışında önemli değişimlere yol açabilmektedir. Çalışılan kayaçlarda hamur malzemesi ile fenokristal oranları sayısal olarak ifade edilmese de gözlemsel olarak farklılıklarının olduğu belirgindir. Bu farklılıklar iç yapıdaki değişimleri oluşturmaktadır (Şekil 3 ve Çizelge 4).

Çizelge 5. Yan kayaçlara ait fiziksel ve mekanik özellikler.

Table 5. Physical and mechanical properties of the host-rocks.

Örnek Yeri	Kaya türü	Örnek sayısı	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$n_{\text{etkin}}$	E (GPa)	$\nu$ (-)	$\sigma$ (MPa)	$\sigma_{Cl, \text{cap}}$ (MPa)	BTS (MPa)	Vp (km/s)	Kaynak
1A-1B	İri taneli arkoz	5	24.7-25.8	2.3-6.8	12.1	0.04	28-69	27	5.2	2.5-3.8	*
1A-1B	İnce taneli arkoz	-	26.8		5-8		33-44		3.4-5.0		**
2	Kumtaşı	7	26.3-27.1	1.5-2.1			104-158		5.7-14	4.5-4.8	*
2	Kireçtaşı	5	24.1-24.7	1.5-2.9	39-57	0.08-0.16	53-90	17-42	-	5.6-6.8	***
3, 4, 5	Silttaşı-Çamurtaşı	3	26.6-26.7		10-11		38-84	22-23	10-14	2.9-3.1	*
6	Kumtaşı	5	27.3-27.4	0.05-0.1	24-29	0.06-0.11	89-158	27-37	8-14	5.4-4.7	*
8A-8B	Kireçtaşı	-	26.2		13		59-72		5.4-9.4		**

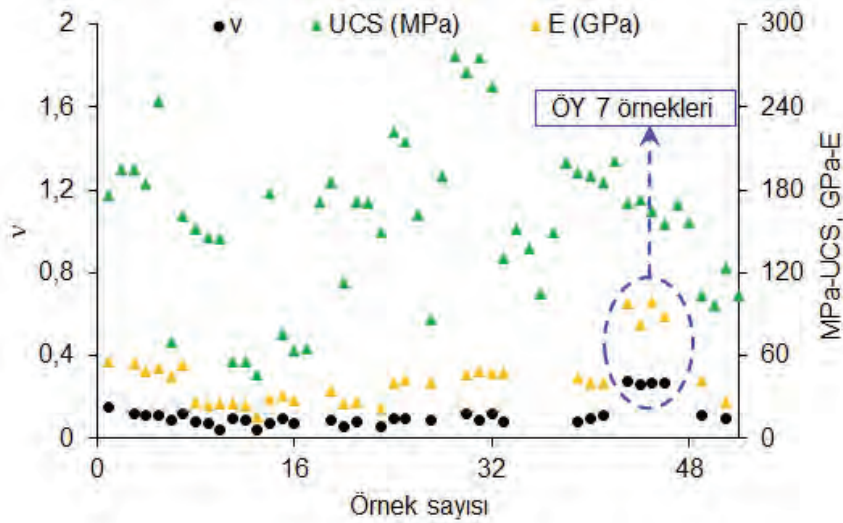
\* Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler

\*\* Bilgin vd. (2008)'den derlenen veriler

\*\*\* Ündül vd. (2016)'dan derlenen veriler

Çalışılan kayaçların Young modülü (E) ve Poisson oranları ( $\nu$ ) UCS değerlerine göre daha dar bir aralıkta değerler sunmaktadır. ÖY 7 örnekleri diğer örneklere göre önemli derecede yüksek UCS değerleri sunmaktadır. ÖY 1B ve ÖY 2 örnekleri ise diğer örneklere göre daha düşük E ve  $\nu$  değerleri vermiştir. Tüm örneklere bakıldığında, E ve  $\nu$  değerlerinin de nispeten dar aralıkta değiştiği görülmektedir (Çizelge 4 ve Şekil 5). Bu durum kayanın iç yapısıyla ilişkilidir. Tek eksenli sıkışma deneyinde örnekler üzerinde deney boyunca gerilme etkili olduğundan içyapı tüm gerilme değerlerinde etkin olmaktadır.

Böylece, örneğin yüksek gerilmelerdeki kararsız kırık gelişimi kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımını belirlemektedir. Ancak E ve  $\nu$  değerleri, örneğin gerilme şekil değiştirme diyagramında erken gerilme evresindeki elastik bölgeden hesaplanır. Bu nedenle, söz konusu gerilme seviyeleri, tüm gerilme seviyelerinin sadece bir kısmını kapsar. Bu seviyeler, tek eksenli sıkışma dayanımına göre oldukça düşüktür ve iç yapının etkisi de bu nedenle sınırlı kalmaktadır. Böylece, UCS değerleri saçılım gösterirken, E ve  $\nu$  değerleri göreceli daha dar bir aralıkta değerler sunmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS), elastisite modülü (E) ve poisson oranı ( $\nu$ ) değerlerinin örneklere göre dağılımı (Ündül ve Çobanoğlu, 2017'den değiştirilerek).

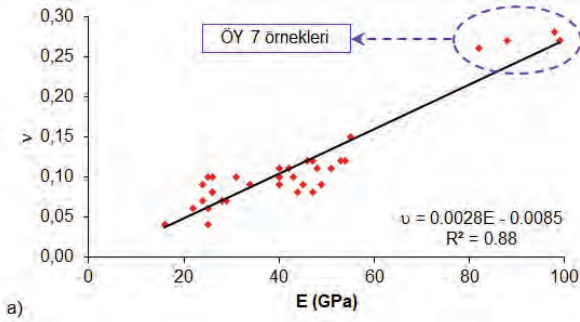
Şekilde sağ düşey ekseninde, tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) için birim MPa, Elastisite modülü (E) için birim GPa olarak verilmiştir. E ve  $\nu$  değerleri eksen etkisi göz ardı edildiğinde dahi UCS'e göre daha dar bir aralıkta dağılım göstermektedir.

Figure 5. Distribution of uniaxial compressive strength (UCS), modulus of elasticity (E) and poisson's ratio ( $\nu$ ) with respect to the sample numbers (modified from Ündül and Çobanoğlu, 2017).

The unit for uniaxial compressive strength (UCS) is MPa and for the Elastic modulus (E) is GPa, respectively on the vertical axis on right. The values for E and  $\nu$  stand in a narrow range when the scale effect is ignored.

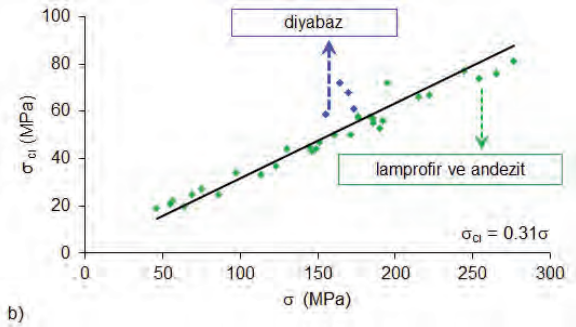


Gevrek kayalar akma sınırında veya hemen sonrasında çok az boyuna deformasyon göstererek yenilmektedir. Dayklarda artan elastisite modülü ile yanal deformasyon düşey deformasyona göre önemli derecede artış göstermektedir (Şekil 6a). Bu bulguya göre; çalışılan kayalar için gevrekliğin elastisite modülü ile arttığı ifade edilebilir. Benzer bulgular Aydan vd. (2001) tarafından da elde edilmiştir. Şekil 6a'da ÖY 7 örneklerinin E ve  $\nu$  değerlerinin diğer örneklerle göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Diyabaz örneklerinin diğer örneklerden farklı içyapı özellikleri sunması, bu durumun nedeni olduğu düşünülmektedir ve bu veriler çıkartıldığında dahi grafik belirgin bir yönelim göstermeye devam etmektedir. Bu yeni durum için korelasyon katsayısı  $r=0.74$  olmaktadır.



6b'de de diyabazlara ait veri noktaları genel yönelimden farklılıklar göstermektedir. Çatlak oluşumunun başlangıcına ait gerilme seviyeleri ( $\sigma_{ci}$ ) ve en yüksek dayanım ( $\sigma$ ) arasındaki ilişki bu veri noktaları olmadığında yine aynı oranı vermektedir.

Mekanik özelliklerin birbirleriyle olan ilişkilerinin anlaşılması için çoklu regresyon analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda elde edilen çoklu lineer ilişkiler Çizelge 6'da verilmiştir. Çoklu regresyon analizleri elastisite modülü ve UCS değerlerinin Poisson oranı üzerindeki görünür etkisini ifade etmektedir. Benzer şekilde Poisson oranı ve BTS'in de Young modülüne etkisi belirgindir.



Şekil 6. Dayanım ve deformasyon parametreleri arasındaki ilişkiler a) Poisson oranının Young modülüne göre değişimi (Ündül ve Çobanoğlu, 2017'den değiştirilerek), b) Çatlaklanma başlangıcı gerilme seviyesinin tek eksenli sıkışma dayanımına göre değişimi.

Figure 6. The relationships between strength and deformation parameters a) the variation of Poisson's ratio with respect to Young's modulus (modified from Ündül and Çobanoğlu, 2017), b) the variation of crack initiation stress level with respect to uniaxial compressive strength.

İncelenen dayklarda çatlak oluşumunun başlangıcı, tek eksenli sıkışma dayanımının yaklaşık 0.31'i seviyelerine eriştiğinde başlamaktadır. Şekil 6a'da verilen E ve  $\nu$  arasındaki ilişkilere benzer şekilde, Şekil

### Gevrekliğin Değerlendirilmesi

Basit regresyon analizlerine göre, fiziksel ve mekanik özellikler ile  $B_1$  gevreklik değerleri arasında herhangi bir ilişki saptanamamıştır. Ancak çoklu regresyon analizleri dayanım,

çekme gerilmesi, elastisite modülü ve Poisson oranlarının  $B_1$  değerlerini etkilediğini ortaya koymaktadır (Çizelge 6). Diğer yandan, Altındağ (2000) artan  $B_2$  değerleriyle kayaçların gevreklik özelliklerinin arttığını ifade etmiştir. Çalışılan kayaçların  $B_2$  değerleri tek eksenli sıkışma dayanımı ve Brazilian dolaylı çekme dayanımları ile ayrı ayrı görünür ilişkiler sunduğu basit regresyon analizleriyle belirlenmiştir (Şekil 7). Ayrıca çoklu regresyon analizlerine göre dayanım, çekme dayanımı, elastisite modülü ve Poisson oranının  $B_2$  üzerindeki etkileri Çizelge 6'da sunulmuştur. Çoklu regresyon analizleri dayanım ve deformasyon özelliklerinin, çalışılan kayaçların gevreklik özelliklerine önemli oranda etki ettiğini göstermektedir.

Çizelge 6. Çoklu regresyon analiz sonuçları.

Table 6. Results of the multiple regression analyses.

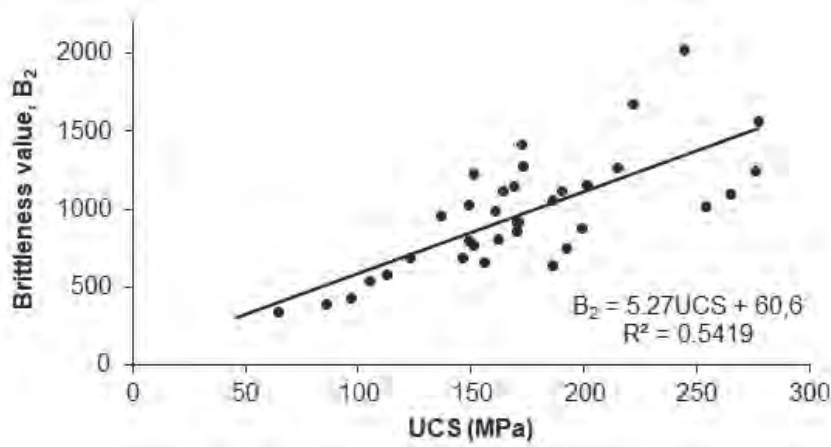
İlişkiler	r
$v = -0.019 + (0.002E) - (0.00103BTS)$	0.96
$v = 0.0069 + (0.002E) - (0.00013\sigma)$	0.95
$v = 0.01 + (0.00286E) - (0.00018\sigma) + (0.00097BTS)$	0.96
$E = 7.89 + (323.36v) + (0.072BTS)$	0.95
$B_1 = 16.07 + (0.11\sigma) - (1.79BTS) + (0.02E)$	0.99
$B_1 = 16.00 + (6.4v) + (0.11UCS) - (1.80BTS)$	0.99
$B_1 = 20.55 + (0.09\sigma) - (1.84BTS)$	0.90
$B_1 = 0.120 + (0.18\sigma) - (0.27\sigma_{cl})$	0.81
$B_2 = -1068 + (5.06\sigma) + (107.49BTS) - (0.69E)$	0.99
$B_2 = -92 + (0.85\sigma) + (16.21\sigma_{cl})$	0.77
$B_2 = -309 + (5.60\sigma) - (57.39V_p)$	0.74

### Dayk ve Yan Kayaçların Birlikte Bulunması ve Bulguların Uygulamada Kullanılması

İncelenen magmatik kayaçların farklı tortul kayaçlarla ayrımlı kayaç uyumsuzlukları vardır. Bu durum farklı dayanım ve farklı deformasyon özellikleri sunan ortamları oluşturmaktadır. Şekil 8 çekme dayanımı, Young modülü ve UCS değerlerinin dayklar ve sokulum yaptıkları yan kayaçlarla aralarındaki dayanım ve deformasyon farklılıklarını göstermektedir. Ayrıca Şekil 9'da daykların ve yan kayaçların gerilme şekil değiştirme grafikleri sunulmuştur. Her grafik aynı örnek noktasından alınan dayk ve yan kayaç örneğine ait verileri göstermektedir (Şekil 2).

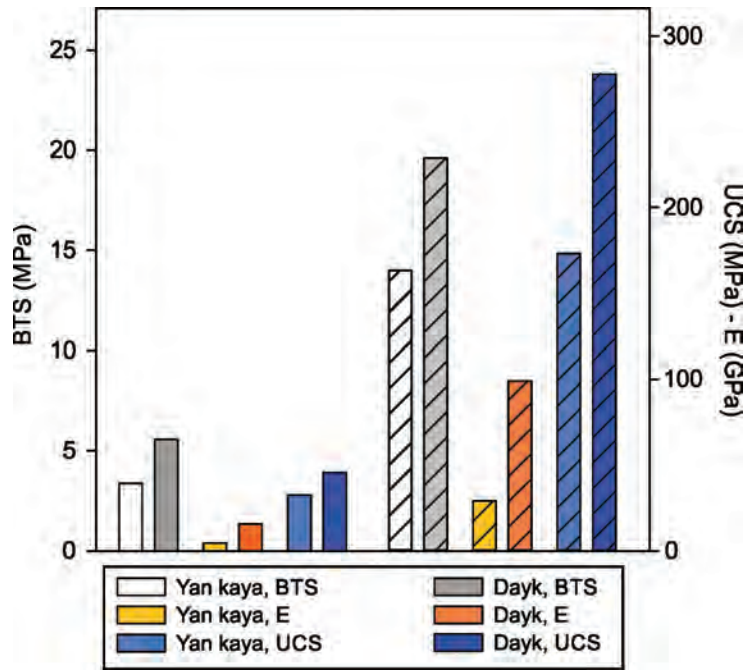
Çizelge 4 ve Çizelge 5'te verilen ve Şekil 8 ve Şekil 9'da sunulduğu üzere dayklar eksenel yükler altında yan kayaçlara göre daha yüksek dayanım özelliği sunmaktadır. Daykların UCS değerleri farklılık gösterse de yük altındaki davranışları benzer olup yenilme anında gevrek davranırlar. Bununla birlikte, ÖY 2 noktasındaki kireçtaşı örnekleri dışında tüm sedimenter kayaçlar dayklara göre daha düşük elastisite modülü değerleri vermektedir (Şekil 9).

Şekil 10 ve Şekil 9'da gerilme şekil değiştirme grafikleri verilen örneklere ait enine ve boyuna şekil değiştirme değerlerinin uygulanan tüm yük kademelerindeki değişimini göstermektedir. Dayklar genel olarak boyuna şekil değiştirmenin %0.6'sı mertebelerine kadar dereceli bir şekilde yanal şekil değiştirme göstermektedir. Bu seviyeden sonra yanal şekil değiştirmedeki artış belirgindir. Sedimenter kayaçlar için enine ve boyuna şekil değiştirmeleri daha değişkendir. Bu durum sedimenter kayaçları oluşturan tanelerin farklı boylarda olmasından bu durum kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan, yumrulu kireçtaşı ve iri taneli kumtaşlarına ait grafiklerde enine şekil değiştirmelerin yaklaşık %0.02 seviyelerinden sonra enine şekil değiştirmelerde ani yükselişler gelişmiştir (Şekil 10).



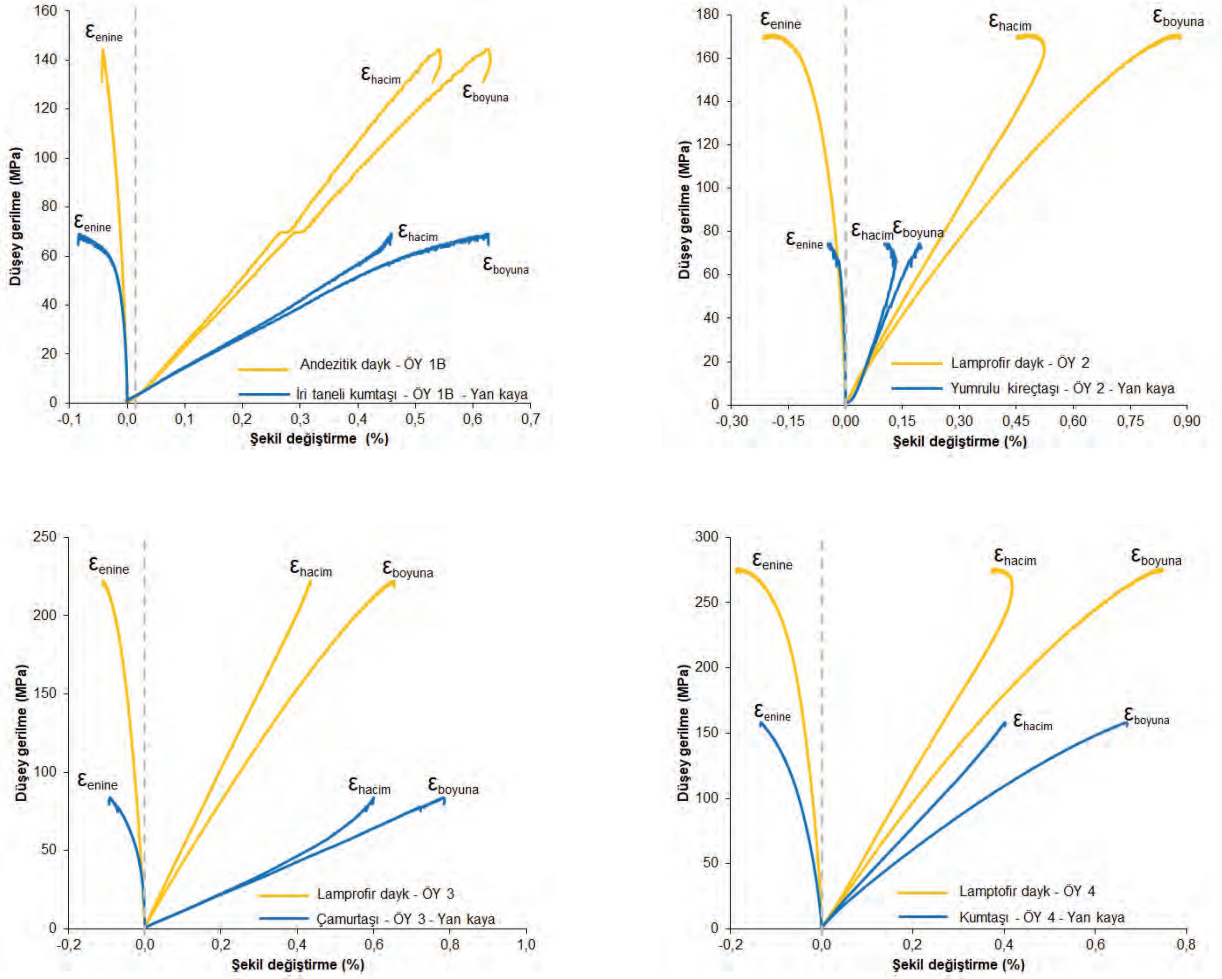
Şekil 7. Kayaçların gevreklik değeri ( $B_2$ ) ile tek eksenli sıkışma dayanımı arasındaki ilişki. Çizgisel olmayan ilişki kullanıldığında korelasyon katsayısı ( $R^2$ ) 0.68 olmaktadır.

Figure 7. The relationship between brittleness ( $B_2$ ) and the coefficient of correlation ( $R^2$ ) is 0.68 in case non-linear trend of the uniaxial compressive strength of the rocks is utilized.



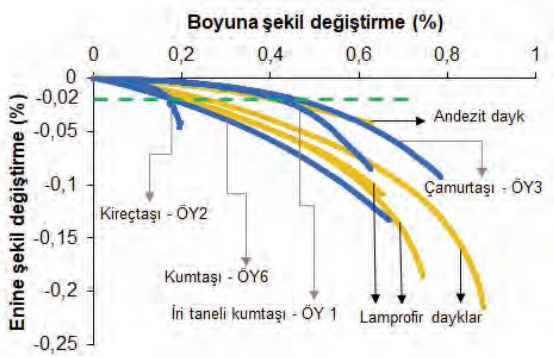
Şekil 8. Daykların ve yan kayaçların, Brazilyan dolaylı çekme dayanımı (BTS), Young modülü (E) ve tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) değerlerinin en düşük ve en yüksek değerlerinin görünümü. Taralı kutular en yüksek, tarama yapılmayan kutular en düşük değerleri göstermektedir.

Figure 8. Maximum and minimum values for the Brazilian tensile strength (BTS), the Young's modulus (E) and the uniaxial compressive strength (UCS) of dikes and host rocks. Dashed boxes show the maximum, empty boxes show the minimum values.



Şekil 9. Daykların ve yan kayaların gerilme-şekil diyagramları a) andezitik dayk ile iri taneli kumtaşı – ÖY1, b) lamprofir dayk ile yumrulu kireçtaşı – ÖY2, c) lamprofir dayk ile çamurtaşı – ÖY3, d) lamprofir dayk ile kumtaşı – ÖY4 (Şekil 9c ve d (Ündül ve Çobanoğlu, 2017'den değiştirilerek kullanılmıştır)).

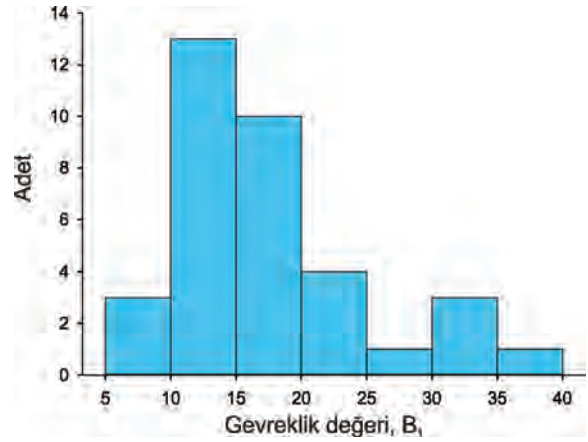
Figure 9. The stress – strain diagrams of dikes and host rocks a) andesitic dike and coarse-grained sandstone – ÖY1, b) lamprophyre dike and nodular limestone – ÖY2, c) lamprophyre dike and mudstone – ÖY3, d) lamprophyre dike and sandstone – ÖY4 (Figure 9c and d modified from Ündül and Çobanoğlu (2017)).



Şekil 10. Dayklar ve yan kayalarda Poisson etkisi.  
Figure 10. Poisson effect on the dikes and host rocks.

Araştırmacılar masiften orta derecede çatlaklı kayaç kütlelerine kadar olan farklı ortamlarda yeraltı kaya yapılarının uzun dönem duraylılıklarının çatlaklanma başlangıcı gerilme seviyeleriyle yakından ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir (Martin, 1997; Hajiabdolmajid vd., 2002; Martin ve Christiansson, 2009; Amann vd., 2011; Nicksiar ve Martin, 2013). Ayrıca, Lee vd. (2004) ve Diederichs (2007) aynı kayaç ortamlarında  $s_c/\sigma_t$  oranının kavlaklanma analizlerinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada  $s_c/\sigma_t$  oranı gevreklik değeri ( $B_1$ , Eşitlik 2) olarak ele alınmıştır. Bunun yanında, Lee vd. (2004) ve Diederichs (2007) kavlaklanmanın artışının daha az kırıklı ve daha yüksek  $s_c/\sigma_t$  oranı ile arttığını belirtmişlerdir. Diederichs (2007) masif - orta çatlaklı kaya kütleleri için  $s_c/\sigma_t$  oranının 15'in üzerinde olduğu durumlarda kavlaklanma analizlerinin yapılması gerektiğini ve çatlaklanma başlangıcı gerilme seviyelerinin süreksizlik analizlerinden daha önemli olduğunu ifade etmiştir. Bu çalışmada incelenen dayklar yan kayalarını kestikleri için göreceli olarak daha gençtirler ve tektonik etkilerden daha az etkilenmişlerdir. Bu nedenle, daha az sayıda süreksizlik içermektedirler ve

süreksizlik sıklıkları oldukça düşüktür (Şekil 2). Dayklara ait  $s_c/\sigma_t$  oranı 9.26 ve 35.62 arasında değişmektedir (Çizelge 4). Pekçok örneğin  $s_c/\sigma_t$  oranı 15'ten fazladır (Şekil 11). Daykların daha az süreksizlik içermeleri ve yüksek  $s_c/\sigma_t$  oranına sahip olmaları nedeniyle yer aldıkları bölgelerde kavlaklanma analizlerinin yapılması karşılaşılabilecek sorunların azaltılması yönünden önemlidir.



Şekil 11. Daykların gevreklik değerlerine ( $B_1$ ) ait histogram.

Figure 11. Histogram of brittleness values for the dikes ( $B_1$ ).

Daykların çatlaklanma başlangıcı gerilme seviyeleri 0.28-0.44 UCS seviyelerindedir. Daykların yan kayalarında da benzer değerler elde edilmiştir (0.23-0.39, Çizelge 5). Ancak yan kayaların UCS değerlerinin dayklara oranla daha düşük seviyelerde olduğu unutulmamalıdır.

Çizelge 4 ve Çizelge 5'te belirtildiği gibi, çatlaklanma UCS'in yaklaşık üçte biri seviyelerinde başlamaktadır. Göreceli düşük gerilme seviyelerinde başlayan çatlaklanma süreçleri tünel açımı sırasında çeşitli sorunlar yaratmaktadır. Bu sorunların başında tünel

aynası ve desteksiz kısımlarda meydana gelen duraysızlıklar, TBM sıkışmaları ve tünelleme faaliyetlerinde aksamalara dayk - yan kaya sınırlarında ve dayk kütlelerinin yer aldığı bölgelerde sıklıkla bildirilmektedir (Bilgin, 2016). Bu olgular daykların çatlaklanma başlangıcı gerilme seviyeleri ile yenilme sırasında gösterdikleri gevrek davranışlara bağlıdır. Bunlara ek olarak, dayklar ile sedimenter yan kayaçların süreksizlik sıklıkları arasında önemli farklar vardır. Daykların dayanım ve deformasyon özellikleri, nispeten daha az süreksizlik içermeleri ve yenilme anında gevrek davranış göstermeleri nedeniyle sorunlar yarattığı belirlenmiştir. Bu sorunlar mühendislik girişimlerinin planlama ve projelendirme aşamalarında daykların jeo-mühendislik özelliklerinin ayrıntılı olarak incelenmesini gerektirmektedir.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada İstanbul'da yer alan daykların fiziksel ve mekanik özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Daykların gevreklik özellikleriyle birlikte tek eksenli yükler altındaki dayanım ve deformasyon özellikleri belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, daykların ve yan kayaların dayanım ve deformasyon özellikleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Daykların tek eksenli sıkışma dayanımları 46-277 MPa arasında değişmektedir. Young modülleri ise 16-99 GPa arasında yer alır, Poisson oranları ise oldukça düşüktür ve 0.04-0.28 mertebelerindedir. Diyarbaz örnekleri hariç daykların elastisite modülleri (16-55 GPa) ve Poisson oranları (0.04-0.15) nispeten dar bir aralıktadır. Gevreklik değerleri ise  $B_1$  eşitliğine göre 9.3-35.6,  $B_2$  eşitliğine göre ise 338-2025 değerleri arasında değişmektedir.
- Yan kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımları 33-158 MPa, elastisite modülleri ise 5-29 GPa arasındadır.
- Daykların çatlaklanma başlangıcı gerilme seviyeleri tek eksenli sıkışma dayanımının 0.22-0.44'ü seviyelerinde olup belirlenen en uygun doğruya göre  $\sigma_c/\sigma$  oranı 0.31'dir.
- Çoklu regresyon analizlerine göre, elastisite modülü (E) ve en yüksek dayanımın (UCS) birlikte etkisi ile Poisson oranı arasında kuvvetli bir ilişki gözlenmiştir ( $r=0.95$ ). Benzer şekilde, Poisson oranı ve dolaylı çekme dayanımının elastisite modülü üzerindeki etkisi oldukça yüksektir ( $r=0.95$ ).
- İncelenen dayklar yan kayaçları kestikleri için göreceli daha gençtir. Bu nedenle daha az sayıda tektonik kökenli süreksizlikler içerirler. Daykların yer aldığı bölgede inşa edilecek yer altı kaya yapılarında  $s_c/BTS$  oranı ve çatlaklanma başlangıcı gerilme seviyelerinin göz önünde bulundurulduğu çatlaklanma analizlerinin yapılması uygun olacaktır. Daykların tek eksenli sıkışma dayanımları değişkenlik gösterse de yenilme sırasında gevrek kırıldığı göz ardı edilmemelidir.
- Çoklu regresyon analizlerine göre, dayanım ve deformasyon özelliklerinin çalışılan kayaçların gevreklikleri üzerinde önemli bir etki yaptığı belirlenmiştir.
- Yan kayaçlar dayklara göre daha düşük dayanım ve elastisite modülü değerleri sunmaktadır. Ayrıca eksenel yükler altındaki davranışları dayklardan farklıdır. Daykların ve yan kayaçların dayanım ve deformasyon özelliklerindeki bu farklar nedeniyle yeraltı kayaç yapılarının inşalarından önce bu kayaçların birlikteliklerinden doğabilecek sorunlara yönelik ayrıntılı jeomekanik ve jeo-mühendislik çalışmaları yapılmalıdır.

- Bu çalışmada elde edilen sonuçlar İstanbul bölgesindeki kayalar üzerinde yapılmış olup farklı litolojik özelliklere sahip kayalarda yapılacak çalışmalarda ilgili litolojilere ait örnekler üzerinde benzer deneyler yapılarak sonuçlar değerlendirilmelidir. Ayrıca bu çalışmadaki örnek yerlerinden farklı olarak değişik yerlerden de örnekler alınarak çalışmanın genişletilmesi özellikle İstanbul'daki yeraltı yapılarında daha güvenilir verilerin elde edilmesini sağlayacağı unutulmamalıdır.

### Katkı Belirtme

Yazarlar, İsviçre ETH Mühendislik Jeolojisi Kürsüsünden Prof. Dr. Simon Löw ve Dr. Florian Amann'a tek eksenli sıkışma deneylerinin gerçekleştirilmesi sırasında sağladıkları imkanlar için ve İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden Doç. Dr. Namık Aysal'a XRD çalışmaları sırasında yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederler. Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 116Y349 numaralı proje ile desteklenmektedir.

### KAYNAKLAR

- Altındağ, R. 2000. The role of rock brittleness on analysis of percussive drilling performance, (in Turkish), Proceedings of 5th National Rock Mechanics 2000, 105–112.
- Amann, F., Button, E.A., Evans, K.F., Gischig, V.S., Blümel, M., 2011. Experimental study of the brittle behavior of clay shale in short-term unconfined compression. *Rock Mechanics Rock Engineering*, 44 (4), 415–430.
- Andreev, G. E., 1995. Brittle failure of rock materials: test results and constitutive models. A. A. Balkema, Rotterdam, p. 446.

- Arıkan, F., Ulusay R., Aydın N., 2007. Characterization of weathered acidic volcanic rocks and a weathering classification based on a rating system. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 66, 415–430.
- Aydan, Ö., Geniş, M., Akagi, T., Kawamoto, T., 2001. Assessment of susceptibility of rock bursting in tunnelling in hard rocks. *Proc. of the International Symposium on Modern Tunneling Science and Technology* (eds. Adachi), Swets&Zeitlinger, Vol. 1, 391-396.
- Aysal, N., Keskin M., Peytcheva I., Duru O., Akgündüz S., 2015. Geochronology, geochemistry and isotope systematics of a mafic-intermediate dyke complex in the İstanbul zone, Northern Turkey. *Goldschmidt 2015, Prag, CEK CUM.*, 16-21, 155-155.
- Biberoğlu, S., 2006. Engineering geological and geotechnical properties of volcanic dikes along the Marmaray Project Route, İstanbul. 5s. (in Turkish, unpublished)
- Bieniawski, Z.T., 1967. Mechanism of brittle failure of rock part I—theory of fracture process. *International Journal of Rock Mechanics Mining Science Geomechanics Abstracts*, 4 (4), 395–406.
- Bilgin, N., Çopur, H., Balci, C., Tumas, D. 2008. The selection of a TBM using full scale laboratory tests and comparison of measured and predicted performance values in Istanbul Kozyatagi-Kadikoy metro tunnels. *World Tunnel Congress 2008 Proceedings Book*, 1509-1516.
- Bilgin, N., 2016. An appraisal of TBM performances in Turkey in difficult ground conditions and some recommendations. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 57, 265-276.
- Bilgin, N., Çopur, H., Balci, C. 2016. TBM excavation in difficult ground conditions: case studies from Turkey. Wiley, 354 p.
- Blindheim, O.T., Bruland, A., 1998. Boreability testing. Norwegian TBM tunnelling 30 years of Experience with TBMs in Norwegian Tunnelling. Norwegian Soil and Rock Engineering Association, Publication no 11, 29–34.

- Dalgıç, S., 2000. The influence of weak rocks on excavation and support of the Beykoz Tunnel, Turkey. *Engineering Geology*, 58, 137–148.
- Dalgıç, S., 2002. A comparison of predicted and actual tunnel behavior in the İstanbul Metro, Turkey. *Engineering Geology*, 63, 69-82.
- Damjanac, B., Fairhurst, C., 2010. Evidence for a long-term strength threshold in crystalline rock. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 43 (5), 513–531.
- Diederichs, M.S., 2007. The 2003 Canadian Geotechnical Colloquium: Mechanistic interpretation and practical application of damage and spalling prediction criteria for deep tunneling. *Canadian Geotechnical Journal*, 44, 1082–1116.
- Diederichs, M.S., Kaiser, P.K., Eberhardt, E., 2004. Damage initiation and propagation in hard rock during tunnelling and the influence of near-face stress rotation. *International Journal of Rock Mechanics Mining Science Geomechanics Abstracts*, 41 (5), 785–812.
- Eberhardt, E., Stimpson, B., Stead, D., 1999. Effect of grain size on the initiation and propagation threshold of stress-induced brittle fracture. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 32 (2), 81–99.
- Eroskay, S.O., 1985. Graywackes of İstanbul region. *Derin Kazılar ve İksa Metodları Sempozyumu, Boğaziçi Üniversitesi*, 141-144.
- Eyigün, Y., 2014. The bearing capacities of piles in İstanbul greywackes. PhD. Thesis, İstanbul Teknik Üniversitesi, 219 s (in Turkish).
- Fugro, 2010. Geotechnical report Eurasia tunnel project investigation data. *Geotechnical Data Bosphorus Railway Crossing, Vol 1-2, İstanbul Turkey*.
- Gong, Q. M., Zhao, J., 2007. Influence of rock brittleness on TBM penetration rate in Singapore granite. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 22, 317–324.
- Hajiabdolmajid, V., Kaiser, P.K., Martin, C.D., 2002. Modelling brittle failure of rock. *International Journal of Rock Mechanics Mining Science Geomechanics Abstracts*, 39, 731–741.
- Hajiabdolmajid, Y., Kaiser, P., 2003. Brittleness of rock and stability assessment in hard rock tunnelling. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 18, 35-48.
- Heidari, M., Khanlari G.R., Torabi-Kaveh M., Kargarian, S., Saneie, S., 2014. Effect of porosity on rock brittleness. *Rock Mechanics Rock Engineering*, 47, 785-790.
- Hetenyi, M., 1966. *Handbook of experimental stress analysis*. Wiley, New York, p 15.
- Holt, R. M., Fjær, E., Stenebråten, J.F., Nes, O. M., 2015. Brittleness of shales: Relevance to borehole collapse and hydraulic fracturing. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 131, 200–209.
- Hucka, Y., Das B., 1974. Brittleness determination of rocks by different methods. *International Journal of Rock Mechanics Mining Science Geomechanics Abstract*, 11, 389-392.
- International Society for Rock Mechanics (ISRM), 1981. *Rock characterization testing and monitoring — ISRM Suggested Methods*. In: Brown, E.T. (Ed.), Pergamon, New York.
- International Society for Rock Mechanics (ISRM), 2007. *The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring*. Kozan, Ankara, pp 1974–2006.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), 2011. *İstanbul İl Alanının Jeolojisi*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Daire Başkanlığı, Editör Necdet Özgül, 333 s.
- Kahraman, S., 2002. Correlation of TBM and drilling machine performances with rock brittleness. *Engineering Geology*, 65 (4), 269–283.
- Kaiser, P.K., Cai, M., 2012. Design of rock support system under rockburst condition. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 4 (3): 215–227.
- Kaya, O., 1973. The Devonian and lower Carboniferous stratigraphy of the İstinye, Bostancı and Büyükada subareas. Kaya O (ed.), *Paleozoic of İstanbul*, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, 40, 1-143.



- Ketin, İ., 1941. Das granitmassiv westlich von Alemdağ. İstanbul Üniversitesi Enstitüsü Neşriyatı, 7, 1-13.
- Ko, T.Y., Kim, T.K., Son, Y., Jeon, S., 2016. Effect of geomechanical properties on Cerchar Abrasivity Index (CAI) and its application to TBM tunnelling. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 57, 99–111.
- Lajtai, E.Z., 1974. Brittle fracture in compression. *International Journal of Fracture*, 10 (4), 525–536.
- Lee, S.M., Park, B.S., Lee, S.W. 2004. Analysis of rockbursts that have occurred in a waterway tunnel in Korea. *Proceedings of the ISRM SINOROCK 2004 Symposium, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 41(1), 911–916.
- Martin, C.D., 1997. Seventeenth Canadian Geotechnical Colloquium: the effect of cohesion loss and stress path on brittle rock strength. *Canadian Geotechnical Journal*, 34, 698–725.
- Martin, C.D., Christiansson, R., 2009. Estimating the potential for spalling around a deep nuclear waste repository in crystalline rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 46 (2), 219–228.
- Meng, F., Zhou, H., Zhang, C., Xu, R., Lu, X., 2015. Evaluation methodology of brittleness of rock based on post-peak stress-strain curves. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 48, 1787–1805.
- Nicksiar, M., Martin, C.D., 2013. Crack initiation stress in low porosity crystalline and sedimentary rocks. *Engineering Geology*, 154, 64–76.
- Okay, A.C., 1948. Şile Mudarlı, Kartal ve Riva arasındaki bölgenin jeolojik etüdü. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, 8/4, 311–335.
- Önalın, M., 1981. İstanbul Ordovisiyen ve Silüriyen istifinin çökeltme ortamları. İstanbul Yerbilimleri Dergisi., c. 2, 3-4, 161-177.
- Önalın, M., 1982. Pendik bölgesi ile adaların jeolojisi ve sedimenter özellikleri. İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, Doçentlik Tezi, 156s.
- Özgül, N., 2012. Stratigraphy and some structural features of the İstanbul Palaeozoic. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 817–866.
- Penck, W., 1919. Grundzüge der Geologie des Bosphorus, Veröffentlichungen Des Instituts Für Meereskunde, Geol.- Nalturw, Reihe, H. 4, Berlin.
- Tapponnier, P., Brace, W.F., 1976. Development of stress-induced microcracks in Westerly granite. *International Journal of Rock Mechanics Mining Science Geomechanics Abstracts*, 13, 103–112.
- Tchihatcheff, P. de, 1864. Le Bosphore et Constantinople, avec carte geologique, Paris p.232.
- Ündül, Ö., Amann F., Aysal, N., Plötze, M., 2015. Micro-textural effects on crack initiation and crack propagation of andesitic rocks. *Engineering Geology*, 193, 267-275.
- Ündül, Ö., 2016. İstanbul Paleozoyik istifindeki dayklar ile bölgedeki diğer magmatik kayaların gevreklik ve jeomekanik özelliklerinin araştırılması. TUBİTAK Projesi, 319316 (devam ediyor).
- Ündül, Ö., Amann, F., Perras, M., Aysal, N., Çobanoğlu, B.C., 2016. Strength, deformation and cracking characteristics of limestones. *Rock Mechanics and Rock Engineering: From the Past to the Future, Eurock 2016 Proceedings Book* (Eds. Ulusay, R., Aydan, Ö., Gerçek, H., Hindistan, M.A., Tuncay, E.), p.181-185.
- Ündül, Ö., Çobanoğlu, B., 2017. İstanbul'daki magmatik kayaların dayanım ve deformasyon özellikleri ile yan kayaçlar ile ilişkileri. *Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu*, 12-14 Ekim, 245-252.
- Varol, A., Dalgıç, S., 2006. Grouting applications in the İstanbul metro, Turkey. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 21, 602–612.
- Xia, Y. J., Li, L. C., Tang, C. A., Li, X. Y., Ma, S., Li, M., 2017. A new method to evaluate rock mass brittleness based on stress–strain curves of class I. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 50, 1123-1139.

- Yağız, S., 2009. Assessment of brittleness using rock strength and density with punch penetration test. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 24 (1), 66–74.
- Yıldırım, M., Tonaroğlu, M., Selçuk, M.E., Akgüner, C., 2013. Revised stratigraphy of the Tertiary deposits of İstanbul and their engineering properties. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 72, 431-420.

- Zhishui, L.I.U., Zandong, S.U.N., 2015. New brittleness indexes and their application in shale/clay gas reservoir prediction. *Petroleum. Exploration Development*, 42(1), 129–137.



Araştırma Makalesi / Research Article

## Zayıf Kayaçlarda Makinalı Kazı Performansının Kestirilmesindeki Zorluklar

*Difficulty on Performance Prediction of Excavation with Machine in Weak Rocks*

Evren POŞLUK<sup>1</sup> , Mustafa KORKANÇ<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> TCDD 2. Demiryolu Yapım Grup Müdürlüğü, Bozüyük, Bilecik, Türkiye

<sup>2</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye

Geliş (Received): 04 Aralık (December) 2017 / Düzeltme (Revised): 12 Nisan (April) 2018 / Kabul (Accepted): 12 Haziran (June) 2018

### ÖZ

Kayaç kütle sınıflama sistemleri birçok madencilik ve mühendislik uygulamalarının ön aşamalarında, kayaç tanımlaması ve tasarım amacıyla kullanılmaktadır. Proje ve tasarım aşamasında tünel delme makinesi (TBM) performans tahmini için teorik ve deneysel yöntemler bulunmaktadır. Makine performansının doğru tahmini çok sayıda kaya kütle parametresinin göz önünde tutulmasını gerektirir. Homojen ve izotrop kaya ortamlarında makine performansını öngörmek nispeten kolay olsa da, zayıf ve anizotrop kaya ortamlarında makine performansının kestirimi oldukça zordur. TBM performansının tahmini konusunda günümüze kadar yapılan birçok araştırma, penetrasyon ve kaya kütle sınıflamaları arasında zayıf bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, Ankara-İstanbul yüksek hızlı tren projesinde yer alan 26 numaralı (Bilecik İli ile Bozüyük İlçesi arasında) tünelde kullanılan TBM'in  $Q_{TBM}$  yöntemi ile anizotrop zayıf kaya için yapılan performans analizi sunulmuştur. Değerlendirme makinenin tünel içerisinde sıkışmasına kadar geçen kesimi kapsamaktadır. Çalışma sonucunda,  $Q_{TBM}$  yönteminde anizotrop zayıf kayada uygulama problemleriyle karşılaşıldığı, benzer ortamlarda kesici disk değişim zaman aralığı tahmininin son derece zor olduğu ve bu nedenle de performans kestirimi için kaya kütlelerinin anizotropik özellikleri ile makine özelliklerinin ilişkilendirilerek katılmasının gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Anizotropi, İlerleme hızı,  $Q_{TBM}$ , TBM performansı, Tünel, Zayıf kaya

### ABSTRACT

Rock mass classification systems are used for rock mass characterization and design in the preliminary stages of many mining activities and engineering applications. There are theoretical and experimental methods for the prediction of tunnel boring machine (TBM) performance in project stage. The correct estimation of machine performance is influenced by many input parameters of rock mass, and although it is relatively easy to predict machine performance in isotropic intact rock environments, it is very difficult in poor rock having anisotropic behaviour. Many studies in this area have shown a poor relationship with penetration and rock mass classifications. In this study, the performance analysis of TBM in anisotropic weak rock environment with the  $Q_{TBM}$  method, which is used in the Tunnel No. 26 (between Bilecik and Bozüyük), located in the Ankara-İstanbul high-speed train line, has been examined in the section until the machine is trapped in the tunnel. It is concluded that there exist problems for the anisotropic weak rocks in the  $Q_{TBM}$  method. It is extremely difficult to estimate the intermittent disk change time interval in such environments, and the relationship between properties of anisotropic rock mass and machine characteristics should be considered together for the performance machine prediction.

**Keywords:** Anisotropy, Advance rate,  $Q_{TBM}$ , TBM performance, Tunnel, Weak rock

## GİRİŞ

Uzun tünel imalatlarında (sağlam kayada >2000 m) diğer yöntemlere göre maliyet ve süre açısından önemli avantajlar sağlayan tam çeperli tünel açma makineleri (TBM) tercih edilmektedir. TBM performans analizi, tünel tasarımında, kazı planlamasında ve makine seçiminde önemli bir aşamadır (Salimi vd., 2016). Performans analizinin yanlış tahmini büyük zaman ve maliyet artışlarına neden olmaktadır.

TBM'nin performansı ve kullanımı, tünel boyunca karşılaşılan kaya kütlesi koşulları, çalışma parametreleri ve makine özellikleri olarak sıralanabilen birçok etmene bağlıdır. Hangi etmenlerin TBM performansı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu belirlemek oldukça karmaşıktır (Frough vd., 2015). Makinedeki veya geçilen jeolojik birimlerdeki küçük değişiklikler bile makine performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Değişken kaya kütlesi koşullarında TBM performansının doğru bir şekilde tahmin edilmesi oldukça zor bir durumdur.

Son yıllarda TBM'lerin değerlendirilmesi için sayısız TBM performans tahmin modeli ve düzeltme faktörleri önerilmiştir. Bu yöntemler teorik ve deneysel olmak üzere iki yaklaşıma ayrılabilir (Rostami vd., 1996). Teorik modeller, kesici disk üzerine etki eden kesme kuvvetlerini, kuvvet denge eşitliklerini bulmak için analiz gerçekleştirirken, ampirik modeller TBM'lerin saha performansının gözlemlenmesine dayanmaktadır (Çizelge 1).

Önerilen yöntemlerden, bu çalışmanın da temel dayanak noktasını oluşturan,  $Q_{TBM}$

yöntemi 2000 yılında Barton tarafından önerilmiştir. Barton (2000), bu modelde, kaya kütlesi sınıflandırması için orijinal Q sistemini TBM nüfuz etme oranını (anlık ilerleme-PR) ve gerçek ilerleme hızını (günlük ilerleme-AR) tahmin etmeyi sağlayan yeni bir  $Q_{TBM}$  sistemine genişletmiştir. Sistem, ortalama kesme kuvvetini, kayanın aşındırıcı doğasını, tünel derinliğindeki gerilme alanını ve kesici disklerin değişimini kestirmek için önerilmiştir (Çizelge 1).  $Q_{TBM}$  esas olarak, deneyimli bir mühendislik jeologu ve maden mühendisi tarafından basitçe tahmin edilebilen temel jeolojik ve jeoteknik parametrelere dayanmaktadır (Sapigni vd., 2002). Metodun ana düşüncesi, TBM ilerleyişi için son derece iyi ( $400 \leq Q \leq 1000$ ) ve aşırı kötü koşulların ( $0.01 \leq Q \leq 0.001$ ) olumsuz olduğunu dikkate almaktır. Özellikle ilk durumda, kesici takımlar için bakım sürelerinin artması nedeniyle daha düşük bir nüfuz etme oranı gözlemlenebilmektedir. İkinci durumdaki engel ise daha ağır desteklemeye gereksinim duyulması ve kaya stabilitesinin artırılması için enjeksiyon çözümlerine ihtiyaç duyulmasıdır. Bu da beraberinde makinenin daha uzun duraksamasına neden olmaktadır. Bu kaygılardan hareketle Barton (2000), kaya kütlesi kalitesinin fonksiyonları olarak değerlendirilen nüfuz etme oranı (PR), sürekli delme süreci ve gerçek ilerleme hızı (AR) için genel eşitlikler önermiştir.

Bu çalışmada oldukça karmaşık bir jeolojiye sahip Ankara-İstanbul Hızlı Tren Projesi, Bilecik ile Bozüyük arasında yer alan bölgede açılan 26 numaralı tünelde,  $Q_{TBM}$  yönteminin

Çizelge 1. TBM performans modelleri.

Table 1. Models of the TBM performance.

Referanslar	Metod	Kaya Parametreleri	Makine Parametreleri
Tarkov (1973)	Ampirik	Sağlam kaya sertliği	Kesici disk kuvveti
Roxborough ve Phillips (1975)	Teorik/Deneysel	Sağlam kaya sertliği	Kesici disk kuvveti
Graham (1976)	Ampirik	Tek eksenli basınç dayanımı	Kesici disk kuvveti
Ozdemir vd. (1977)	Teorik/Deneysel	Tek eksenli basınç dayanımı	Kesici disk kuvveti
Farmer ve Glossop (1980)	Ampirik	Brezilya indirekt çekme dayanımı	Kesici disk kuvveti
Snowdou vd. (1982)	Teorik/Deneysel	Sağlam kaya sertliği	Kesici disk kuvveti
Büchi (1984)	Teorik/Deneysel	Basınç ve çekme dayanımı, kaya anizotropisinde düzeltme faktörleri, çatlak aralığı, kayanın mika içeriği	Kesici aralığı, kesici uç genişliği, kesici yarıçapı, kesici kuvvet, TBM çapı, kesici disk sayısı
Sanio (1985)	Teorik/Deneysel	Sağlam kaya sertliği	Kesici disk kuvveti
Hughes (1986)	Teorik/Deneysel	Tek eksenli basınç dayanımı	Kesici disk kuvveti, $F_n$ , kesici disk çapı
Sato vd. (1991)	Teorik/Deneysel	Sağlam kaya sertliği	Kesici disk kuvveti
Innaurato vd. (1991)	Ampirik	Kaya yapısı derecelendirmesi (RSR)	Kesici disk kuvveti
Rostami ve Ozdemir (1993)	Teorik/Deneysel	Tek eksenli basınç, Brezilyan indirekt çekme dayanımı, Cherchar aşındırma endeksi	Kesici disk kuvveti, kesici uç genişliği,
Palmstrom (1995)	Ampirik	Kaya kütle indeksi (RMI)	Kesici disk kuvveti
Bruland (1998)	Ampirik	Tek eksenli basınç, sondaj oranı endeksi (DR1), eklem set sayısı, eklem yönlendirmesi, porozite	Kesici disk kuvveti, kesici kafa devir hızı, kesici boyutu ve şekli, itki kuvveti
Barton (2000)	Ampirik	Q sistemi parametreleri, kesici ömrü endeksi (CLI), kuvars içeriği, iki eksenli gerilme, porozite	Kesici disk kuvveti
Yağiz (2002)	Teorik/Deneysel	Tepe eğimi indeksi (PSI), zayıf nokta düzlemi arasındaki mesafe (DPW), Cherchar aşındırma endeksi (CAI)	Kesici disk kuvveti
Bieniawski vd. (2007)	Ampirik	Modifiye edilmiş RMR sistemi parametreleri	Makine çapı, toplam kesici kafa gücü, tork
Yağiz (2008)	Ampirik	Tek eksenli basınç dayanımı, kırılma indeksi	Kesici disk kuvveti
Hassanpour vd. (2009)	Ampirik	Tek eksenli basınç dayanımı, RQD	Kesici disk kuvveti, kesici kafa devir hızı
Gong ve Zhao (2009)	Ampirik	Basınç dayanımı, hacimsel eklem sayısı, gevreklik indeksi, ana süreksizlikler ile tünel ekseni arasındaki aç	Kesici disk kuvveti
Delisio ve Zhao (2014)	Ampirik	Tek eksenli basınç dayanımı, hacimsel eklem sayısı	İtki kuvveti, kesici kafa devir hızı
Benato ve Oreste (2015)	Ampirik	Tek eksenli basınç dayanımı, GSI	Kesici disk sayısı

uygulanabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, 13.77 m çapındaki tek kalkanlı TBM için tünel girişinden makinanın tünel içerisinde sıkışmasına kadar geçen kesimde hesaplanan (öngörülen) ile tünelde gerçekleşen ilerlemelerin karşılaştırmaları yapılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

26 numaralı tünel, Ankara-İstanbul hızlı tren projesinde Bilecik ilinin 10 km güney doğusunda, Ahmetpınar Köyü'nün 200 m batısında bulunmaktadır. Tünel güzergâhının batısında Bozüyük-Mekece karayolu ve bölge morfolojisini oluşturan Karasu Deresi bulunmaktadır. Tüneldeki örtü kalınlığı 30-236 m arasında değişim göstermektedir.

### $Q_{TBM}$ yöntemi

Bu yöntem, Barton vd. (1974) tarafından önerilen Q sisteminin TBM performansı için geliştirilen versiyonudur. Bu sistemin temel amacı kaya kütle sınıflama sistemi olarak kullanılan Q sisteminden yararlanarak TBM için anlık (PR) ve günlük (AR) ilerleme hızını hesaplamaktır.

Anlık (PR) ve günlük (AR) ilerleme hızı hesaplamaları için Barton (2000) tarafından önerilen eşitlikler aşağıda verilmiştir;

$$PR \text{ (Anlık ilerleme)} = PR = 5Q_{TBM}^{-1/5} \text{ m/saat(1)}$$

$$AR \text{ (Günlük ilerleme)} = PR \times T^m \text{ m/saat,}$$

$$AR \times 24 \text{ m/gün} \quad (2)$$

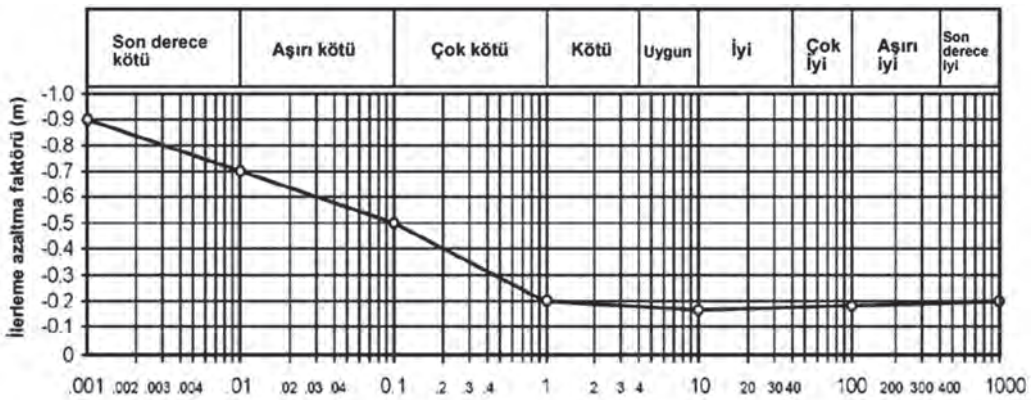
Bu eşitlikte T süre olup, aşağıdaki eşitlikte (Eşitlik 3) belirlenir;

$$T = \left( \frac{L}{PR} \right)^{\frac{1}{1+m}} \quad (3)$$

Bu eşitlikte "L" tünelin uzunluğunu ifade etmektedir. "m" ise aşınmadan dolayı ilerleme azaltma faktörü olup, aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$m = m_1 \times \left( \frac{D}{5} \right)^{0,20} \times \left( \frac{20}{CLI} \right)^{0,15} \times \left( \frac{q}{20} \right)^{0,10} \times \left( \frac{n}{2} \right)^{0,05} \quad (4)$$

Burada, "m<sub>1</sub>" aşınmadan dolayı ilerleme azaltma faktörü başlangıç değeri olup, Şekil 1'den yararlanılarak elde edilir, "D" TBM kazı çapıdır, "n" ise kayacın porozite değerini göstermektedir (Barton, 2000).



Şekil 1. Aşınmadan dolayı ilerleme azaltma faktörü başlangıç değerini (m) Q değerinin fonksiyonu olarak gösteren ilişki (Barton, 2000).

Figure 1. Preliminary estimate of declining advance rate gradient (m), as function of Q-value (Barton, 2000).

Günlük ve anlık ilerleme hızı hesaplamaları için önerilen eşitliklerde kullanılan  $Q_{TBM}$  değeri,

$$Q_{TBM} = \left[ \frac{RQD_o}{J_n} \times \frac{J_r}{J_n} \times \frac{J_w}{SRF} \times \frac{SIGMA}{F^{10}/20^9} \times \frac{20}{CLI} \times \frac{q}{20} \times \frac{\sigma_\theta}{5} \right] \quad (5)$$

eşitliğinden belirlenmiştir.

RQD<sub>o</sub> kavramı, yönlendirilmiş RQD için kullanılmaktadır. RQD değerinin sondajın tünel eksenini yönünde açılması durumundaki tahmini esasına dayanan bir parametredir.  $J_n$ ,  $J_r$ ,  $J_a$ ,  $J_w$  ve SRF ise Q sınıflama sistem parametreleridir. F her bir kesiciye gelen itme kuvvetidir ve üretici firma verilerinden yararlanılmaktadır.

SIGMA kavramı, kaya kütle dayanımını belirtmek için kullanılmaktadır (Sing vd., 1992). Başka bir anlatımla kayacın dayanımını, birim hacim ağırlığı, tek eksenli basınç dayanımı ( $\sigma_c$ ), nokta yükü indeksi ( $I_{50}$ ) ve süreksizlik düzlemleri ile tünel eksenini arasındaki açıyı ( $\beta$ ) (Şekil 2) dikkate alarak açıklamaya çalışan parametredir (Maidl vd., 2008).

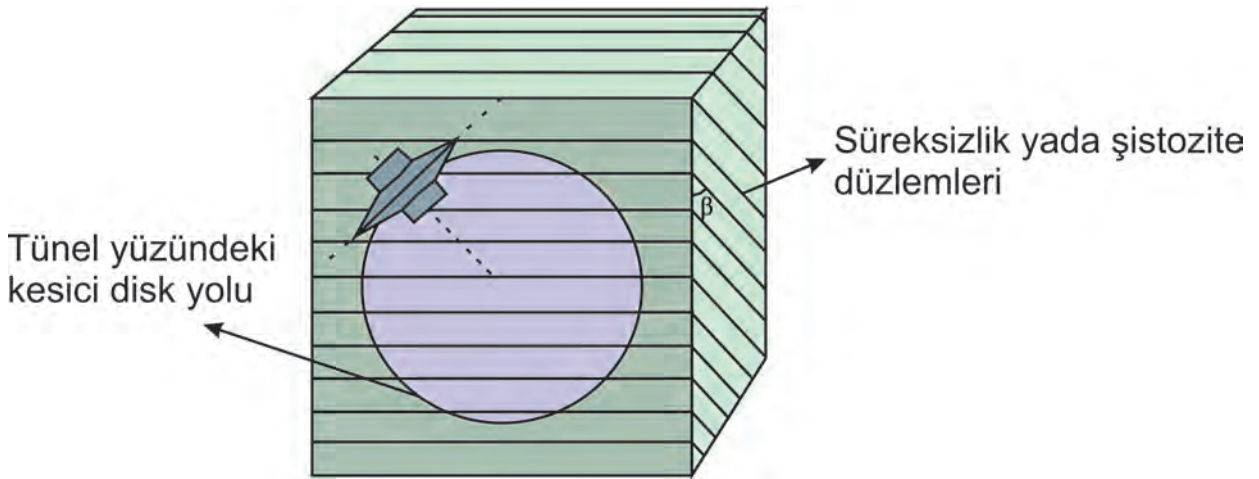
$$SIGMA = SIGMA_{cm} = \dots \beta > 60^\circ \quad (6)$$

$$SIGMA = SIGMA_{tm} = \dots \beta > 30^\circ \quad (7)$$

CLI (Kesici disk ömrü) ise, kesici kafada bulunan kesici disklerin aşınmadan kaynaklı periyodik değişimlerini ifade etmektedir. Bu durum, genellikle seçilen kesicilere ve masif kayanın fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle, kesici disklerin değiştirilmesi, vardiya değişimi, makine bakımı vs. gibi farklı nedenlerden dolayı doğan duraklamalara “utilization” (U) denmektedir ve klasik TBM kazılarında günlük ilerlemenin bir fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

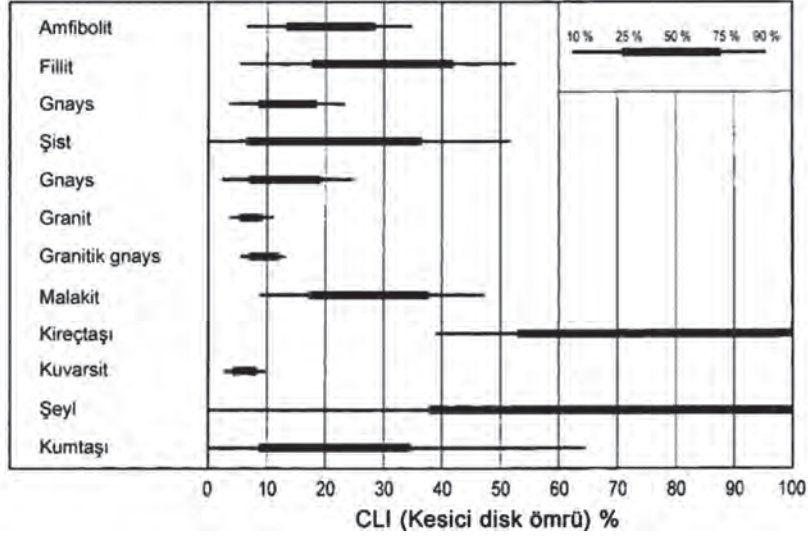
$$AR = U \times PR \quad (8)$$

Fakat Nelson (1993), PR ve U için ayrı ayrı kaya kütle sınıflaması ile ilişkilendirmiştir. Kesici ömrü tahmini için Movinkel ve Johannessen (1986)'nın ayrıntılı çalışmalar sonucunda belli başlı kaya türleri için önerdikleri abak kullanılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 2. Süreksizlik düzlemleri ve TBM konumu arasındaki açı ( $\beta$ ) (Sanino, 1985).

Figure 2. The angle between the discontinuity planes and the TBM position ( $\beta$ ) (Sanino, 1985).



Şekil 3. Kesici ömrü tahmin abağı (Movinkel ve Johannessen, 1986).

Figure 3. Cutter life estimation chart (Movinkel and Johannessen, 1986).

q (Kuvars minerali yüzdesi), kayaçta bulunan kuvars minerallerinin modal analiz ile bulunan yüzdelik değeri olarak ifade edilmektedir.  $\sigma_0$  (iki eksenli gerilme), farklı şiddetteki iki asal normal gerilmenin ( $\sigma_1 > \sigma_3$ ) etkisinde kalan cisimde 'iki eksenli gerilme' durumu oluşur (Yüzer ve Vardar, 1986). Bu gerilme durumunu da Mohr diyagramında bir daire ile göstermek mümkündür. Bu dairenin eşitliği tek eksenli gerilme durumuna benzer şekildedir (Yüzer ve Vardar, 1986).

En büyük asal normal gerilme ( $\sigma_1$ ) ile  $\beta$  açısı yapan herhangi bir yüzey üzerine etkiyen normal ( $\sigma_N$ ) ve teğetsel ( $\tau_N$ ) gerilmelerin şiddetleri, bu bilinen  $\sigma_1$  ve  $\sigma_3$  göre;

$$\sigma_\theta = \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \right) - \left( \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \right) \cos 2\beta,$$

$$\tau_\theta = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3) \sin 2\beta \quad (9)$$

eşitliğinden bulunmuştur (Yüzer ve Vardar, 1986).

Bu eşitlik, düzlemsel gerilme durumu için Mohr-Columb analizlerinden elde edilir.

### Kaya Kütle Çalışmaları

Sondaj çalışmalarından elde edilen 65 adet numune üzerinde, ISRM (2007) belirtilen yöntemler esas alınarak laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler ile kayaçların birim hacim ağırlık, tek eksenli basınç direnci, Poisson oranı ve elastisite modülü değerleri belirlenerek derinlik ile ilişkilendirmek amacı ile grafikler oluşturulmuştur.

## BULGULAR

### Tünel Güzergâhının Jeolojik Özellikleri

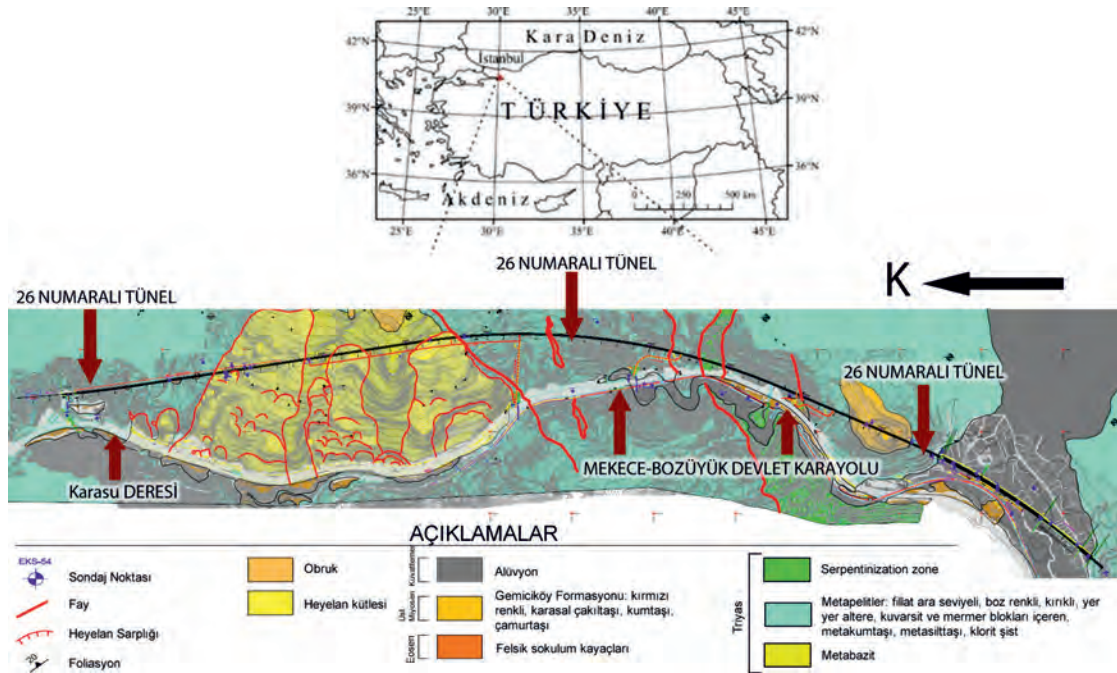
Tünel güzergâhı boyunca Söğüt metamorfiklerine ait olan yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş, çoğunlukla ince taneli kayaçlardan oluşan kayaç gurupları yer almaktadır. Ayrıca bu kayaçları kesen felsik



sokulumlar bulunmaktadır. Bu sokulumlar dağılık yapıdadır. Söğüt metamorfikleri tünel güzergâhında meta-pellitler ve meta-bazitler olarak iki grupta incelenebilirler. Metamorfik kayalar uyumsuz olarak örten Neojen çökelleri (Miyosen karasal çökelleri, yamaç molozu, alüvyonlar ve heyelan malzemesi) ise üst kotlarda yer almakta ve tünel seviyesinde gözlenmektedir. Ayrıca tünel güzergâhı boyunca, tüneldeki aşırı kazıya bağlı olarak 3 adet obruk oluşmuştur ve bu obruklar topografik yöntemler ile kayıt altına alınmıştır (Şekil 4 ve Şekil 8).

Tünel güzergâhı boyunca karşılaşılan temel birim Şentürk ve Karaköse (1981) tarafından Söğüt Metamorfikleri, Yılmaz (1979) tarafından da Söğüt Meta-baziti olarak adlandırılmıştır. Bu kayalar çoğunlukla meta-pellit ve meta-bazit (serpantin, serpantinleşmiş peridotit, piroksenit, ve diyabaz-mikrogabro) kayalardır.

Meta-pellitler (Şekil 5-a) tünel güzergâhında oldukça geniş bir alan kaplamaktadır. Yaygın olarak gri fillatlar ve bunlarla ardalanmalı olan grimsi-boz renkli meta-kumtaşı ve meta-silttaşlarından oluşmaktadır (Şekil 5-b). Fillatlar sık aralıklı yapraklanmalıdır. Genel olarak hakim yapraklanma yönü kuzeye doğrudur, ancak sık kıvrımlanma ve faylanma nedeni ile yersel olarak farklılıklar görülmektedir. Yapraklanma yüzeyleri parlaktır. Tane boyunun nispeten irileştiği kesimlerde benekli şist görünümü kazanmışlardır. Kırık ve makaslama yerlerinde kolaylıkla ezildiğinden yumuşak ve dağılmış halde görünürler. Bu tür makaslama ve ezik kesimleri mekanik ufalanma nedeniyle siyahımsı bir renk kazanmakta ve bu nedenle grafitik şiste benzemektedir (Tüysüz ve Genç, 2012; Mahmutoğlu vd., 2006). Fillatlar farklı kalınlık ve şekilde kuvars ara seviyeleri içermektedir.



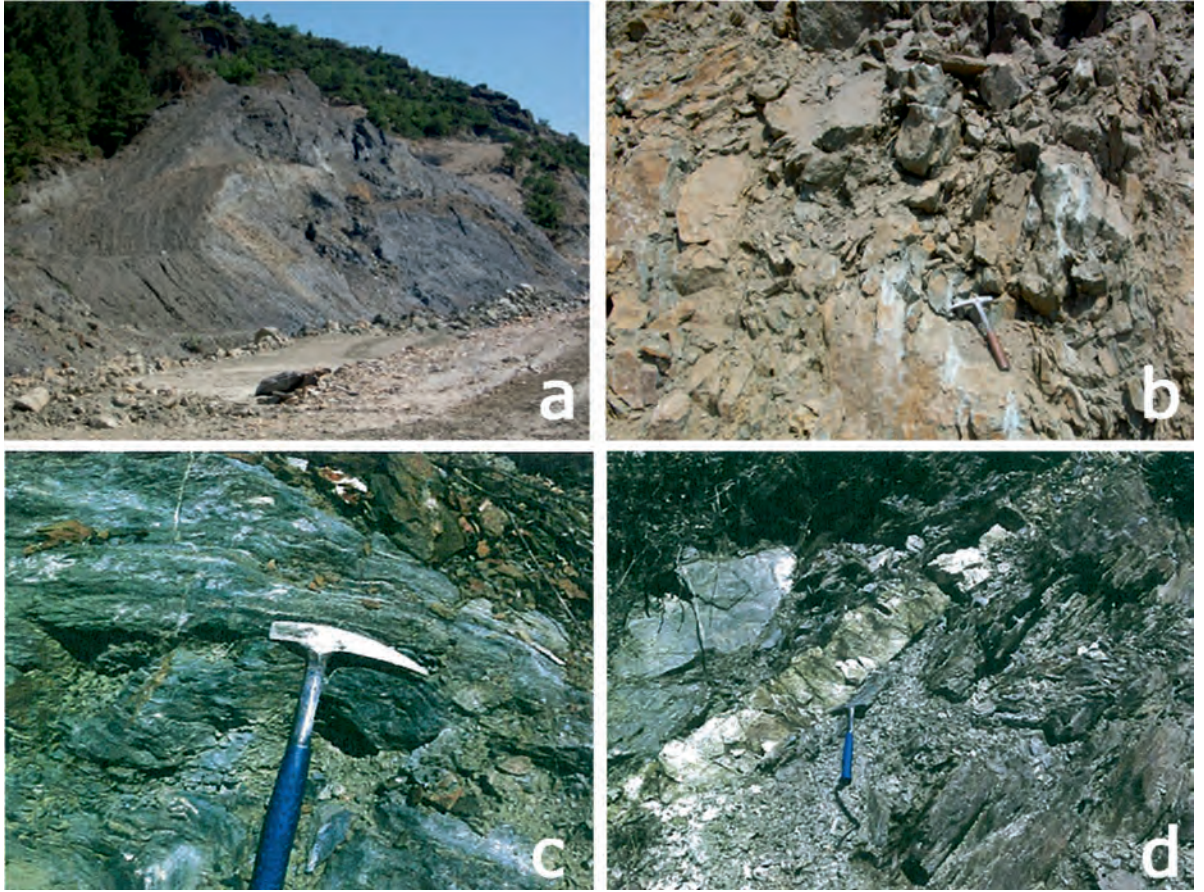
Şekil 4. 26 numaralı tünelin yer bulduru ve genel jeoloji haritası.

Figure 4. Location and general geological map of the Tunnel 26.

Poşluk, Korkaç

Bu seviyeler 1cm'den 30-40 cm kalınlığa kadar değişen bantlar şeklindedir. Kalın kuvars damarlarının muhtemelen tektonik deformasyon nedeniyle kopup budinler halinde kaya kütlesi içerisinde dağılması ile bağımsız ve kalın kuvars blokları oluşmuştur (Tüysüz ve Genç, 2012). Bu kayaların petrografik özelliklerine bakıldığında, genellikle kataklastik doku sergiledikleri görülmektedir (Şekil 6a).

Söğüt metamorfikleri içerisinde yer alan meta-bazitler bazik kökenli lav ya da piroksenlerin metamorfizması sonucunda oluşmuşlardır. Metabazitler genellikle yeşil ve tonlarındaki renklerde mostra vermektedir. Yer yer masif, çoğunlukla yapraklanmalıdır (Şekil 5c). İnce kesitlerinde şistik ve porfiroblastik dokularıyla belirgindirler (Tüysüz ve Genç, 2012) (Şekil 6b). Bazı kesimlerinde açık ve

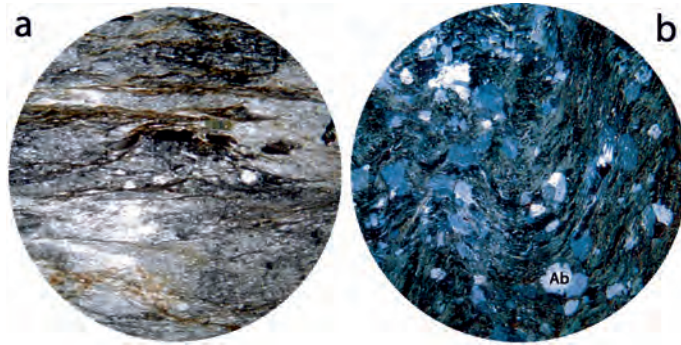


Şekil 5. Söğüt metamorfikleri ve onları kesen felsik intrüzyonlar (a- metapelitlerin tünel girişinde görünümü, b- fillat ve metasilttaşı, c- serpantinitle içerisindeki kuvars bantları, d- felsik intrüzyonlar (Tüysüz ve Genç, 2012)).

Figure 5. Söğüt metamorphites and felsic intrusions intersecting them (a- metapelite appearance at tunnel entrance, b- phyllite and metasiltstone, c- quartz bands in serpentinite, d- felsic intrusions (Tüysüz and Genç, 2012)).

koyu yeşil renklerde bantlı yapıları vardır. Metapellitler ile iki tür dokanak ilişkileri vardır. Bunlardan ilki, Ahmetpınar Köyü kuzeyinde uyumlu, diğeri ise, Ahmetpınarı Köyü güneyinde Çırçır Dere vadisi içerisindeki faylı dokanaktır. Meta-bazitler metapellitlere oranla daha masif, daha az bozunmuş ve dayanımları daha yüksektir. Genellikle az-orta bozunmuş ve zayıf kaya özelliği göstermektedir.

Felsik intrüzyonlar, aşırı ayrışmalı, silisleşmiş, felsik bileşimli dayk, sil, damar ve stoklardan oluşmaktadır. Mostrada beyaz, kirli beyaz, sarımsı ve yer yer kahverengi renklerde gözlenirler. Dayk ve sil kalınlıkları birkaç cm ile 3-5 m arasında değişim göstermektedir (Şekil 4d).



Şekil 6. a) Fillatlarda kataklastik doku, b) Porfiroblastik ve mikro kıvrımlı dokulu metabazit (Porfiroblastlar albitlerden (Ab) oluşmaktadır) (Tüysüz ve Genç, 2012).

Figure 6. a) Cataclastic texture in phyllites, b) Porphyroblastic and microfold textured metabasites (Porphyroblasts consist of albites (Ab)) (Tüysüz and Genç, 2012).

Neojen yaşlı çökel kayaları inceleme alanında Ahmetpınarı Köyü D-GD'sunda Çiftçeşme ve Tekçeşme tepeleri arasındaki zirvelerde mostra vermektedir. Tünel güzergâhının güneyinde (tünelin çıkış kısmında) ise K-G yönünde akan Karasu Çayı vadisi boyunca oluşmuş alüvyonlar yer almaktadır. Söz konusu alüvyonlar, bölgedeki tüm kaya birimlerinin çakıl, kum, kil boyutlarındaki tutturulmamış malzemelerinden oluşmaktadır. Ayrıca Ahmetpınar Köyü'nün

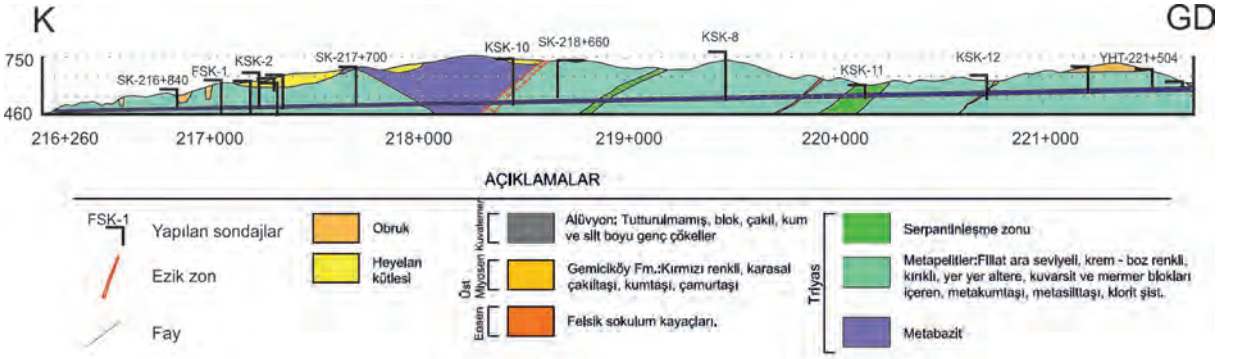
batısında oldukça geniş bir alanda toplanmış her boy malzemeden oluşan heyelan malzemesi de gözlenmektedir (Şekil 1). Tünelin açılan kısmında birimlerle karşılaşmamıştır.

### Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

Tünel açma makinesinin çalışmaya başladığı tünel girişinden makinenin sıkıştığı noktaya kadar olan bölgeyi incelediğimiz bu bölümde 26 numaralı tünel güzergâhı, jeolojik açıdan oldukça karmaşık yapılar barındırmaktadır. Tünel güzergâhının giriş kısımlarında (Ahmetpınar Köyü batısında) heyelan, devamında fay zonları, zayıf-çok zayıf kayalar ve bu kayaların içerisinde kuvars budin ve blokları yer almaktadır. Ayrıca

tünel güzergâhının, Karasu Deresi yatağına paralel geçmesi ve bölgenin yağış ortalamasının yüksek alması, yeraltı suyunun yükselme risklerini de arttırmaktadır. Tünel güzergâhının araştırılması amacıyla, farklı tarihlerde tünelin açılmış kesiminde (1250 m) 9 toplamda 36 adet karotlu sondaj çalışması yapılmış, sondajlardan ve yüzey araştırmalarından yararlanılarak tünelin jeolojik profili oluşturulmuştur (Şekil 7).

Poşluk, Korkaç



Şekil 7. İncelenen 26 numaralı tünelin boy kesiti (Tüysüz ve Genç, 2012'den değiştirilerek) (Tünel güzergahı kuzeyden başlayarak geniş bir karp ile K-G-GB-GD yönlerini kat etmektedir).

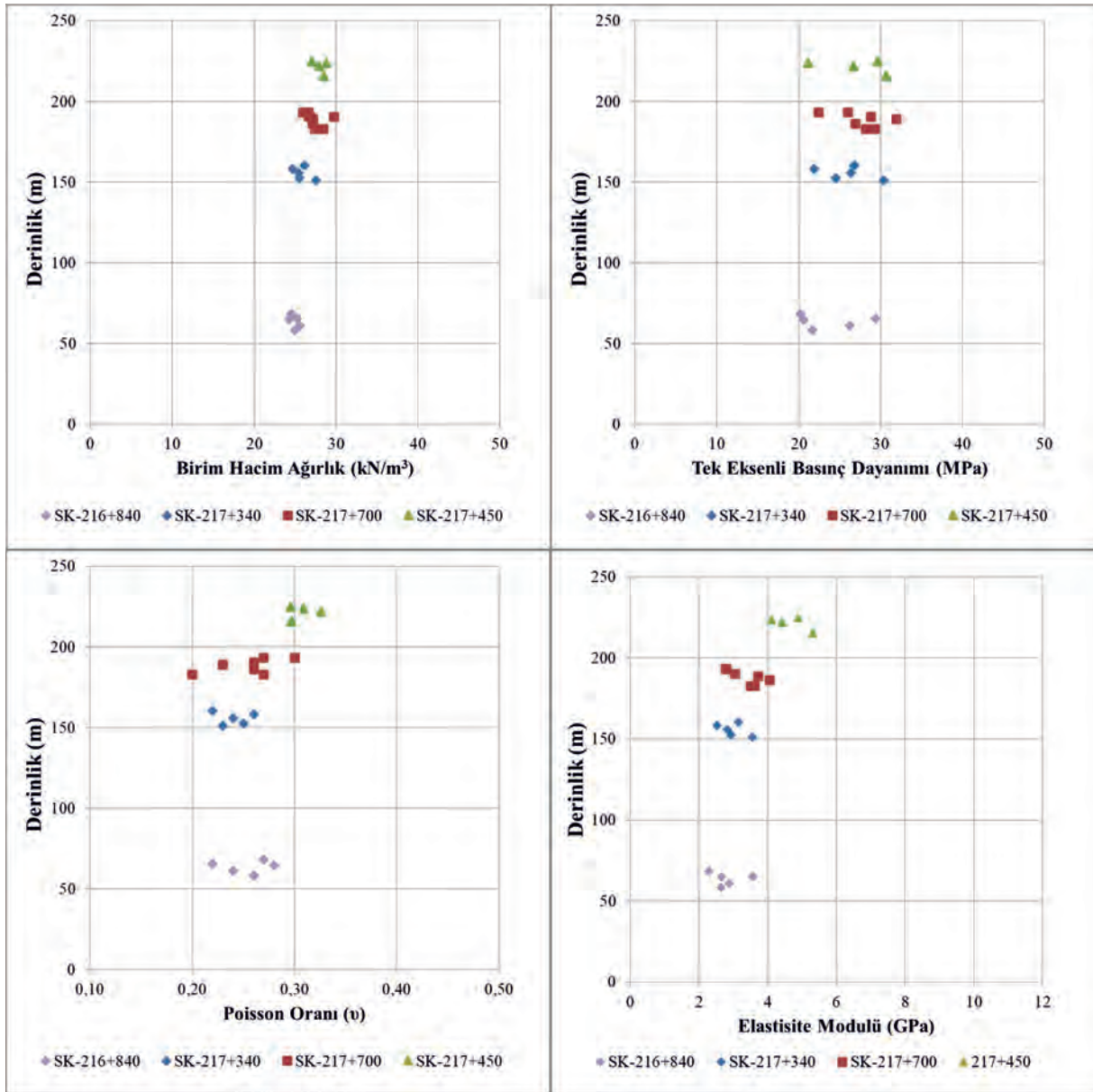
Figure 7. Size cross-section of Tunnel 26 (modified from Tüysüz and Genç, 2012) (Tunnel route starting from the north by a wide curve and continuing in the N-S-SW SE directions).

Sondajlardan elde edilen dayanım ve deformabilite değerleri oldukça değişken bir aralıkta yer almaktadır (Şekil 8). Özellikle sondajlardan alınan örneklerin tünel kotlarına karşılık gelen verileri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, derinlikle kesilen birimlerin mühendislik özellikleri nispeten değişiklikler sunmaktadır. Genel olarak güzergâhta farklı kesimlerde yapılan sondajlarda kesilen birimlerde daha derinden alınan örneklerin mühendislik özellikleri de değişkendir (Şekil 8). Bu da birimdeki anizotropinin (inhomojenite) bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Bu deneylere ek olarak kayaların içsel sürtünme parametrelerinin belirlenmesi amacıyla 8 adet üç eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlara göre metapellitlerde ortalama 4.65 MPa kohezyon ve 40.5° içsel sürtünme açısı gibi oldukça yüksek direnç parametreleri elde edilmiştir.

### Q<sub>TBM</sub> Yöntemi ile TBM Performans Analizi

Q<sub>TBM</sub> yöntemi ile performans analizi 26 numaralı tünelin girişinden, TBM'in sıkıştığı noktaya kadar olan (1250 metre) bölgede yapılmıştır. 1250 metrelik bu kısım tünel üzeri örtü kalınlığı, birimlerin kendi içlerindeki farklılıkları ve birim değişikliklerine göre 4 bölgeye ayrılmıştır (Şekil 9).

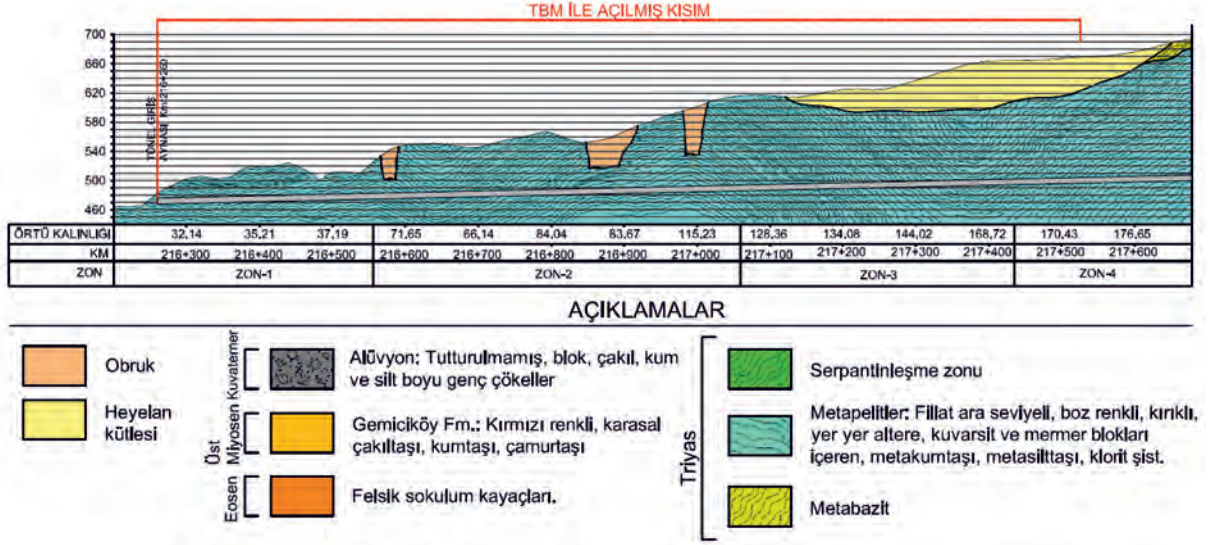
Öncelikle ayrılan her bölge için yönlendirilmiş RQD<sub>0</sub> ile Q değeri saptanmıştır (Çizelge 2). Daha sonra aşınmadan dolayı ilerleme azaltma faktörü başlangıç değerleri (m<sub>1</sub>) Şekil 1 yardımıyla bulunmuş ve yine her bölge için ayrı ayrı kaya kütle dayanım (SIGMA) değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3). Hesaplamalar sırasında kullanılan birim hacim ağırlık, tek eksenli basınç ve porozite değerleri laboratuvar deneylerinden elde edilen verilere göre alınmıştır. Her bir kesiciye gelen itme kuvveti değeri üretici firma abaklarından belirlenmiştir. Ayrıca geçilecek olan birimdeki kuvars yüzdesi, Tüysüz ve Genç (2012) tarafından yapılan çalışmadan alınmıştır.



Şekil 8. Elde edilen deney sonuçlarının derinlikle değişimi.

Figure 8. Variations of the test results according to depth.

Poşluk, Korkağ



Şekil 9. Tünelin TBM ile açılan bölge ve bölümleri.

Figure 9. Zone and sections of tunnel opened by TBM.

Çizelge 2. Bölgeler için Q-sistemi hesaplamaları.

Table 2. Q-system calculations for sections.

Bölge No	RQDo	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q
1	20	9	0.5	1	0.66	10	0.073
2	30	9	1	1	0.66	2.5	0.88
3	40	9	1	1	0.66	5	0.587
4	40	9	1	1	1	2.5	1.778

Çizelge 3. Bölgeler için  $Q_{TBM}$  hesabı.Table 3.  $Q_{TBM}$  calculation for sections.

Bölge No	$\gamma$	$\sigma_c$	Qc	SIGMA	$m_1$	F	CLI	q (kuvarsit mineral oranı %)	$\sigma_\theta$	$Q_{TBM}$	D (m)	n (%)	m	PR (m/saat)	AR (m/saat)
1	2.23	10	0.0073	2.1663	-0.45	25	30	45	3	0.0008	13.77	10	-0.62	20.99	0.27
2	2.52	20	0.176	7.0611	-0.23	25	30	50	13.66	0.1519	13.77	5	-0.3	7.29	1.14
3	2.72	28	0.1643	7.4483	-0.25	25	30	50	7.3	0.0571	13.77	5	-0.33	8.86	1.4
4	2.67	32	0.5689	11.0617	-0.17	25	30	50	5	0.176	13.77	5	-0.22	7.08	3.56

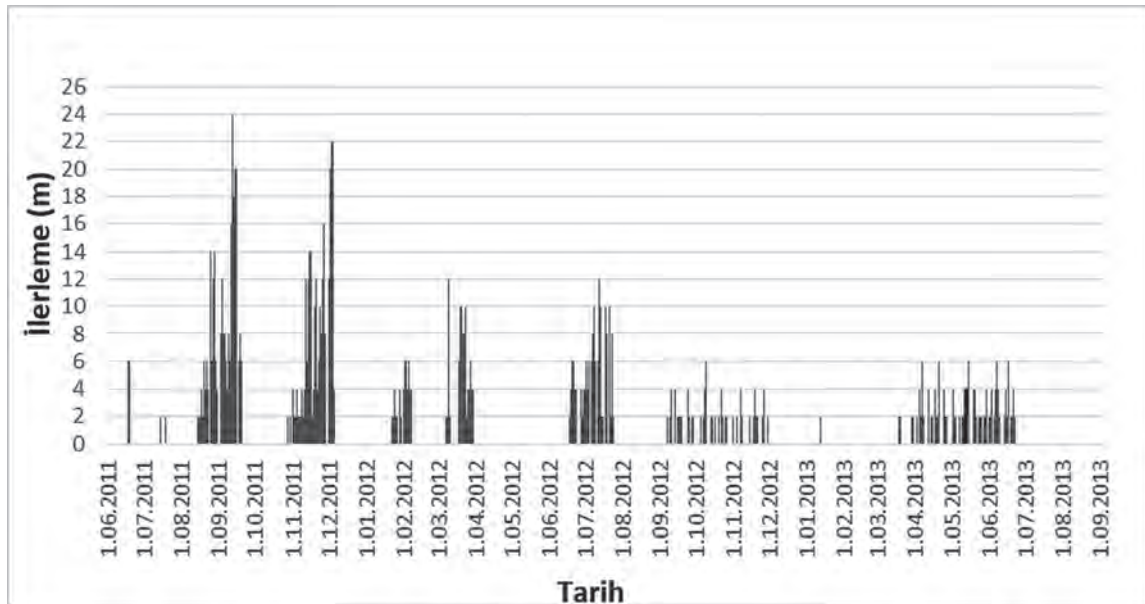
Yapılan değerlendirmelere göre, 1 nolu bölge en kötü kaya koşullarını, 4 nolu bölge ise incelenen bölgeler arasında nispeten daha iyi koşulları göstermektedir. Bu durum ortamın anizotropisi ile ilerleme hızı arasındaki etkileşimi belirgin olarak ortaya koymaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda,  $Q_{TBM}$  yöntemi ile 26 numaralı tünel için TBM performansı analizine göre 1250 metrelik tünelin açılabilmesi için 1817.7 saat gerekmektedir. Bu da günlük yaklaşık 16.5 metrelik ilerlemeye karşılık gelmektedir.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ampirik ve deneysel çalışmalara dayanılarak geliştirilen birçok TBM performans tahmin yönteminde kullanılan girdi parametreleri, sağlam kayacın tek eksenli basınç dayanımı, süreksizlik açıklık-aralık ve yönelimi, kesici başına varsayılan itme kuvveti ve kesici kafa çapı olarak sıralanabilir. Bu çalışmada,  $Q_{TBM}$

yönteminin anizotrop zayıf kaya ortamındaki uygulanışında girdi parametrelerinin doğruluğu incelenmiştir. Bu amaçla 26 numaralı tünelde imalat öncesi yapılan hesaplamalar ile imalatın durmasına kadar geçen süre ile sınırlı TBM performans verisi kullanılmıştır.

İmalatlar sırasında TBM'in sıklıkla duraklaması ve durması beklenen imalat/zaman hesaplarının gerçekleşmemesine neden olmuştur (Şekil 10).  $Q_{TBM}$  yöntemi ile yaklaşık 76 günde tamamlanacağı öngörülen kısımda çalışmalar, 22 aydan daha uzun sürmüştür. Bunun en büyük nedeni uzun durmalardır. Durmaların nedeni  $Q_{TBM}$  yönteminde öngörüldüğü gibi kesici disk değişimi için değil, tünel destek elemanlarında yaşanan sorunlar, makine revizyonları ve kayamakine etkileşim sorunlarıdır. Dolayısıyla her durmada makine bakımıyla birlikte kesici diskler de değişmiştir. Bu nedenle, kesici disklerin değişim periyodu ile ilgili sağlıklı bir duraklama süresinden bahsetmek mümkün olamamıştır.



Şekil 10. TBM günlük ilerleme grafiği.

Figure 10. Daily progress of TBM.

Makine kaynaklı sorunların yanında, metapellitlerin kuvars blok, damar ve budinler barındırması, şistozite düzlemlerinin oldukça fazla kıvrımlı olması, bu kayaların kazı sırasında ve sonrasında sorunlar oluşturmasının en büyük nedenlerinden olduğu düşünülmüştür.

Eldeki verilerle yapılan değerlendirmeye göre anizotrop, zayıf kayada,  $Q_{TBM}$  yönteminde kurgulanan ideal kaya-makine etkileşimi, kayaç kalitesinin zayıftan sağlama doğru geçildiğinde daha gerçekçi olduğu düşünülmektedir. Yönteminin kullandığı kayanın süreksizlikleri, tek eksenli basınç dayanımı ve kesici disklerin uyguladığı kuvvet, kazma-sökme kavramları ile ilişkilidir. Oysa zayıf anizotrop kayaçlarda temel sorun, kazma-sökme değil, in-situ gerilme durumu ile geçilen ortamın direnci arasındaki oranla ilişkili zamana bağlı davranış farklılaşmasından kaynaklanmaktadır.

Bunun yanında anizotrop zayıf kaya koşullarında yeni veriler ile konunun daha fazla araştırmacı tarafından ele alınması, yöntemin başarısı açısından oldukça önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Barton, N. R., Lien, R., Lunde, L., 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel supports. *Rock Mechanics*, 6(4), 189-239.
- Barton, N., 2000. TBM Tunneling in jointed and faulted rock. Balkema, Brookfield. 173 p.
- Benato, A., Oreste, P., 2015. Prediction of penetration per revolution in TBM tunneling as a function of intact rock and rock mass characteristics. *International Journal Rock Mechanics Mining Science*, 74, 119-127.
- Bieniawski, Z.T., Celada, B., Galera, J.M., 2007. TBM Excavability : prediction and machine-rock interaction. In : Proceedings, Rapid Excavation and Tunneling Conference, 1118-1130.
- Bruland, A., 1998. Hard rock tunnel boring Ph.D. Thesis. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Vol. 3, 54 p.
- Büchi, E., 1984. Einfluss Geologischer Parameter auf die Vortriebsleistung einer Tunnelbohrmaschine. PhD Thesis. University of Bern, 136 p.
- Delisio, A., Zhao, J., 2014. A new model for TBM performance in blocky rock conditions. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 43, 440-452.
- Farmer, I.W., Glossop, N.H., 1980. Mechanics of disc cutter penetration. *Tunnels and Tunnelling International*, 12(6), 22-25.
- Frough, O., Torabi, S.R., Yagiz, S., 2015. Application of RMR for estimating rock mass-related TBM utilization and performance parameters: a case study. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 48(3), 1305-1312.
- Gong, Q.M., Zhao, J., 2009. Development of a rock mass characteristics model for TBM penetration rate prediction. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 46(1), 8-18.
- Graham, P.C., 1976. Rock exploration for machine manufacturers. In: Bieniawski, Z. T. (Ed.), *Exploration for Rock Engineering*. Balkema, Johannesburg, 173-180.
- Hassanpour, J., Rostami, J., Khamehchiyan, M., Bruland, A., 2009. Developing new equations for TBM performance prediction in carbonate-argillaceous rocks: a case history of Nowsod water conveyance tunnel. *Geomechanics and Geoenvironmenting An International Journal*, 4, 287-297.
- Hughes, H.M., 1986. The relative cuttability of coal measures rock. *Mining Science and Technology*, 3, 95-109.
- Innaurato, N., Mancini, R., Rondena, E., Zaninetti, A., 1991. Forecasting and effective TBM performance in a rapid excavation of a tunnel in Italy. In: Wittke W, editor. *Proceedings of the 7th International Congress Rock Mechanics*, 1009-1014.



- ISRM, 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization. Testing and Monitoring : 1974-2006, Suggested Methods prepared by the Commission on Testing Methods, ISRM, R. Ulusay and A. Hudson (eds.), Kozan Ofset, Ankara, 628 p.
- Mahmutoğlu, Y., Vardar, M., Koçak, C., Şans, G., 2006. Tunnelling difficulties under squeezing and flowing conditions at Ayaş, Central Turkey. *Felsbau Rock and Soil Engineering*, 24(5), 44-50.
- Maidl, B., Schmid, L., Ritz, W., Herrenknecht, M., 2008. *Hardrock Tunnel Boring Machines*, GmbH & Co.KG, Berlin. 356 p.
- Movinkel, T., Johannessen, O., 1986. Geological parameters for hard rock tunnel boring. *Tunnels & Tunnelling International*, 18(4), 45-48.
- Nelson, P., 1993. TBM Performance analysis with reference to rock properties, mechanized excavation. In: J.A. Hudson (ed). *Comprehensive Rock Engineering*, 4, 261-291.
- Ozdemir, L., Miller, R.J., Wang, F.D., 1977. Mechanical tunnel boring prediction and machine design. NSF APR73-07776-A03. Colorado School of Mines, Golden, Colorado, USA. 313 p.
- Palmström, A., 1995. RMI—a rock mass characterization system for rock engineering purposes. Ph.D. Thesis, University of Oslo, 400 p.
- Rostami, J., Ozdemir, L., 1993. A new model for performance prediction of hard rock TBMs. In: RETC proceedings, p. 793–809.
- Rostami, J., Ozdemir, L., Nilsen, B., 1996. Comparison between CSM and NTH hard rock TBM performance prediction models. In: Proceedings, The Annual Conference of the Institution of Shaft Drilling Technology (ISDT), Las Vegas.
- Roxborough, F.F., Phillips, H.R., 1975. Rock excavation by disc cutter. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 12, 361–366.
- Salimi, A., Faradonbeh, R. S., Monjezi, M., Moormann, C., 2016. TBM performance estimation using a classification and regression tree (CART) technique. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 77(1), 429-440. <https://doi.org/10.1007/s10064-016-0969-0>
- Sanio, H.P., 1985. Prediction of the performance of disc cutters in anisotropic rocks. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts*, 22 (3), 153–161.
- Sapigni, M., Berti, M., Behtaz, E., Busillo, A., Cardone, G., 2002. TBM performance estimation using rock mass classification. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 39, 771–788.
- Sato, K., Gong, F., Itakura, K., 1991. Prediction of disc cutter performance using a circular rock cutting ring. In: Proceedings, The First International Mine Mechanization and Automation Symposium, Colorado School of Mines, Golden, Colorado, USA. 23–37.
- Snowdon, R.A., Ryley, M.D., Temporal, J., 1982. A study of disc cutting in selected British rocks. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts*, 19, 107–121.
- Şentürk, K., Karaköse, C., 1981. Orta Sakarya bölgesinde Liyas öncesi ofiyolitlerinin ve mavi şistlerinin oluşumu ve yerleşmesi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24(1), 1-11.
- Tarkov, P.J., 1973. Predicting TBM penetration rates in selected rock types. In: Proceedings, 9th Canadian Rock Mechanics Symposium, Montreal. 263-274.
- Tüysüz, O., Genç, Ş. C., 2012. TCDD Ankara-İstanbul hızlı tren projesi Vezirhan-İnönü etabı T26 tünel güzergahının jeolojisi raporu. *Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, İstanbul*. 24 s.

- Yağız, S., 2002. Development of rock fracture and brittleness indices to quantify the effects of rock mass features and toughness in the CSM Model basic penetration for hard rock tunneling machines. Ph.D. Thesis, Department of Mining and Earth Systems Engineering, Colorado School of Mines, Golden, Colorado, USA, p. 289 (unpublished).
- Yağız, S., 2008. Utilizing rock mass properties for predicting TBM performance in hard rock condition. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 23 (3), 326– 339.
- Yılmaz, Y., 1979. Söğüt-Bilecik bölgesinde polimetamorfizma ve bunların jeoteknik anlamı. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 22-1, 85-100.
- Yüzer, E., Vardar, M., 1986. Kaya Mekaniği. İTÜ Vakfı Yayınları, No. 11, İTÜ Maden Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul, 187 s.



Araştırma Makalesi / Research Article

## Engineering Properties of Basalt Coarse Aggregates in Hamdan Area, NW Sana'a, Yemen

Ibrahim A. AL-AKHALY 

Earth and Environmental Science Department, Faculty of Science, Sana'a University,  
Sana'a, Yemen, P.O. Box: 11903 Sana'a

Geliş (Received): 01 Aralık (December) 2017, Düzeltilme (Revised): 17 Nisan (April) 2018, Kabul (Accepted): 21 Mayıs (May) 2018

### ABSTRACT

Sana'a city has been growing fast vertically and horizontally to provide housing, business and other facilities to the ever in. This work was undertaken to determine the quality of basalt coarse aggregate in Hamdan area, NW Sana'a. It included field work which consisted of collection of basalt aggregate samples and hand specimens. The study covered coarse aggregates from one of the main crushers in the vicinity of Sana'a city, about 12 km NW of Sana'a, Yemen. The objective of this study is to determine the physical and mechanical properties of basalt coarse aggregates and comparison of the results with the standards. Chemical composition of basalt was determined by the X-ray fluorescence (XRF). The thin sections show that the studied basalt is mainly composed of calcic plagioclase and augite with few olivine. The types of testing required are gradation, specific gravity, water absorption, flakiness and elongation, Los Angeles abrasion value, aggregate impact value, soundness and alkali-silica reactivity. The results showed that, the basalt coarse aggregates in Hamdan area comply with the international standards.

**Keywords:** Basalt, Coarse aggregate, Hamdan, Sana'a, Yemen.

### INTRODUCTION

Concrete is of great importance as a structural material and special attention has been paid to the nature of the aggregates employed as it considered one of the most popular construction industry material in the world (Blyth and Freitas, 1977). It is a composite material produced by the homogenous mixing of selected proportions of water, cement and aggregates (fine and coarse). Aggregate is commonly considered inert filler, which accounts for 60 to 80 % of the volume and 70 to 85 % of the weight of concrete (Zerdi, 2015), thus the selection of aggregate is an

important factor. To produce a good, strength and high quality concrete the materials used should be in accordance to standard specification.

Infrastructures, like air field pavement construction, roads, bridges and buildings, etc. require huge amounts of aggregates construction materials. Aggregates are the most widely used geomaterials (25 billion tons exploited annually, USGS, 2010).

Aggregate consists of granular material such as sand, gravel and crushed stone. Fine aggregates are considered to be that material passing through sieve No.4 (4.75 mm) and are

retained on sieve No. 200 (0.075 mm), whereas coarse aggregates are those retained on sieve No. 4. The aggregates are obtained from quarries and pits. A quarry is a place where rock or aggregate materials are separated from their natural beds and processed for use in various construction applications (Krynine and Judd, 1957). The steps of aggregate production starting with ripping at source location followed collection of rock, loading in a truck to transport to crusher location and finally crushing and screening to different size.

Basalt is a dark colored, hard, dense, fine-grained basic volcanic rock. It is very important rock that found in most countries in the world. It is used extensively as engineering materials such as aggregates for cement and asphaltic concrete mix, airfield pavement construction, rock fill for dams and breakwaters, material for railroad ballast and highway base courses (Goodman, 1993).

Prediction of aggregate characteristics before placement and starting the construction activity can indicate the un-expected happening and can prevent the post construction material problems. Therefore, aggregate sampling and testing is a paramount importance to make the construction workable and durability.

The aggregates used in concrete mix have to meet a number of specifications with regard to mechanical performance, durability, chemical stability, gradation, shape, surface texture, and the presence of harmful materials. Several standard tests are employed to ensure aggregates qualify. However, petrographic examination, despite being qualitative in nature, remains the most valuable test for predicting the overall performance of concrete aggregates (Bérubé, 2001). The preliminary need of the aggregates is their inherent durability against natural and

man created disturbances. The aggregate provide volume, stability and resistance to weathering. Durable and strong aggregates are normally preferred because they can resist abrasion and disintegration, make an excellent bond with cementing materials, are resistant to rapid impacts and are sound (BS 812). Neville (1981) stated that aggregates are inert materials that are dispersed through-out the cement paste whose strength depends majorly on its shape, surface texture and cleanliness.

The consumption of aggregates is closely related to the economic performance of a country, which is measured as gross domestic product per capita, since various productive sectors depend on quarrying (Menegaki and Kaliampakos, 2010; Balletto and Furcas, 2011; Neves et al., 2015). In the European Union (EU) the aggregates industry is the largest non-energy extractive sector with an output of 2.6 billion tons per year and an annual turnover of 15 billion Euros in the 28 EU members plus European Free Trade Association (EFTA) countries (UEPG, 2016).

Sana'a area has a number of quarries and crushers equipped to crush basaltic rocks into construction size aggregates. Coarse aggregates in Sana'a area are obtained from crushing basaltic rocks. Huge quantities of aggregate are utilized in various construction projects in Sana'a. These are supplied by a number of crushers in the area. At present, there are seven crushers in NW Sana'a are produced coarse basaltic aggregates. The reserves are virtually unlimited. Therefore, it is very important to determine the engineering properties of this aggregate. To my knowledge, no publishes studies and scientific information are available. Hence, this information would help at present or in the future in other engineering projects which may be used this aggregate.

## STUDY AREA

The selected quarry for the current study is located in the western part of Yemen at about 12 km NW Sana'a city, the capital of Yemen Republic (Figure 1). It's located between latitude 1702044 and 1707108 N and longitude 401654 and 407648 E (UTM Zone 38N/WGS84/meters) as shown in Figure 1.

Coarse crushing of basaltic rocks to the size of gravel is needed for raw materials for construction materials and there are a number

of crushers producing all sizes of aggregates in the study area. Generally, the study area is characterized by hills topography due to the presence of low to moderately hills. The area of basaltic rock outcrops covered an area of about 12 km<sup>2</sup>. The highest elevation point is represented by Jabal Kirah (2601 m) (Figure 1). The study area is characterized by arid climate condition and very rare vegetation. The dominant rock for coarse aggregate production in Yemen is generally basalt. Basaltic rocks in Yemen can be found in different areas (Figure 2).

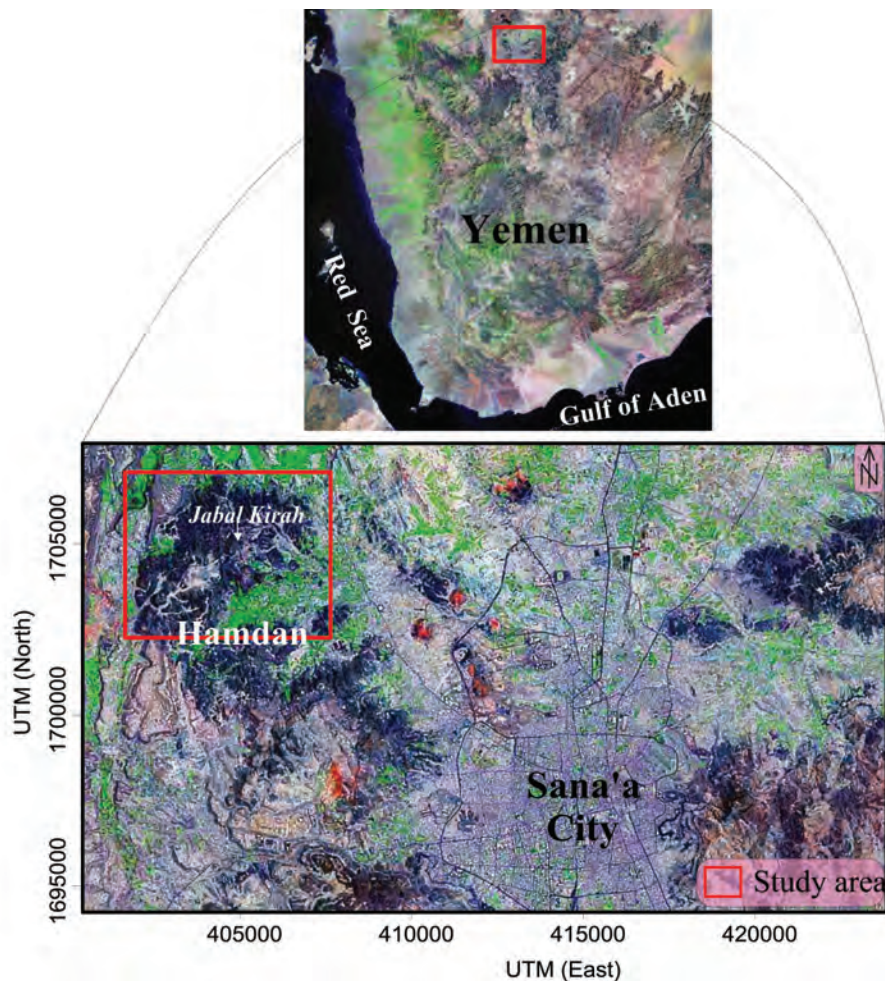


Figure 1. Location map of study area.

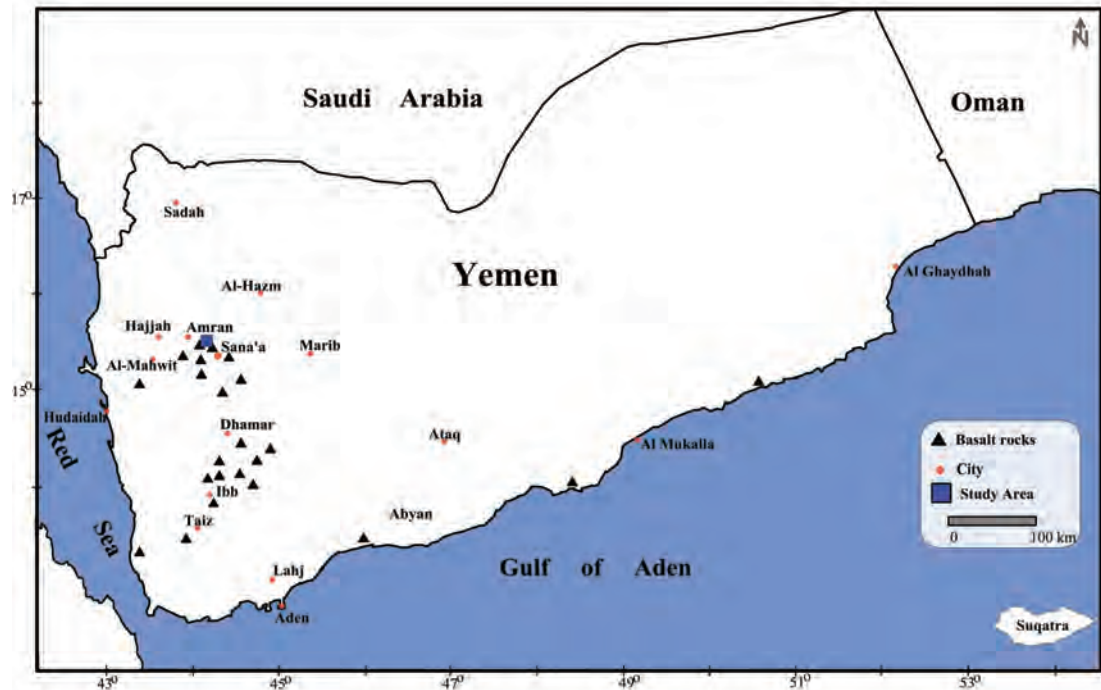


Figure 2. Distribution of basaltic rocks in Yemen.

## GEOLOGICAL SETTING

The geology of the study area and its surroundings is shown in Figure 3. One of the main exposed rock units in the investigated area is basaltic rocks. These rocks are a part of the Yemen Trap Series (YTS). The YTS represent the lowest part of the Cenozoic Yemen volcanic province, and mainly overlie the Cretaceous Tawilah Group (sandstone). They had been developed during the Oligocene Early Miocene. The YTS consists of thick bimodal volcanic (acidic and basic). Thickness of the YTS varies from >2000 m in the western part to tens of meters in the east (Mattash et al., 2013). Ages for the YTS volcanism range from 31 to 16 Ma (Bosworth et al., 2005). The YTV is uncomfortably overlain by the younger Yemen Volcanic Series (YVS) which represent the start of the younger phase of volcanicity (Mattash and Balogh, 1994).

The basaltic rocks in the study area have dark gray color, fine grains, high compressive strength, the weathering range from fresh to slightly weathered on the surface outcrops only and show irregularly oriented columnar joint sets are observed. Most of the joints are unfilled and closed, however, in some cases open joints with iron-oxide staining are observed. The joints are planar, curved, mostly non persistent and closely spaced and closed.

Basaltic rocks are usually fine grained due to rapid cooling as exposed to the earth's surface. Relatively larger-sizes basaltic blocks are commonly used in Yemen as foundations and/or building blocks. Fresh, very strong to strong basalt is found in sufficient quantity and good quality for crushed aggregate production. Several active basalt quarries are found in the various parts of the studied area. According

to field observation, the basaltic samples have shown no alterations and weathering evidence in hand specimen. The rock is easily workable due to systematic four/five sets of columnar joints. There are three main uses of aggregate in Sana'a area. They are in construction of structural concrete, road pavement and as fill materials.

made on the aggregates, representative samples of source basaltic rocks and aggregates were collected from one of the main crushers in Hamdan area, about 12 km NW Sana'a, Yemen.

From the source rock of aggregate, hand specimens were collected for preliminary

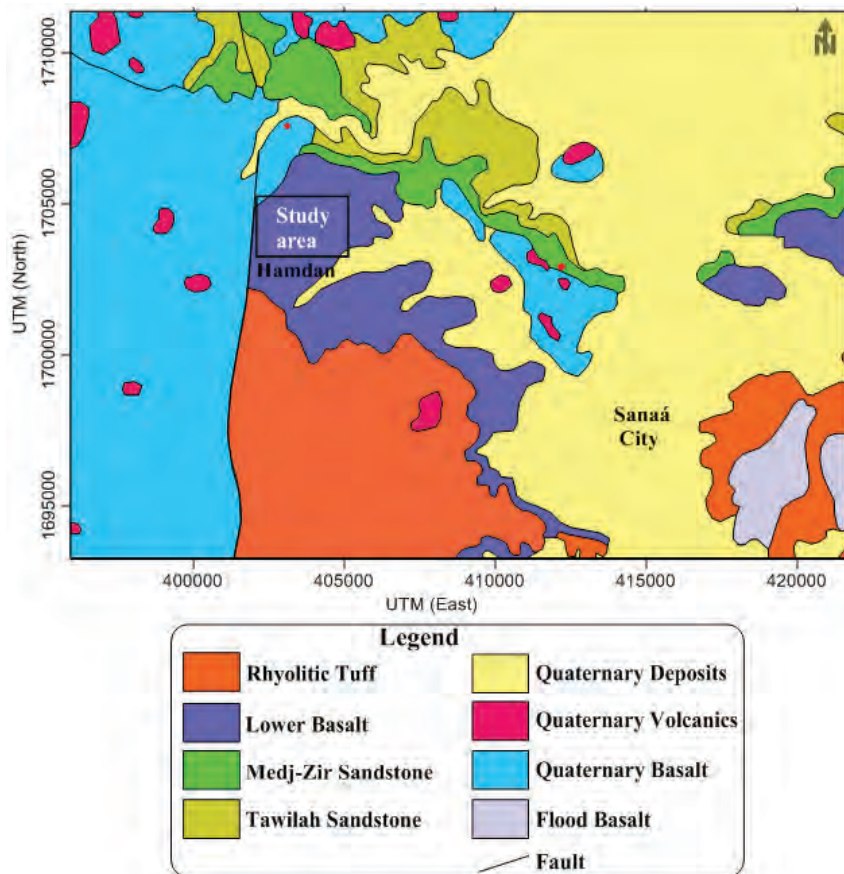


Figure 3. Geological map of the study area and its surroundings (Kruck and Schäffer, 1991).

## MATERIALS AND METHODS

Basalt aggregates, which are the most frequently, used as aggregate in concrete and road construction by local companies in Sana'a region. To determine the quality of basalt coarse aggregates physical and mechanical tests were

field identification, chemical composition and for microscopic examination of thin section. Chemical analysis of the collected samples of basalt was carried out by unit model ARL 9800 XP SIM-SEQ XRF of Quality Laboratory in Amran Cement Plant (Amran, Yemen).

The physical and mechanical properties of aggregates were investigated in Materials Testing Laboratory, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Sana'a University. The main physical and mechanical tests were: gradation, specific gravity, water absorption, flakiness index, elongation index, Los Angeles abrasion value, impact value and soundness. The alkali-silica reactivity test was carried out using Mielenz quick chemical test (ASTM C 289-01). These tests were performed in accordance with BS, ASTM and EN standards. Each test was performed at least six times.

The evaluation has been made by testing these samples in laboratory and comparing the results with the international standards.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Mineralogical and Chemical Composition

The mineralogy of basaltic rocks is characterized by a presence mainly of calcic-plagioclase feldspar and augite. Olivine can also be a few constituent (Figure 4).

The results of geochemical analyses are summarized in Table 1. Chemical analysis indicates that basalt rock is mainly composed of  $\text{SiO}_2$  (48.70 %), followed by aluminum (16.15 %) and iron oxides (11.55 %), a composition that reflects the basic rock quality.

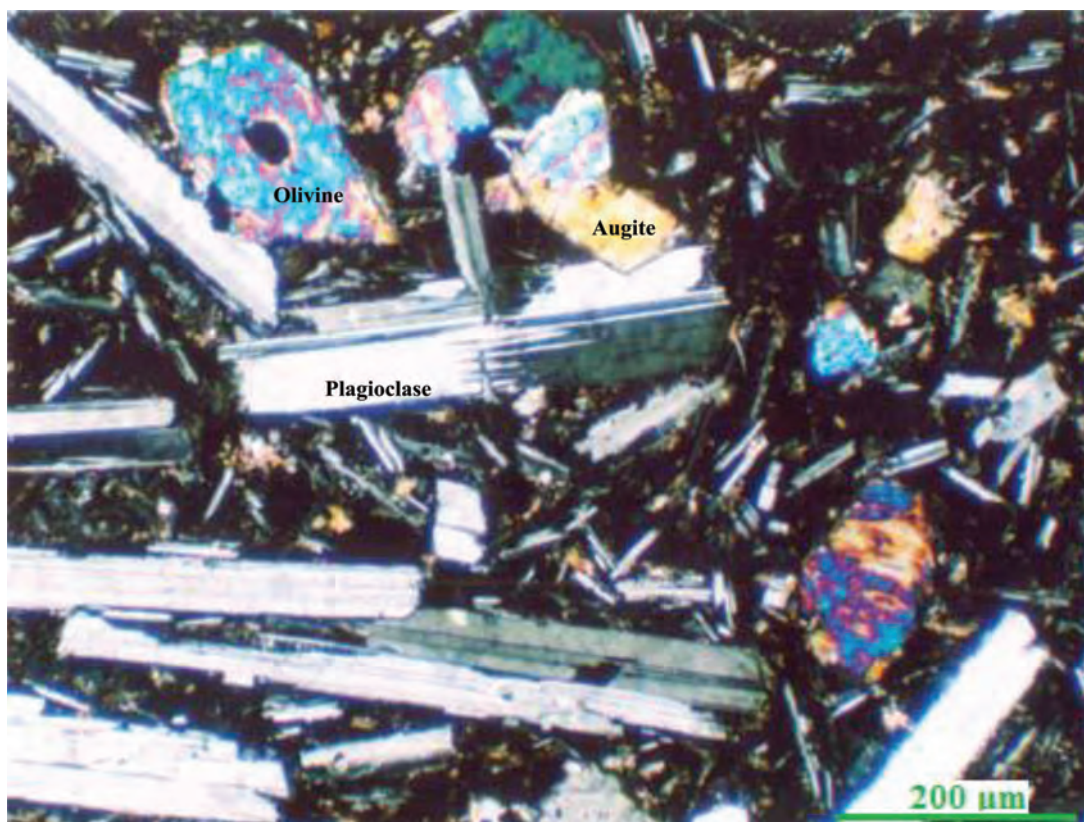


Figure 4. Microphotograph of Hamdan basaltic rock.



Table 1. Chemical composition of Hamdan basaltic rocks.

Oxides	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	LOI	Total
%	48.70	16.15	11.55	8.29	6.22	1.07	4.39	0.30	0.46	1.81	0.89	99.84

### Engineering Properties of Aggregates

The performance of aggregates in concrete depends on their mineralogical and petrographic characteristics (Harrison and Bloodworth, 1994). Before concrete is produced and through its service life, aggregates may be exposed to physical, mechanical and chemical changes, which they must resist. They have then to satisfy a number of specifications, with standard tests used to control compliance (Engidasew, 2013).

The performance of natural aggregates depends on different characteristics (BS 812)

and published literature indicates that a wide range of tests have been devised to describe the materials and determine their suitability as construction materials (Smith and Collis, 1993; Neville, 2000; Korkanç and Tuğrul, 2004). These tests are designed to estimate the future aggregates behavior. As a result, the related physical and mechanical properties and chemical characteristics that reflect the aggregate quality must be determined (BS 812).

The results of engineering properties of basaltic aggregates are summarized in Table 2.

Table 2. Some engineering properties of crushed coarse basaltic aggregates.

Property	Min.	Max.	Average	Standard deviation	No. of tested samples	Acceptance limits [Standard used for evaluation]
<b>Bulk specific gravity</b>	2.58	2.78	2.72	0.04	24	> 2.6 [BS 812: Part 2]
<b>Bulk specific gravity (saturated surface dry)</b>	2.64	2.84	2.78	0.04	24	
<b>Apparent specific gravity</b>	2.75	2.92	2.87	0.05	24	
<b>Water absorption (%)</b>	0.73	2.10	1.68	0.32	24	< 2 [ASTM 33-01] < 2.5 [ASTM C 127-01]
<b>Flaky index (%)</b>	10.30	19.77	15.19	2.98	11	< 25 % [BS 812: Part 105.1]
<b>Elongation index (%)</b>	12.37	23.06	18.15	4.02	11	< 25 % [BS 812: Part 105.2]
<b>Los Angeles abrasion value (%)</b>	11.10	18.98	14.56	3.01	6	< 35 % [EN 12620]
<b>Aggregate impact value (%)</b>	7.56	15.65	10.09	3.12	6	< 25 % [BS 812: Part 112; ASTM C 131-96]
<b>Soundness, (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (%)</b>	0.30	1.31	0.50	0.40	7	< 10 [ASTM C 33-01; ASTM C 88-99]

### Physical Properties of Aggregates

The physical properties of aggregates stem from the inherent properties of the source rock and predict as to how an aggregate would perform in construction. The commonly measured physical and mechanical aggregate properties (BS 812) are particle shape, surface texture, gradation, specific gravity, water absorption, flakiness index and elongation index.

#### *Particle shape and surface texture*

Particle shape affects the performance of an aggregate during construction and service. The surface texture of aggregates considerably influences the adhesion between aggregate and cement. In general, a rough surface texture gives good adhesion, whereas a glassy surface result in poor adhesion (Harrison and Bloodworth, 1994). Particle shape and surface texture of basalt coarse aggregate has been described on the basis of visual examination according to ASTM D 3398-00 and BS 812: Part 1. Particles shape is angular and irregular and surface texture is

rough. Bonding between aggregate and cement paste depends on the surface of the aggregate. Since the rough surface requires more bonding than the smooth surface, the texture of studied basalt aggregate comply the requirement of BS standard specification.

#### *Gradation*

Grading of aggregates affects the compaction capacity, permeability and strength of concrete aggregate and road base. It's one of the most important characteristics affecting the stability and workability properties of a mix. This was determined by using the procedure of BS 1973. The results have been used determine compliance for the particle size distribution with applicable specification requirements. The results of tests are shown in Figure 5. It is observed that all samples comply with the specification limits.

The grain size distribution performed according to ASTM C 136-01 indicated that the aggregate is well-graded (GW).

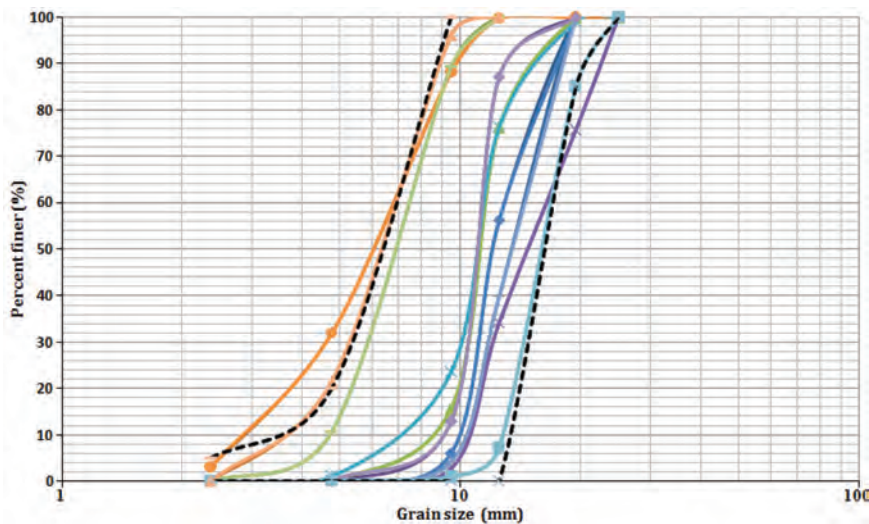


Figure 5. Grain size distribution curves of basaltic coarse aggregates (solid lines). Dashed lines show ASTM-required upper and lower limits for coarse aggregate.

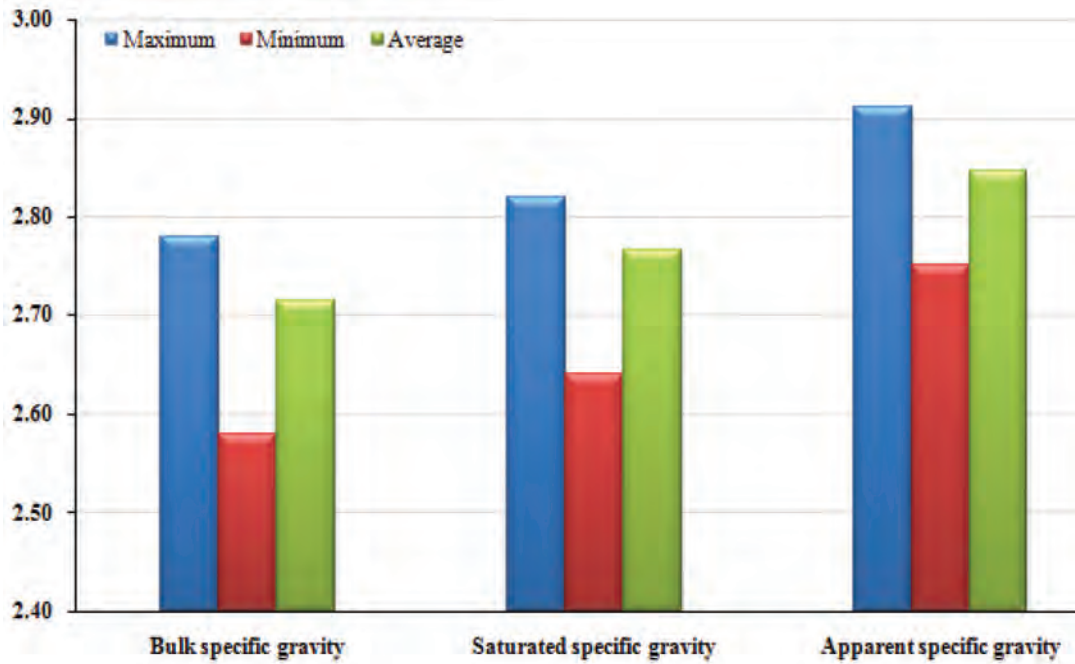


Figure 6. Specific gravity of basalt coarse aggregate.

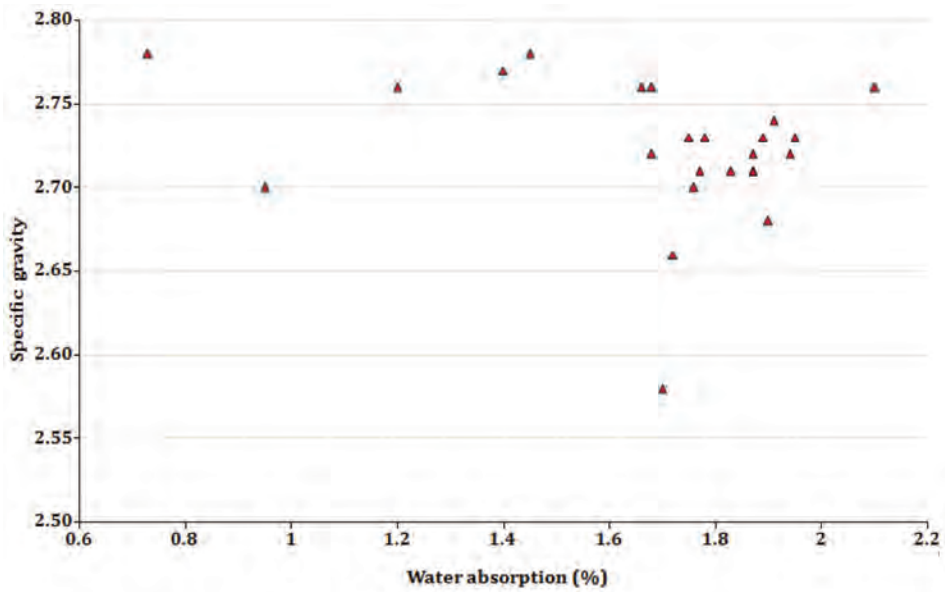


Figure 7. Specific gravity versus water absorption.

### ***Specific gravity and water absorption***

Three types of specific gravity were determined according to ASTM C 127-01. The summary results of specific gravity are shown in Table 2 and Figure 6. It is observed that the bulk specific gravity varies from 2.58 to 2.78, with an average of  $2.72 \pm 0.04$ , (n=24), bulk specific gravity (saturated surface dry) varies from 2.64 to 2.84, with an average of  $2.78 \pm 0.04$ , (n=24) and apparent specific gravity varies from 2.75 to 2.92, with an average of  $2.87 \pm 0.05$ , (n=24).

BS 812 and ASTM C 127-01 standards stated the maximum allowable value of water absorption of concrete aggregate is 2 and 2.5, respectively. Hence, the studied samples have shown good quality in term of water absorption (< 2.5).

The specific gravity of an aggregate is an important factor in mix design calculation because it relates the weight of aggregate to its volume. This property, give an idea of strength of rocks. There is generally a direct positive relationship between high specific gravity and high strength of aggregates (Kandhal and Lee, 1970; Neville, 2000).

Water absorption represents the water contained in aggregate in saturated surface dry condition. It was determined according to ASTM C 127-01. It varies from 0.73 to 2.10 %, with an average of  $1.68 \pm 0.32$  %, (n=24) (Table 2, Figure 7).

BS 812 and ASTM C 127-01 standards stated the maximum allowable value of water absorption of concrete aggregate is 2 and 2.5, respectively. Hence, the studied samples have shown good quality in term of water absorption (< 2.5).

The aggregates water absorption is an important property in determining mixing ratios.

Therefore, aggregate with low water absorption values are in high demand for quality concrete manufacturing. High strength concrete can be made with rock of low water absorption (< 2 %) (Fookes, 1980). BS 812 and ASTM C 127-01, state that the upper limit for concrete aggregate water absorption should not be greater than 2 and 2.5 %, respectively. The studied basaltic samples are suitable for high strength concrete production considering their water absorption (very low < 2.5 %).

The water absorption affects the specific gravity of the aggregate as well as in service behaviour of concrete. It is considered an indirect measure of permeability of aggregate that affects other physical characteristics such as mechanical strength, soundness and its general durability (Smith and Collis, 1993; Neville, 2000; Korkanç and Tuğrul, 2004). Aggregate having high water absorption are more porous in nature and are generally considered unsuitable (Schmidt and Graf, 1972). In general, less absorptive aggregates often tend to be more resistant to mechanical forces and weathering.

### ***Flakiness index and elongation index***

The shape of aggregate is an important characteristic since it affects the workability of concrete. Particle shape and size distribution influence the water content necessary to obtain a mix of suitable resistance, and then by affecting the compressive strength, drying shrinkage and durability of the resulting concrete (Engidasew, 2013).

Regarding aggregate properties, every rock unit has its own properties depending upon its mineralogical and textural characteristics.

Flakiness and elongation indices are generally considered to be an inherent property of the rock itself depending mainly upon its mineralogy, texture and structure; and partly on the crushing methodology/techniques (Engidasew, 2013).

During aggregate production, the rock breaks into an assemblage of particles of different shapes, of which four categories are identified in BS specifications: cuboidal, elongate, flaky and flaky-elongated. The presence of flaky and elongated aggregate particles beyond specified limits increases the degradation of mixes. Flaky and elongated aggregate particles may break during construction and under traffic load.

Flaky is a term used as a description for the material with small thickness; relative to the other two dimension. A flaky particle is one in which the smallest dimension is a maximum of 0.6 times the mean sieve size (BS 812: Part 105.1). Flakiness index is determined by separating the flaky particles by using a metal thickness gauge (BS 812: Part 105.1). The flakiness index varies from 10.30 to 19.77 %, with an average of  $15.19 \pm 2.98$  %, (n=11).

An elongated particle is one whose maximum dimension is greater than 1.8 times its mean dimension (BS 812: Part 105.2). A particle, of which the length is considerably larger than the other dimension is called elongated. Elongation index is determined by separating the elongated particles by using a special gauge (BS 812: Part 105.2). The elongation index varies from 12.37 to 23.06 %, with an average of  $18.15 \pm 4.04$  %, (n=11).

The flakiness index and elongation index comply the BS 812: Part 105 specifications as concrete aggregate.

## Mechanical Properties of Aggregates

The mechanical tests provide parameters for strength and durability of rock aggregates (Aitcin and Mehta, 1990; Neville, 2000). The available standards (BS, ASTM and EN) require that the rock aggregate should not disintegrate during mixing or compaction. In this study, strength and durability of the basaltic coarse aggregates were tested through the procedures and limits defined by the parameter such as aggregate impact value (AIV) and Los Angeles abrasion value (LAAB).

Toughness is the property of aggregates to resist impact against moving loads. These tests are included in BS for measurement of the mechanical properties of crushed rock aggregates, including the AIV and LAAB tests (BS 812: Part 112 and BS 812: Part 113), respectively.

AIV indicates relative measure of mechanical resistance of an aggregate to sudden shock (Smith and Collis, 2001). The AIV test was stated to have the following advantages: it requires a small sample; it requires less expensive portable equipment; and samples may be tested in a wet condition (Kandhal et al., 1998). AIV and LAAB are the basic strength parameters to evaluate the strength and durability of the aggregate.

As it has been seen in Figure 8, LAAB and AIV show a linear relationship (with  $R^2=0.86$ ) indicating these properties are important mechanical properties of the aggregate characterization as far as this study is concerned.

Apart from testing aggregate with respect to its LAAB and AIV, testing the aggregate with respect to its resistance to wear is an important test for aggregate to be used for road constructions, building floors and pavement constructions. In the current study, the AIV value ranges from 7.56 % to 15.65 %, with an average of  $10.09 \pm 3.12$  % (n=6). BS and ASTM standards stated that AIV

should be less than 25 % of its weight (BS 812 Part 110:1990; ASTM C 131-96). All studied samples meet the mentioned specification. The results obtained for AIV test is mainly affected by inherent geological factors (petrology and fabric) (Ramsay et al., 1974).

The LAAV of the studied samples ranges from 11.1 to 18.98 %, with an average of  $14.56 \pm 3.01$  % (n=6). The EN standards state the maximum allowable value is 35 %. Therefore, the studied samples have shown good quality in terms of LAAV test results (< 35 %, EN 12620).

### Soundness of Aggregates

Soundness test (ASTM C 88-99) evaluates the resistance of aggregate to disintegrate when subjected to attacks by salts and freeze and thaw action during extreme weathering conditions (Wu et al., 1998). Freezing and thawing cycles are simulated by immersing the aggregate in a sulphate solution, drying the aggregate, and then reimmersing the aggregate in the sulphate solution. Expansive forces are created when the sulphate crystals in the aggregate pores are re-hydrated. The salt expansion simulates the forces

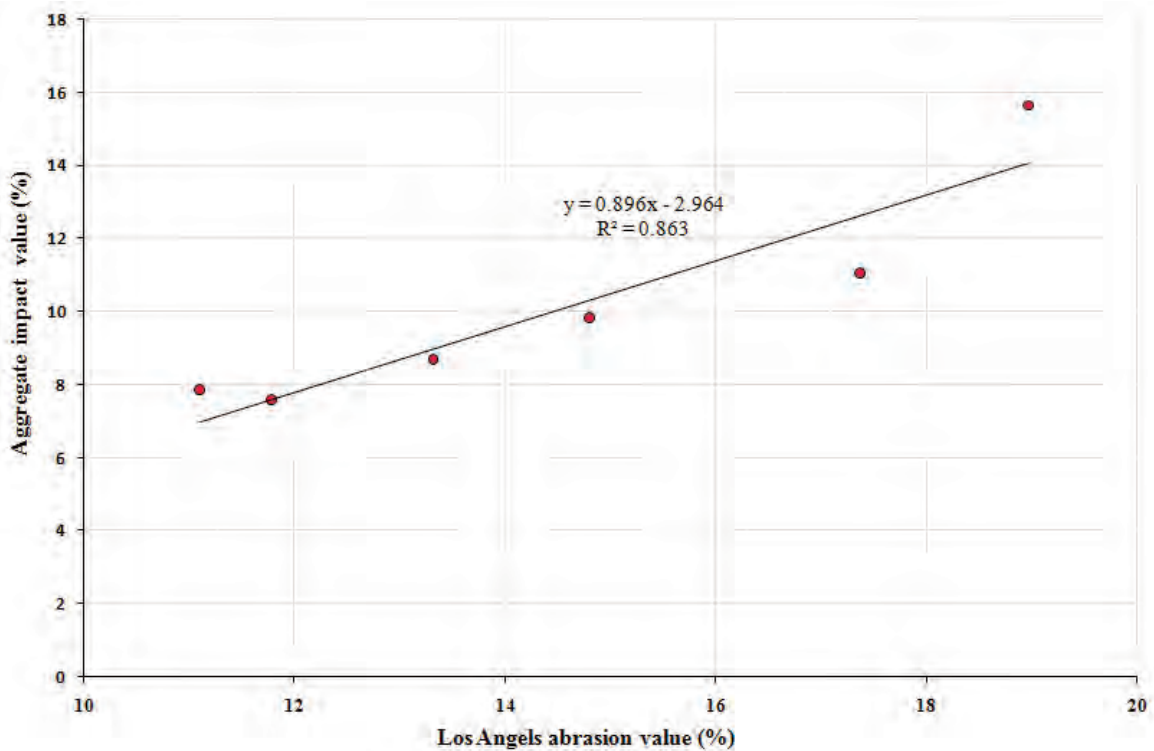


Figure 8. Los Angeles abrasion values versus aggregate impact values.

that are created when water freezes in aggregate pores. The ranges of mass loss allowed in specifications vary from agency to agency with the type of sulfate used. Typical limits are 10 and 18 % loss for sodium and magnesium sulphate, respectively.

In the current study, we used sodium sulphate ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) soundness test. All the samples have shown very good results ranging from 0.10 % to 1.31 % with an average of  $0.50 \pm 0.41$  %, ( $n=7$ ). These results are quite good according to the ASTM and BS specifications ( $< 10$  %).

### Alkali Silica Reaction

Alkali-silica reaction (ASR) is a chemical reaction between the reactive silica contained in aggregates and the alkalis in the cement paste (Farny and Kosmatka, 1997). It is caused due to combination of three factors: a significant quantity of reactive silica in aggregates; high alkalinity in the pore solution of concrete and moisture from external source (Fatt and Beng, 2007). The reaction forms a swelling gel which may induce stress, resulting in expansion and cracking which over time can threaten structural integrity (Harrison and Bloodworth, 1994). The reactivity of volcanic rocks is usually associated with the presence of volcanic glass, altered minerals and  $\text{SiO}_2$  content of the rock (Wakizaka, 2000; Korkanç and Tuğrul, 2005). The deterioration of concrete by ASR is well known in several countries such as Japan, China, Italy, Australia, New Zealand, Argentina, Brazil, Iceland and Turkey.

The Mielenz quick chemical test (ASTM C 289-01) has been found to be a satisfactory initial method for determining the potential reactivity of aggregates derived from volcanic rocks (Mielenz and Benton, 1958). This test categorizes aggregates as innocuous, potentially deleterious or deleterious (Figure 9). For this test, three

different samples from study quarry of basaltic rocks used as aggregate sources were sampled in the studied area and tested. So, according to this test, the aggregate samples collected from study quarry plot in the innocuous field which means non-reactive (Figure 9). Further, the chemical analysis of the basalt (Table 1) demonstrated that the basalt had around 48.70 %  $\text{SiO}_2$ . According to Katayama et al. (1989) the basalt could be unreactive when its silica content is less than 50 %.

### CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The life performance of civil structures mainly depends upon the properties of aggregates. The aggregate strength should satisfy the standard requirements for structural purposes. The selection of suitable aggregates is of prime importance because it forms over three quarters of the volume of the concrete. Concrete is made up of aggregate, cement and water. Through this combination of materials, 75 % of the mix is governed by aggregate.

Basalts aggregates from Hamdan area are widely used as coarse aggregates because the quality for aggregate production is very good and characterized by higher specific gravity, lower absorption and abrasion loss values, resistance to corrosion, high compressive strength and non-reactive ASR.

The quarry sites around Sana'a are not systematically selected. In order to improve further the outcome of a similar work it is recommended in the future to have a close cooperation between an engineer and the geologists. Furthermore the aggregate producers must continuously comply with the standard requirements make sure give proper attention in producing consistent and quality products to the customers' standard requirements.

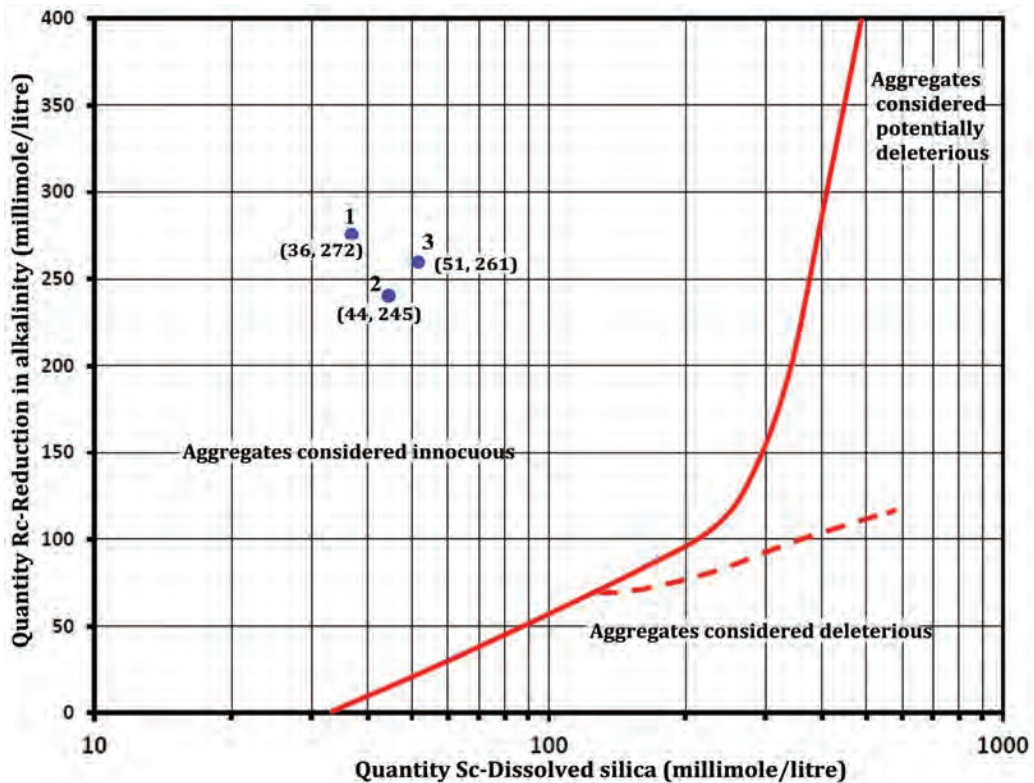


Figure 9. Samples plotted on Mielenz standard graph with illustration of division between innocuous and deleterious aggregates on the basis of reduction in alkalinity test (ASTM C 289-01).

## ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere gratitude and appreciation to Prof. Dr. A. A. Sabtan, Faculty of Earth Science, King Abdulaziz University, Jeddah, and Prof. Dr. S. A. Al-Khribash, Faculty of Science, Sultan Qaboos University, Muscat, for revising the preliminary manuscript and their constructive remarks. The author also would like to thank anonymous reviewers for valuable comments and suggestions to improve the manuscript.

## REFERENCES

- Aitcin, P.C., Mehta, P.K., 1990. Effects of coarse aggregate characteristics on Mechanical properties of high strength concrete. *ACI Materials Journal*, 87 (2), 103-107.
- ASTM C 33-01. Standard specification for concrete aggregate. Annual book of ASTM standards.
- ASTM C 88-99. Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate. Annual book of ASTM standards.
- ASTM C 127-01. Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of coarse aggregate. Annual book of ASTM standards.



- ASTM C 131-96. Standard test method for resistance to degradation of small size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles Machine. Annual book of ASTM standards.
- ASTM C 136-01. Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates, Annual book of ASTM standards.
- ASTM C 289-01. Standard test method for potential alkali-silica reactivity of aggregates (Chemical Method). Annual book of ASTM standards.
- ASTM D 3398-00. Standard test method for index of aggregate particle shape and texture. Annual book of ASTM standards.
- Balletto, G., Furcas, C., 2011. Environmental sustainability in the construction industry related to the production of aggregates qualitative aspects, case studies and future outlooks. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2(2), 109–115. doi: 10.7763/IJESD.2011.V2.106
- Bérubé, M.A., 2001. The mineralogical and petrographic analysis of concrete aggregates. *The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society (TMS)*, 53(12), 45–47.
- Blyth, F.G., Freitas, M.H., 1977. *A geology for engineers*. 6<sup>th</sup> Edition. Edward Arnold. The Pitman Press. Great Britain.
- Bosworth, B.; Huchon, P., McClay, K., 2005. The Red Sea and Gulf of Aden basins. *Journal of African Earth Science*, 43(1-3), 334-378. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2005.07.020>
- BS 812. 1990. Testing aggregates. British Standards Institution, London, UK.
- BS 812: Part 1. 1975. Methods for determination of particle size and shape. British Standards Institution, London, UK.
- BS 812: Part 2. 1975. Determination of relative densities and water absorption of coarse aggregates. British Standards Institution, London, UK.
- BS 812: Part 105.1. 1989. Determination of aggregate particle shape (flakiness index). British Standards Institution, London, UK.
- BS 812: Part 105.2. 1989. Determination of aggregate particle shape (elongation index). British Standards Institution, London, UK.
- BS 812: Part 112. 1990. Methods for determination of aggregate impact value (AIV). British Standards Institution, London, UK.
- BS 812: Part 113. 1990. Methods for determination of aggregate abrasion value (AAV). British Standards Institution, London, UK.
- Engidasew, T.A., 2013. Engineering geological characterization of volcanic rocks of Ethiopian and Sardinian highlands to be used as construction materials. PhD. Thesis, Università degli Studi di Cagliari. Cagliari, Italy (unpublished).
- Farny, J., Kosmatka, S., 1997. Diagnosis and control of alkali-aggregate reactions in concrete. *Concrete Information - IS413.01T*. PCA, 24 p.
- Fatt, N.T., Beng, Y.E., 2007. Potential alkali-silica reaction in aggregate of deformed granite. *Geological Society of Malaysia, Bulletin*, 53, 81–88.
- Fookes, P.G., 1980. An introduction to the influence of natural aggregates on the performance and durability of concrete, *The Quarterly Journal of Engineering Geology*. 13(4), 207-229.
- Goodman, R.E., 1993. *Rock in engineering construction*, Engineering Geology, Wiley, New York.
- Harrison, D.J., Bloodworth, A.J., 1994. *Construction materials*. Industrial Minerals Laboratory Manual, Technical Report WG/94/12, Mineralogy and Petrology Group, British Geological Survey, Keyworth, UK.
- Kandhal, P.S., Lee, D.Y., 1970. An evaluation of the bulk specific gravity for granular materials. Highway research board, Highway research record No. 307.
- Kandhal, P.S., Lynn, C.Y., Parker, F., 1998. Tests for plastic fines in aggregates related to stripping in asphalt paving mixtures. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, 67.
- Katayama, T., St John, D.A., Futagawa, T., 1989. The petrographic comparison of rocks from Japan

- and New Zealand-Potential reactivity related to interstitial glass and silica minerals. In: Okada, K, Nishibayashi, S and Kawamura, M (editors). Proceedings of the 8th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete (ICAAAR), Kyoto, Japan: 537-542.
- Korkanç, M., Tuğrul, A., 2004. Evaluation of selected basalts from Niğde, Turkey, as source of concrete aggregate. *Engineering Geology*, (75) 291–307.
- Korkanç, M., Tuğrul, A., 2005. Evaluation of selected basalts from the point of alkali-silica reactivity. *Cement and Concrete Research*, 35, 505-512.
- Kruck, W., Schäffer, U., 1991. Geological map of the Republic of Yemen, Sheet Sana'a, Ministry of Oil and Mineral Resources, Sana'a, Yemen, scale 1:250,0000.
- Krynine, D., Judd, W., 1957. Principles of engineering geology and geotechnics. McGraw-Hill, New York, USA.
- Mattash, M.A., Balogh, K., 1994. K-Ar radiometric age data on Cenozoic volcanic and their associated intrusion from Yemen. *Acta mineral Petrograph.*, Szeged, 35, 83-92.
- Mattash, M.A., Pinarelli, L., Vaselli, O., Minissale, A., Al-Kadasi, M., Shawki, M.N., Tassi, F., 2013. Continental flood basalts and rifting: Geochemistry of Cenozoic Yemen Volcanic Province. *International Journal of Geoscience*, 4(10), 1459-1466.
- Menegaki, M.E., Kaliampakos, D.C., 2010. European aggregates production: drivers, correlations and trends. *Resources Policy*, 35, 235-244. doi: 10.1016/j.resourpol.2010.01.003
- Mielenz, R.C., Benton, E.J., 1958. Evaluation of the quick chemical test for alkali reactivity of concrete aggregate. Highway Research Board, Washington, D.C., 1-15
- Neves, J., Diogo A.C., Freire A.C., de Brito, J., 2015. Aggregates. In: *Materials for construction and civil engineering*. Springer International Publishing, Cham, 857–896. doi: 10.1007/9783319082363\_20
- Neville, A.M., 1981. Properties of concrete. 3<sup>rd</sup> Edition, Longman Group Ltd. London, UK.
- Neville, A.M., 2000. Properties of concrete. 4<sup>th</sup> Edition, Pearson Education Asia Ltd. Edinburgh, UK.
- Ramsay, D.M., Dhir, R.K., Spence, I.M., 1974. The role of rock and clast fabric in the physical performance of crushed-rock aggregate. *Engineering Geology*, 8, 267-285
- Schmidt, R.J., Graf, P.E., 1972. The effect of water on resilient modulus of asphalt treated mixes. *Proceeding of Association of Asphalt Paving Technologists*, 41, 118-162.
- Smith, M.R., Collis, L., 1993. Aggregates. Geological Society Engineering Geology Special Publication, 9, Geological Society, London.
- Smith, M.R., Collis, L., 2001. Aggregates- sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes. 3<sup>rd</sup> Edition. The Geological Society, London, 199-224.
- UEPG (Union Européenne des Producteurs de Granulats, European Aggregates Association). 2016. A sustainable industry for a sustainable europe annual review 2016. [http://www.uepg.eu/uploads/Modules/Publications/uepg-ar2016-17\\_32pages\\_v04\\_small.pdf](http://www.uepg.eu/uploads/Modules/Publications/uepg-ar2016-17_32pages_v04_small.pdf). Accessed 21 Nov. 2017
- EN 12620:2002+A1:2008, 2008. Aggregates for concrete. CEN.
- USGS, 2010. Mineral production year book of Ethiopia. New York, USA.
- Wakizaka, Y., 2000. Alkali-silica reactivity of Japanese rocks. *Engineering Geology*, 56(1-2), 211-221. DOI: 10.1016/S0013-7952(99)00144-1.
- Wu, Y., Parker, F., Kandhal, K., 1998. Aggregate toughness/abrasion resistance and durability/soundness tests related to asphalt concrete performance in pavements. National Centre for Asphalt Technology, Report No. 98-4, Auburn University, Alabama.
- Zerdi, T.A., 2015. Effects of using washed basalt coarse aggregates on strength characteristics of concrete. *Global journal for research analysis*, 4(12), 64-65.



Araştırma Makalesi / Research Article

## Türkiye’de CBS Tabanlı Kömür Maden Bilgi Sistemi (KMBS) Kurulmasında Kullanılacak Bazı Kriterler

*Some Criteria For Creating GIS Based Coal Mine Information System (CMIS) in Turkey*

C. Bertan GÜLLÜDAĞ<sup>1</sup> , Mehmet ALTUNSOY<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Antalya

<sup>2\*</sup>Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya

Geliş (Received): 08 Mart (March) 2018, Düzeltme (Revised): 17 Mayıs (May) 2018, Kabul (Accepted): 05 Haziran (June) 2018

### ÖZ

Maden Bilgi Sistemleri hem metalik hem de metalik olmayan madenleri kapsamaktadır. Fosil yakıtlar içerisinde ülkemizde en çok bulunan kömür için ayrı bir bilgi sisteminin oluşturulması, Türkiye’de madencilik açısından önemli katkılar sağlayacak bir çalışma olacaktır. Kömür Maden Bilgi Sistemi (KMBS) oluşturulmasında öncelikle potansiyel kömür sahaları belirlenip bu sahalar rezerv bilgilerinin işlenmesi gerekmektedir. Sahaların işletilme durumlarına göre tasnif edilmesinin ardından koordinat, detay rezerv, kurum, ruhsat gibi veri setleri işlenmelidir. Oluşturulacak sahalar jeolojik faktörler (birincil ve ikincil), çevresel faktörler, laboratuvar analiz sonuçları, insan sağlığı ve meslek hastalıkları riskleri, işçi sağlığı ve güvenliği verileri gibi veri setleri işlenmesi ile oluşturulacak tematik haritalar, istenildiğinde farklı kullanıcılar tarafından erişim ve analiz edilebilme avantajı sağlamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde verilerin güncel tutulması sistemin etkin kullanımı açısından oldukça önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Bilgi Sistemi, CBS, Kömür, Maden

### ABSTRACT

Mine Information Systems contain both metallic and non – metallic mines. Among fossil fuels, coal is commonly used one in Turkey and creating a different information system for the coal will provide important contribution from mining standpoint. For creating a Coal Mine Information System (CMIS), the first step is to establish potential coal fields and process reserve data of these fields. After the classification of the fields for management, coordinate, detail reserve, company and mining license should be added as data sets. These coal areas must have other data sets which are geological factors (primary and secondary), environmental factors, laboratory analysis results, risk of human health and occupational diseases. All of these data sets help to create thematic maps and the thematic maps can be used for access and analysis by different users. For the effective usage of the systems, these data must be current at all time.

**Keywords:** Information System, GIS, Coal, Mine

## GİRİŞ

Türkiye fosil yakıt türlerinden biri olan kömür bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre ülkemizde 2005 yılında 8.3 milyar ton olarak bilinen linyit rezervi 2015 yılı itibarıyla yeni bulunan sahalarla birlikte 15 milyar tonu aştığı tahmin edilmektedir. Bilindiği gibi kömür termik santraller, sanayi, konut ısıtma gibi alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile kömürün bulunduğu sahaları gösteren ve madencilik, çevre konularında risklerin tespit edileceği bir bilgi sisteminin kurulması işletilmekte olan sahalarındaki Coğrafi Bilgi Sistemleri ile yapılacak çeşitli değerlendirme yöntemleri açısından ve ileriye dönük planlamalar için oldukça önemlidir. Son dönemde madencilik sektöründe yaygın kullanıma sahip Coğrafi Bilgi Sistemleri ile ekonomik açıdan oldukça verimli sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu çalışmada kömür ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile elde edilecek Kömür Maden Bilgi Sistemi (KMBS) oluşturulma aşamaları ve hangi kriterlerin göz önünde bulundurulabileceği gibi bilgiler yer almaktadır. Ayrıca kömürün içinde bulunan zararlı elementlerin veri setine işlenmesi ile kömür madenciliği, taşınması ve yakılması sırasında ortaya çıkabilecek potansiyel tehlikelerin öngörülmesi, kurulacak bir termik santral ile yanacak kömürün çevreye verebileceği zararın tespit edilmesi anlamında da önemli katkılar elde edilebilecektir.

Bu konu ile ilgili olarak ülkemizde yapılan çalışmalardan biri Seyis vd. (2002) tarafından gerçekleştirilmiş olup, Coğrafi Bilgi Sistemine dayalı jeolojik veri tabanı yöntemi ile oluşturulan lokal bir alan olan Zonguldak için çeşitli veri katmanları ve havzadaki kömüre ait çeşitli analiz sonuçları içeren bir veri tabanı hazırlanmıştır.

Ayrıca taş ocakları bilgi sistemlerinin kurulması örneğinde olduğu her maden türü için bu sistemler kurularak maden sahalarının kontrolü sağlanabilir (Ülger vd., 2006). Coğrafi Bilgi Sistemi çalışmalarının rezerv tespitinde kullanımında elde edilen sonuçların önceden tespit edilen gerçek rezerv sonuçlarına çok yakın olduğu bu hesaplamalarda kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır (Doğan vd., 2007). Maden Bilgi Sistemi oluşturulması ile madenlerin rezerv bilgileri, işleten şirketler, sahada ortaya çıkabilecek hastalıklar ortaya konulabilir (Özkan vd., 2007). Uzaktan algılama metotları ve iki değişkenli istatistiksel yaklaşımlar neticesinde potansiyel kömür sahalarını tespit etmek mümkündür. Analizlerde formasyon, litoloji, faylanmaya mesafesi ve eğim gibi faktörler kullanılmıştır (Sütçü vd., 2009). Madende çalışan işçi sayıları, meydana gelen maden kaza sayıları, kazaların nedenleri ve sonuçları gibi unsurlar sisteme işlenmelidir (Şalap vd., 2009). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Maden Ruhsat Bilgi Sistemi oluşturulabilmektedir (Acı, 2010). Madencilik faaliyetlerinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanımında bir maden veri tabanı oluşturularak maden sahasındaki veriler buraya işlenebilmektedir (Dereli vd., 2010). Bu şekilde bir çalışma Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılması ile sayısal maden haritaları oluşturularak yapılmıştır (Baran vd., 2016).

## KÖMÜR VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

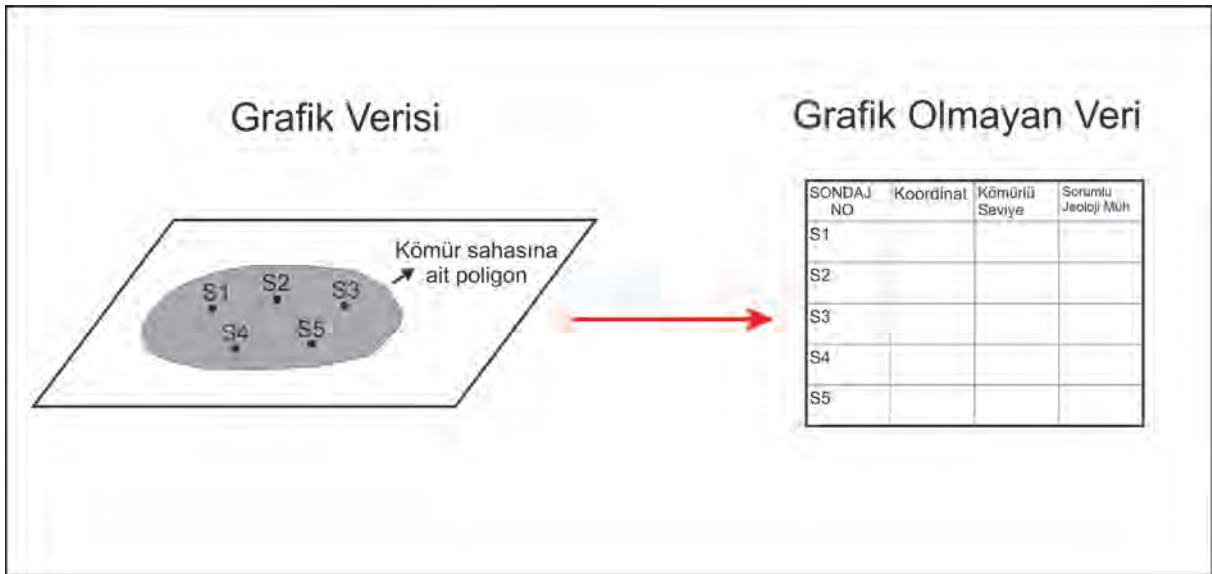
Coğrafi Bilgi Sistemleri; konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analiz edilmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütün halinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2000). Gelişen teknoloji ile

hem devlet kurumlarında hem de özel sektörde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanımı artmıştır. Özellikle madencilik faaliyetinde bulunan firmaların çalıştıkları sahaya ait elde ettikleri tüm verileri eski yöntemleri geride bırakarak bu sistemlere işlenmesi Coğrafi Bilgi Sistemlerinin yaygınlaştığının bir kanıtı sayılabilir.

Tanımda da belirtildiği üzere Coğrafi Bilgi Sistemleri grafik veri (mekânsal veri) ve grafik olmayan verilerden (mekânsal olmayan verilerden) oluşmaktadır. Grafik veri; sondaj, maden sahası gibi mekânsal gösterimlere ait verilerden oluşurken, grafik olmayan veri sondaj koordinatı, kömürlü seviye, sorumlu mühendis, alınan numune derinliği, deney sonuçları gibi sayısal ve sözel verilerden oluşmaktadır (Şekil 1).

suyu, eğim, paleontolojik bulgular gibi öznel verileri işlenebilir. Burada sahanın grafik olarak gösterimi kapalı bir poligon alan şeklinde düzenlenmesinin ardından işlenen öznel verileri ayrı bir tablo halinde verilecektir. Sondaj loglarının işlenmesinin ardından sahaya ait kömür ve litolojik birimlerin yorumlanması safhasına gelinir.

Bu veriler doğrultusunda CBS’de kullanılan çeşitli yöntemler ile aradaki birimlerin tahmini, log korelasyonu yapılmış olur. Yapılan sondajlar sonucunda korelasyon bilgileri test edilebilir. Sondajlara ait karot ve kesinti örneklerine yapılan Rock Eval, organik madde miktarı, organik madde tipi, HC potansiyeli, nem, kül, koklaşma, maseraller, parlaklık,

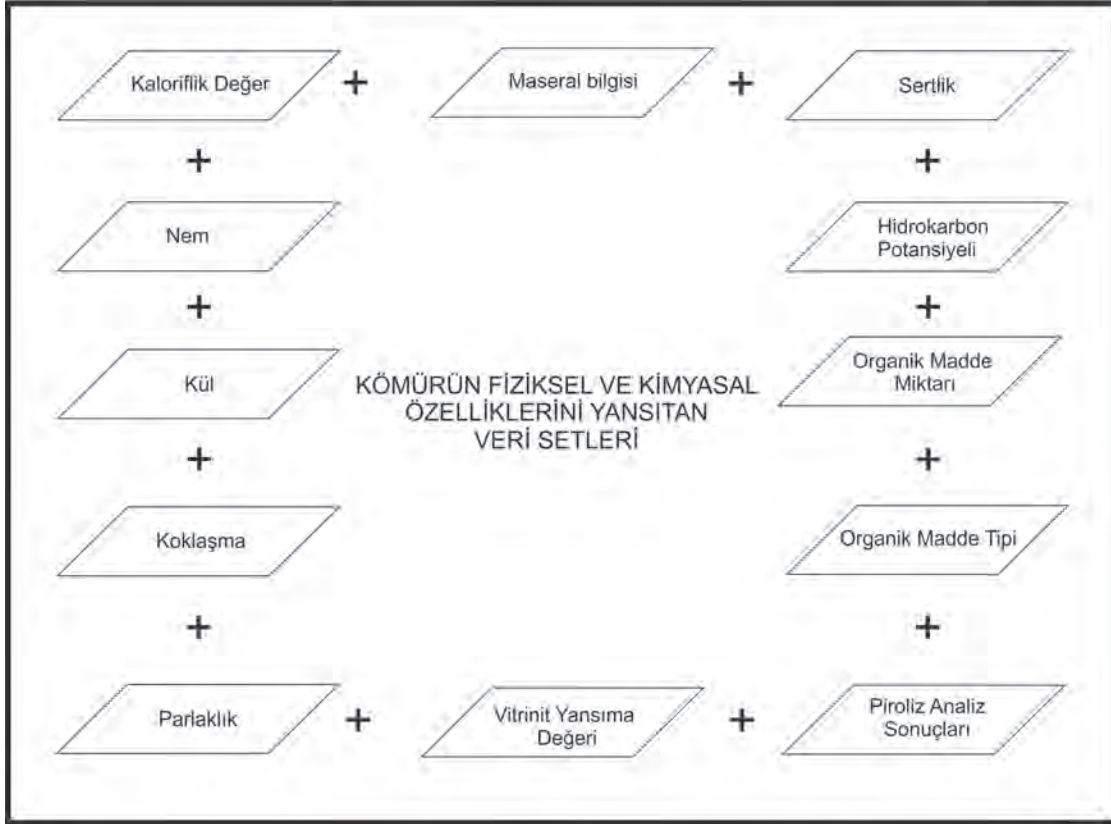


Şekil 1. Kömür sahalarında işlenebilecek grafik ve grafik olmayan veriler için örnek gösterim.

Figure 1. Illustration for graphical and non-graphical data that can be processed in coal fields.

Kullanıldığı alana göre değişim gösteren bu veri elemanları her kömür sahası için farklılık sunmaktadır. Örneğin bir kömür maden sahasında rezerv tespiti yapılmasının ardından bu sahaya ilişkin fay, litoloji, yeraltı

sertlik gibi fiziksel ya da kimyasal olmak üzere tüm test sonuçları işlenebilir ve farklı simge ile gösterilebilir. Bunun sonucunda sahalar arası korelasyon yapılırken kömüre ait bilgilerin birlikte değerlendirilmesi sağlanabilir (Şekil 2).

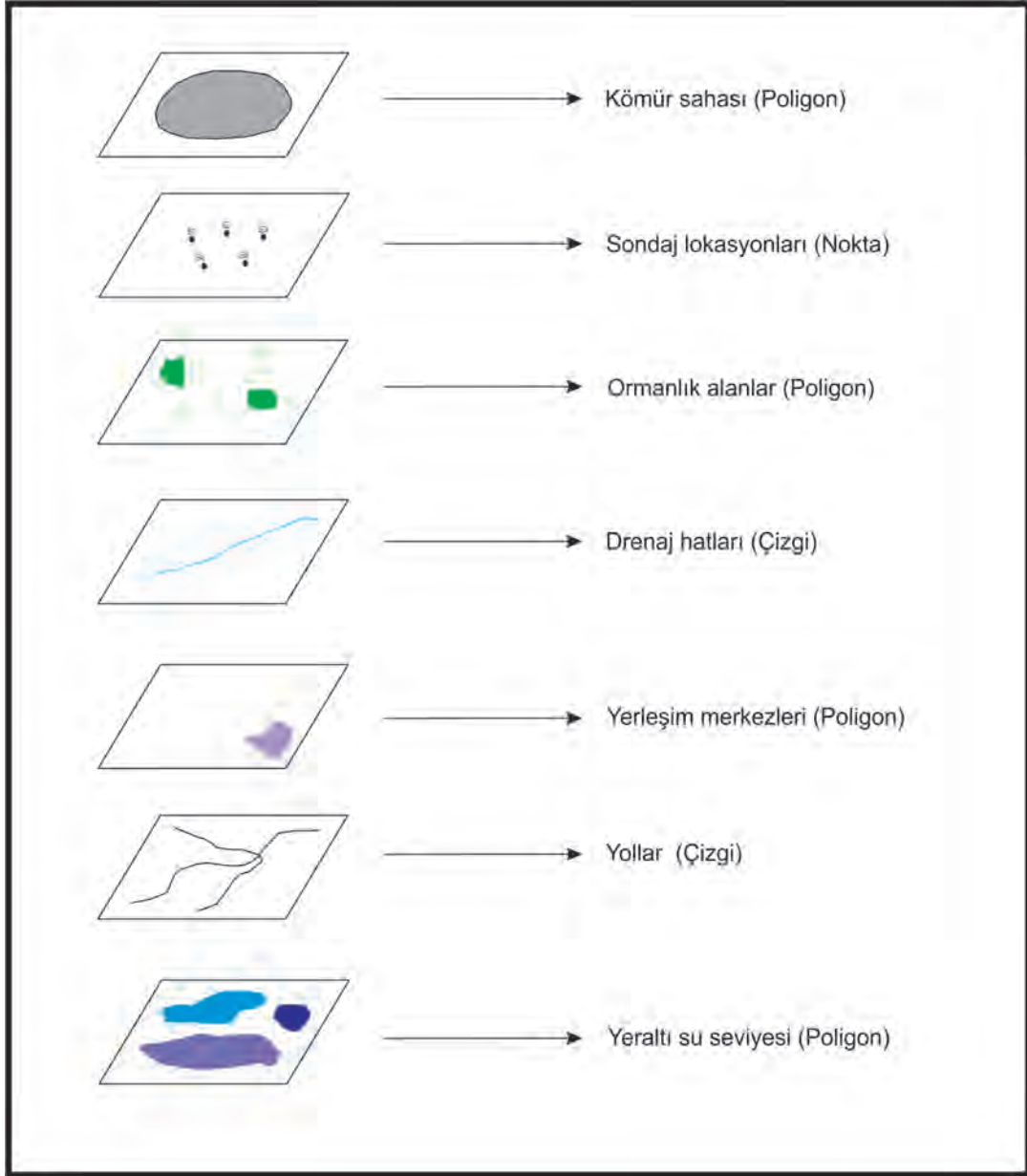


Şekil 2. Kömürün fiziksel ve kimyasal özelliklerinin oluşturduğu veri setleri.

Figure 2. Data sets of physical and chemical properties of the coal.

Coğrafi Bilgi Sistemlerini diğer programlardan ayıran en önemli fark sorgulanabilir olmasıdır. Sorgulama yöntemlerinden biri de yakınlık (buffer) analizidir. Bu çalışmada kömürün çevresel faktörler üzerindeki etkilerin incelenmesi yapıldığından sahaya ait konum verisine (poligona) en yakın su kaynakları, yeraltı su kaynaklarının derinlikleri gibi verilerin sorgulanmasının yanı sıra taşınması sırasında meydana gelebilecek tahribat ve alternatif taşıma yolları belirlenebilir. Ayrıca kömürün yakılması sırasında ortaya çıkacak hava kirliliği ve yerleşim yeri karşılaştırmaları yapılabilir.

Şekil 3'de kömür sahalarının yakın çevresinde neden olabilecekleri zararların tespiti için kullanılan katmanların şematik gösterimi yapılmıştır. Buna göre bir kömür sahasının sınırları poligon şeklinde gösterilmiştir. Daha sonra bu sahada yapılan sondajların noktasal olarak konumlarının işlenmesinin ardından sahaya belli yakınlıkta bulunan ormanlık alanlar, drenaj hatları, yerleşim merkezleri, yollar ve yeraltı su seviyesi gibi birçok verinin işlenmesi ile çevresel açıdan sahanın yarattığı tahribatın önceden tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması sağlanabilir. Bu katmanları arttırmak ve çalışmayı amaca göre daha da detaylı hale getirebilmek mümkündür (Şekil 3).



Şekil 3. Kömür sahalarının CBS ile çevresel etkilerinin tespitinde kullanılacak katmanlar.

Figure 3. Layers that can be used to determine the environmental impacts of coal lands with GIS.

### KÖMÜR MADEN BİLGİ SİSTEMİ (KMBS)

Maden Bilgi Sistemi; madencilik faaliyetleri sırasında ekonomik ve çevresel açıdan optimum kararlar verebilmek, maden faaliyetlerini

o maden türü için bir bütünlük içerisinde irdelemek, madenlere ait konumsal ve konumsal olmayan verilerin ilişkilendirilip gerekli sorgu ve analizlerin yapılmasına olanak sağlayan Coğrafi

Bilgi Sistemi olarak tanımlanabilir (Özkan vd., 2007).

Kömür Maden Bilgi Sistemi; kömür ile ilgili tüm verilerin (ekonomik, çevresel, madencilik gibi) tek bir bilgi sistemine işlenmesi ile elde edilebilir. Bu verilerle özel haritalar oluşturulması, mekânsal ve mekânsal olmayan verilerin sistem üzerinde farklı kullanıcılarla sorgulanabilme yetisinin bulunması bu sistemi gerek diğer maden bilgi sistemlerinden gerekse aynı madeni farklı sahalardan ayıran en önemli özellik olarak algılanabilir. Her maden sistemi için farklı kriterler önemlidir. Bu nedenle çalışma detaylandırılarak o maden sistemine ait daha ayrıntılı kriterler işlenmelidir. Böylece farklı maden sahalarından elde edilecek bilgi sistemlerinin birleştirilmesi ile oluşan genel bir maden bilgi sisteminin kurulması daha sağlıklı ve doğru sonuçlar bulunmasını sağlar.

Genel olarak oluşturulan Maden Bilgi Sistemi metalik ve metalik olmayan tüm madenlerin araştırılması ve haritalanmasına yöneliktir. Ancak, Kömür Maden Bilgi Sistemi sadece kömür ve kömür ürünlerinin aranmasından yakılmasına kadar her aşamada karşılaşılabilecek daha özel ve kömüre ait özelliklerin bu sisteme işlenmesini kapsamaktadır. Her aşamada farklı kullanıcıların erişebileceği bilgi sisteminin kurulması sonucunda etkin bir değerlendirme sağlanacaktır.

### **Kömür Maden Bilgi Sistemi Oluşturulma Aşamaları**

Coğrafi Bilgi Sistemleri parçadan bütüne doğru her katmanın üst üste bindirilmesi ile elde edilen ve gerçek sistemi taklit eden bir modeldir. Oluşturulacak KMBS de kömür ile ilgili verilerin katmanlar şeklinde belirlenip üst üste bindirilmesi ile elde edilen bir bilgi sistemi olacaktır. Bu kapsamda her bir aşama bir katman olarak tespit edilmiş ve sırası ile yazılmıştır (Şekil 5).

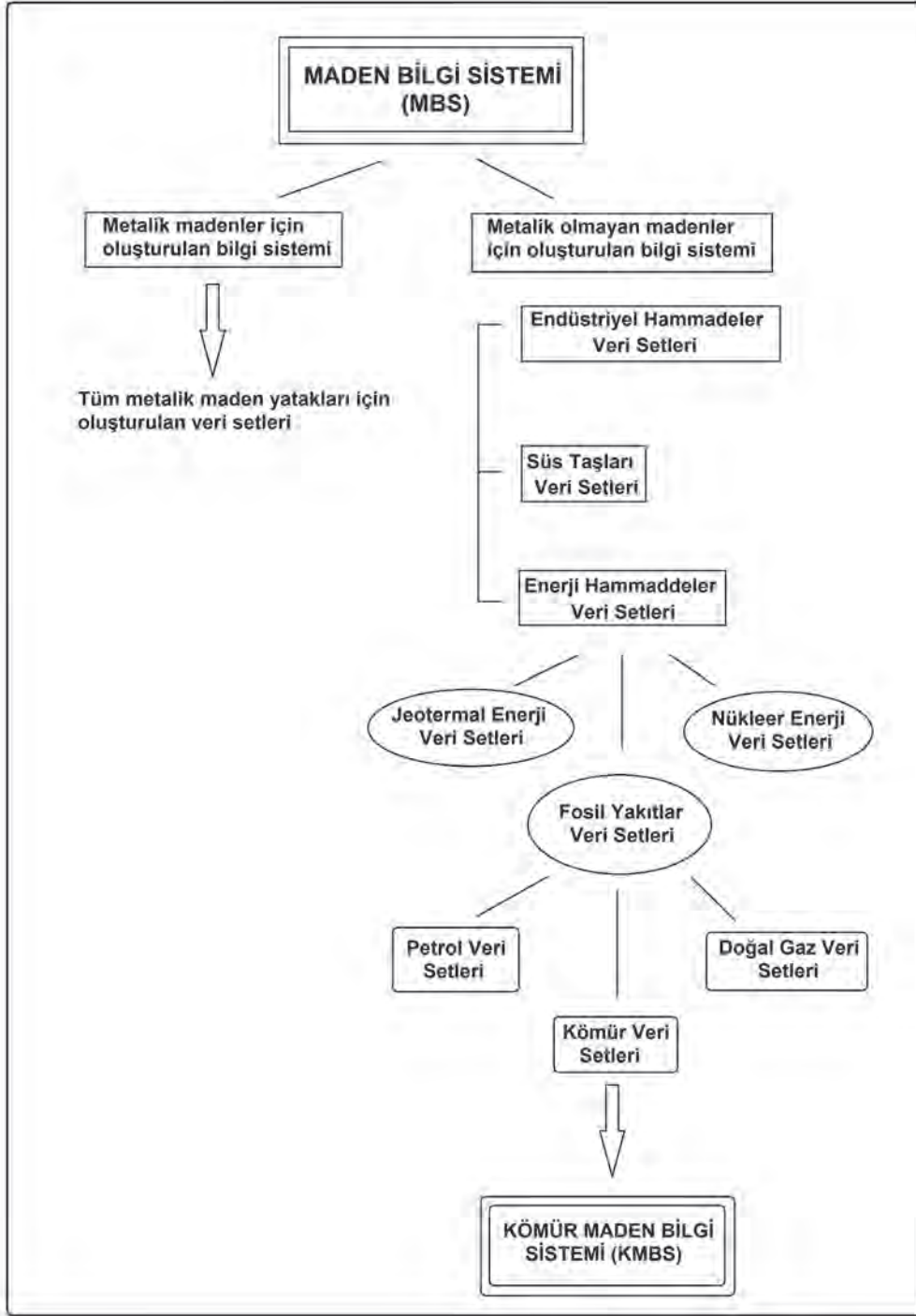
### **Kömür Sahalarının Yer Tespiti**

İlk aşama Türkiye’de bulunan kömür sahalarının tespitinin yapılmasıdır. Bu sahalar kömür ile ilgili genel sınırları oluşturacaktır. Detaylı bilgilendirme bu kapalı alanların (poligonların) içerisinde yapılacağı için dış sınır olarak da nitelendirilebilir.

### **Rezerv Tespiti**

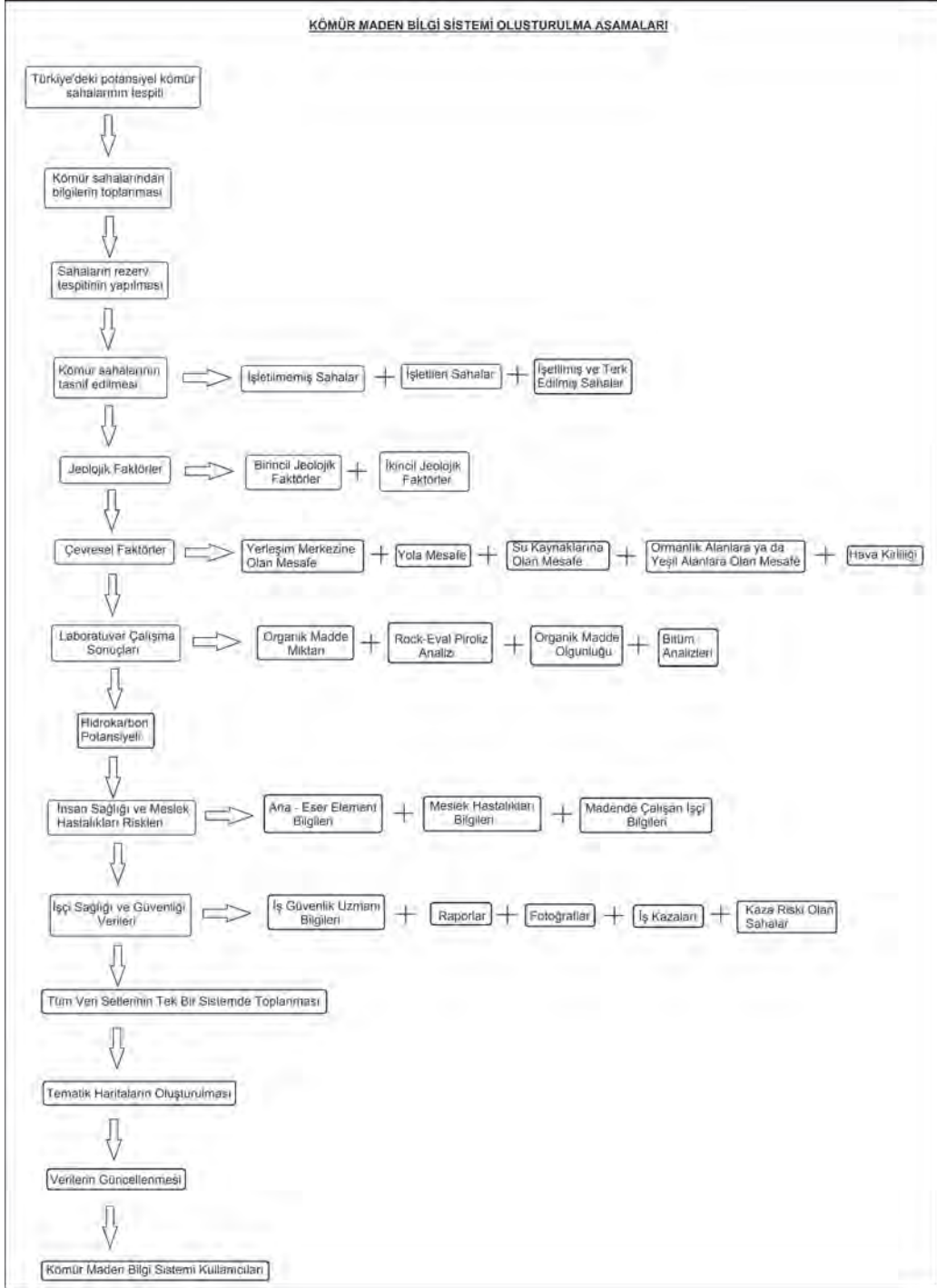
Belirlenen sahalarda mümkün rezerv araştırmalarının yapılması ikinci aşama olarak belirlenmiştir. Sahaların işletilmesi açısından en önemli unsurlardan biri de rezervedir. Çizelge 1’de Türkiye’de bulunan linyit yatakları ve rezervleri yer almaktadır.





Şekil 4. Maden Bilgi Sistemi oluşturulmasında alt veri setleri ve KMBS ile ilişkileri.

Figure 4. Sub-data sets in the creation of the Mine Information System and relations with the CMIS.



Şekil 5. KMBS oluşturulma aşamaları.

Figure 5. Stages of CMIS creation.

Çizelge 1. Türkiye'deki kömür sahaları (MTA, 2010).  
Table 1. Coal fields in Turkey (General Directorate of Mineral Research and Exploration, 2010).

Sıra No	KÖMÜR SAHALARI	REZERV (ton)
1	Afşin — Elbistan	4.642.340.000
2	Afşin — Elbistan (MTA)	515.000.000
3	Manisa — Soma	861.450.000
4	Adana — Tufanbeyli	271.302.000
5	Adıyaman — Gölbaşı	57.142.000
6	Bingöl — Karlıova	88.884.000
7	Ankara-Beypazarı	390.317.000
8	Bolu — Mengen	142.757.000
9	Muğla — Milas	750.214.000
10	Çankırı — Orta	123.165.000
11	Çanakkale — Çan	92.483.000
12	Kütahya — Tunçbilek	317.732.000
13	Kütahya — Seyitömer	198.666.000
14	Sivas — Kangal	202.607.000
15	Kütahya — Gediz	23.945.000
16	Tekirdağ — Çerkezköy	498.000.000
17	Tekirdağ — Saray	141.175.000
18	Amasya — Yeniçeltik	19.791.000
19	Yozgat — Sorgun	13.206.000
20	Bolu — Göynük	43.454.000
21	Çorum — Dodurga	38.500.000
22	Konya — Karapınar	1.230.000.000
23	Konya (Beyşehir-Seydişehir)	348.000.000
24	Bolu (salıp.-Merkez)	98.000.000
25	İstanbul (Silivri)	180.000.000
26	Eskişehir (Alpu)	275.000.000
27	Eskişehir (Koyunağlı)	57.430.000
28	Edirne	90.000.000
29	Bursa (Keleş — Orhaneli)	85.000.000
30	Balıkesir	34.000.000
31	Ankara (Gölbaşı)	48.000.000
32	Diğerleri	491.440.000
33	<b>TOPLAM</b>	<b>12.419.000.000</b>

Linyit sahaları için Şekil 6'da örnek bir çalışma yapılmıştır. Türkiye'de bulunan linyit sahaları rezervleri ile birlikte programa işlenmiştir. Yapılan bu örnek çalışmanın diğer kömür tiplerine işlenmesinin ardından ayrı ayrı sahalarla ait rezerv bilgisi elde edilebileceği gibi aynı türdeki kömürler için de güncel kömür rezerv verisine erişme olanağı sağlanacaktır.

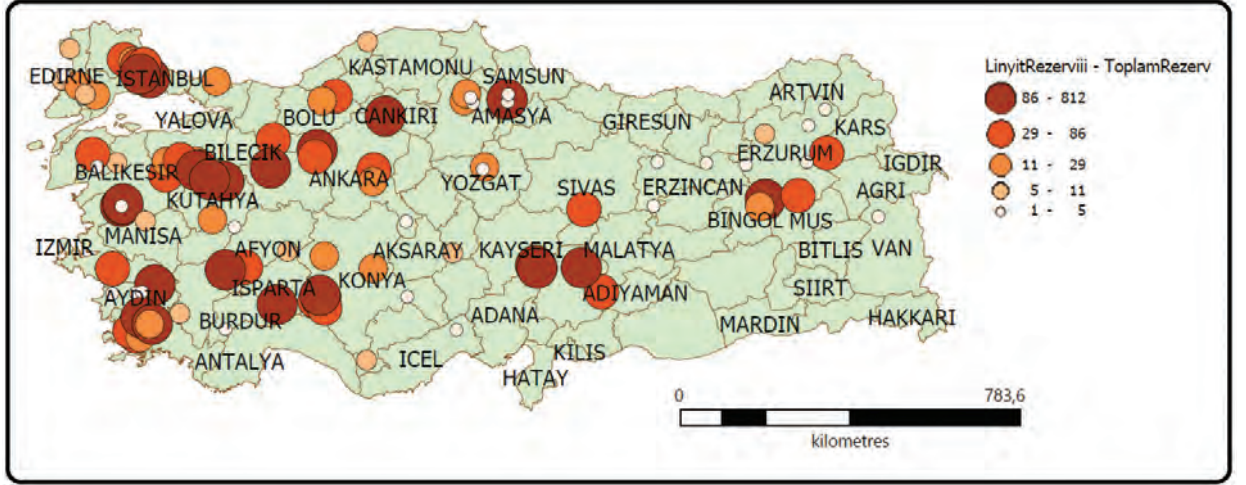
Ayrıca bölgesel bazda yapılacak olan çalışmalar için kullanım imkânı sağlayacak olan bu sistem daha hassas çalışmalar için etkin sonuçların alınmasına olanak tanımaktadır. Şekil 7'de Tekirdağ ve civarında bulunan linyit sahaları için rezerv bilgisinin işlenmiş hali gözlenmektedir. Yapılması planlanan bölgesel çalışmalar için bu verilerden yola çıkarak daha hassas verilerin işlenmesinin ardından yerel olarak birçok verinin işlendiği veri birikimine sahip olmak ve bunlara ait sorgulamalar yapılması açısından oldukça fazla avantaj sağlayacaktır.

İl maden haritalarının sistem üzerinde koordinatlandırılarak sınırları belirlendikten sonra aynı jeolojik ortamlarda meydana gelmiş ve tespit edilmemiş maden sahalarının da ortaya çıkması sağlanabilir (Baran vd., 2016).

### Kömür Sahalarının Tasnifi

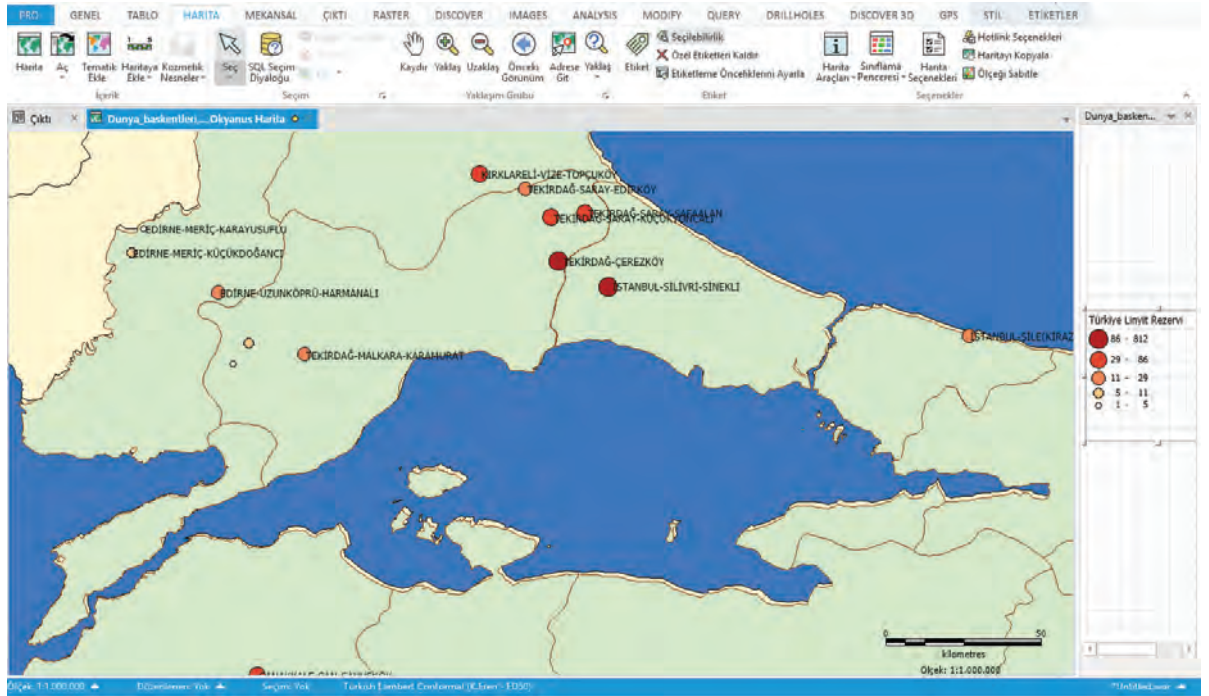
Genel anlamda kömür sahalarının ve rezervlerinin belirlenmesinin ardından üçüncü aşama bu sahaların tasnif edilmesidir. Kömür sahasında rezerv ve kalori değerlerin yeterli olması ile burada işletme kurulması gibi bir durum tek başına yeterli olmayacaktır. İşletme kurulabilmesi için birçok kriterin sağlanması gerekmektedir. Bu niteliklerin takibini bir bilgi sistemi üzerinden sağlamak oldukça kolay ve verimli olacağı için, oluşturulacak olan Kömür Maden Bilgi Sistemine ek diğer faktörlerin eklenmesi oldukça önemlidir. Kömür sahalarını üç kısımda incelemek mümkündür.

Güllüdağ, Altunsoy



Şekil 6. Türkiye’de bulunan bazı linyit yatakları ve rezervleri.

Figure 6. Some lignite deposits and reserves in Turkey.



Şekil 7. Tekirdağ ve civarında bulunan linyit yatakları örnekleri ve rezervleri.

Figure 7. Lignite deposits and reserves in and around Tekirdağ district.

## İşletilmemiş Sahalar

Arama sondajları ile rezerv tespiti yapılması gereken sahalardır. Kısaca potansiyel kömür sahalardır. Böylece olası bir işletme kurulması durumunda saha hakkında karar vermek için doğruluk payı artacaktır.

## İşletilen Sahalar

Arama sondajları ile çıkarılması ekonomik açıdan uygun görülen ve kömürün çıkarıldığı sahalardır. Bu sahalarda oluşturulacak bilgi sisteminde birçok veri seti işlemek mümkündür.

## İşletilen ve Terk Edilen Sahalar

Kömürün çıkarıldıktan sonra işletmeci kurum veya kuruluş tarafından yeterli miktarda rezervin kalmaması, maddi problemler ya da bürokratik bazı sorunlar nedeniyle sahadan ayrılması ile sonuçlanan sahalardır. Bu sahalarda genellikle yaşanan en büyük problem gerekli önlemlerin alınmadan sahanın terk edildiği durumlardır. Çizelge 2’de bu üç saha ayrımı için veri setleri yer almaktadır.

Çizelge 2. Sahaların tasnif edilmesi ve veri setleri.

Table 2. Classification of the fields and data sets.

1- İŞLETİLMEMİŞ SAHALAR İÇİN VERİ SETLERİ	2- İŞLETİLEN SAHALAR İÇİN VERİ SETLERİ	3- İŞLETİLMİŞ VE TERK EDİLMİŞ SAHALAR İÇİN VERİ SETLERİ
• Koordinat verisi	• Koordinat verisi	• Koordinat verisi
• Poligon verisi	• Poligon verisi	• Poligon verisi
• Eğim verisi	• Eğim verisi	• Eğim verisi
• Mümkün Rezerv verisi	• Mümkün Rezerv verisi	• Mümkün Rezerv verisi
	• Muhtemel Rezerv verisi	• Muhtemel Rezerv verisi
	• İşleten kurum bilgi verisi	• Görünür Rezerv verisi
	• Ruhsat verisi	• İşletmiş kurum bilgi verisi

## Jeolojik Faktörler

Kömür oluşumu ve çıkarılması sırasında birçok jeolojik faktör önemli rol oynamaktadır. Bu unsurlar ile ilgili jeolojik veri setlerinin oluşturulması diğer maden bilgi sistemlerinden ayıran en önemli faktör olacaktır. Jeolojik veri setlerini önem sırasına göre ikiye ayırarak işlenmesi daha doğrudur. Bu kapsamda jeolojik veri setleri Birincil Jeolojik Veri Seti ve İkincil Jeolojik Veri Seti olarak ikiye ayrılabilir.

### Birincil Jeolojik Veri Setleri

*Litoloji:* Kömürün bulunduğu formasyonların ve bu formasyonların yaşlarının işlenmesi ile oluşturulacak olan veri setidir.

*Fay:* Kömürlü sahalarda bulunan fayların tespiti ve işlenmesi ile oluşturulacak veri setidir.

*Yeraltı Suyu:* Kurulacak kömür tesisinde yeraltı su seviyesinin bilinmesi işletme sırasında ortaya çıkabilecek sorunların ve galerilerde suyun oluşmasına yönelik alınacak tedbirlerin alınmasını sağlayan bir veri setidir.

Güllüdağ, Altunsoy

*Eğim:* Tabakaların ve sahanın eğim koşullarının sisteme işlenmesi ile elde edilecek veri setidir.

*Paleontolojik Veriler:* Litolojik birimlerde bulunan ayırtman fosillerin varlığı ile yaş tayini yapılmaktadır. Bu nedenle bulunacak fosillerin sisteme işlenmesi ile aynı birimlerin korelasyonu da kolaylaşacaktır.

*Log Parametreleri:* Sondaj loglarının çizilmesi ile elde edilen verilerin yorumlanmasıdır. İşletme sahalarında yapılan log verilerinin sisteme işlenmesi ile birçok bilgiye erişim sağlanabilir.

*Arazi Modelleme:* Bu çalışmalar ile sayısal yükseklik modelleri oluşturulmakta, arazi üç boyutlu olarak modellenmektedir.

*Kaba Kimyasal Analiz:* Kömürleşme derecesini etkileyen nem, kömür tamamen yandıktan sonra geriye kalan ve yanıcı olmayan kısım olan kül gibi faktörlerdir. Ayrıca kömürün kalori değerleri de bu veri setine dahil edilebilir.

### İkincil Jeolojik Veri Setleri

Yapılan analiz sonuçlarının ve bazı jeolojik faktörlerin sisteme işlenmesi ve ilgili kullanıcılar tarafından ihtiyaç halinde kullanılmasını kapsayan veri setleridir. Fiziksel özellikleri ve kimyasal özellikleri ayrı ayrı yansıtan veri setleridir. Sistemin işlevsel hale getirilmesi durumunda aşağıda karışık olarak listelenmiş bu veri setlerini fiziksel ve kimyasal özellikler olarak iki ayrı başlıkta toplamak daha doğru olacaktır (Ünal, 2010).

- ✓ Erozyon Risk Bölgeleri
- ✓ Porozite
- ✓ Özgül Ağırlık
- ✓ Koklaşma

- ✓ Oksidasyon
- ✓ Hidrojenasyon
- ✓ Çözücülerde Erime
- ✓ Hidrojenasyon
- ✓ Gaz Emme Özelliği (Adsorbsiyon)
- ✓ Sertlik
- ✓ Ufalanabilirlik
- ✓ Öğütülebilirlik
- ✓ Grizu Riskleri
- ✓ Renk - Çizgi Rengi
- ✓ Parlaklık
- ✓ Elektriksel Özellikler
- ✓ Yataklanma Tipi
- ✓ Maseraller

### Kömürün Çevresel Etkilerinin CBS ile Tespiti

Fosil yakıtlar arama, çıkarılma, taşınma ve depolanma aşamalarında önemli çevresel tahribatlar yaratabilmektedir. Bunu tamamen önlemek mümkün olmayıp en aza indirmek ve bundan en az şekilde etkilenmesinin sağlanması olasıdır (Baba, 2000). Aşağıdaki veri setleri ile çevresel faktörlerin zararlarının indirgenmesi sağlanabilir.

*Yerleşim Merkezine Olan Mesafe:* Kömür sahalarının yakınında bulunan yerleşkelerin belli bir mesafede yakınına kömür işletmelerinin kurulmasının engellenmesi için oluşturulan veri setidir. Bu veri setleri ile buffer (tampon) bölge analizleri yapılabilir ve böylece insanların kurulacak maden tesisinden etkilenmesi engellenmiş olabilir. Türkiye'de ÇED (Çevre Etki Değerlendirmesi) hükümlerinin kömür için tespit ettiği yerleşim yerlerine uzaklık kriterlerinden faydalanılabilmektedir.

*Yola Mesafe:* İşletme tesisleri kurulmasından sonra bu kömürün taşınması sırasında meydana gelebilecek olan yol tahribatlarının tespiti için elde edilen veri setidir. Bu kriteri tespit etmek zor olduğu için Karayolları ile ortak çalışmalar yapılabilir. Ayrıca maden sahalarının yola uzak olması maden taşımacılığında ek maliyetler doğurduğundan özellikle büyük işletmeler için yol çalışmaları ve revizyonlarının tespitinde de bu analizler kullanılabilir.

*Su Kaynaklarına Olan Mesafe:* Kömür işletmelerinin göl, akarsu, baraj, gölet gibi su kaynaklarına olan mesafesi tampon bölge analizleri sonucunda zarar görme potansiyeli olan alanların belirlenmesi açısından fayda sağlayacak bir veri setidir.

*Ormanlık ya da Yeşil Alanlara Olan Mesafe:* Kurulacak olan maden sahasının ormanlık alanlara ya da yeşil alanlara belli bir mesafede olması kömürün çıkarılması ve taşınması sırasında oluşacak olan çevresel tahribatın en aza indirilmesi açısından önemli bir veri setidir.

*Hava Kirliliği:* Özellikle kömürün yanması sırasında ortaya çıkacak olan hava kirliliğinin belirlenmesi açısından hava kirlilik haritalarının elde edildiği veri setidir.

### Laboratuvar Çalışma Sonuçları

Fiziksel ve kimyasal özelliklerin tespit edilmesinin ardından sahalardan arama sondajları sonucunda alınan numunelerden yapılan laboratuvar deneyleri kömür ile ilgili oldukça önemli veriler sunacaktır. Bu amaçla aşağıda yapılan analizler ile veri setleri hazırlığı yapılan çalışmalara ışık tutacaktır.

*Organik Madde Tipi:* Organik madde tipinin belirlenmesi ile elde edilen veri setidir.

*Organik Madde Olgunluğu:* Organik madde olgunluğunun tespiti ile elde edilen bu veri setinde hangi tür ürünlerin oluşacağını tespit edilmesi mümkündür.

*Hidrokarbon Potansiyeli:* Potansiyel verim parametresinin işlendiği veri setidir.

*Bitüm (Özüt) Analizleri:* Bu analizler sonucunda organik madde tipi, olgunluğu, çökel ortam özellikleri, biyolojik bozunma gibi bilgilerin olduğu veri setleridir.

### İnsan Sağlığı ve Meslek Hastalık Riskleri

*Ana – Eser Elementler:* İnsan sağlığı açısından zararlı elementlerin belli sınır değerlerin altında olması gerekir. Türkiye kömürleri için belirlenen sınır değerler ile karşılaştırma yapılarak risk haritaları çıkarılabilir (Palmer vd., 2004). Bunun yanı sıra dünya kömürleri sınır değerleri ile karşılaştırma yapmak da mümkündür (Ketris ve Yudovich, 2009). Kömürün çıkarılması, taşınması ve yakılması sırasında ortaya çıkacak olan bu elementler hastalık yapıcı gibi olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Bu element değerlerinde risk görülen bölgelerin işlendiği veri setidir.

*Meslek Hastalıkları Bilgileri:* Kömür işçilerinde ortaya çıkan Pnömonyoz, Slikoziz gibi hastalık bilgilerinin sisteme işlenmesi ile oluşturulan veri setidir.

*Madende Çalışan İşçi Bilgileri:* Haritalar üzerine işlenen sahalarda, işletilen tesislerde çalışan tüm çalışanların ve işçilerin bilgilerinin işlendiği öznitelik verileridir.

### İş Sağlığı ve Güvenliği:

Maden sahaları birinci dereceden risk sınıfına giren işletmelerdendir. Kömür madenleri galeri ve açık işletme sistemi ile işletildiği için oldukça risklidir ve meydana gelen göçükler ile işçiler hayatını kaybetmektedir. Özellikle galerilerde

oluşan grizu, iyi havalandırılmayan madenlerde ortaya çıkan patlamalardır. Kömür depolarında meydana gelen yangınlar da insanların ölümüne neden olan başka bir unsurdur (Malkoç, 2010).

Bütün bu olayların önüne geçebilmenin en etkin yolu doğru bir kontrol mekanizması kurmaktır. Bu amaçla kurulacak İşçi Sağlığı ve Güvenliği veri seti ile iş sağlığı ve güvenliği uzmanı adı, tutulan raporlar, fotoğraflar, gibi veriler tek bir sistem altında işlenebilir.

Bu veri setinde aşağıdaki bilgiler yer almalıdır.

- ✓ İş güvenlik uzmanı bilgileri
- ✓ Raporlar
- ✓ Fotoğraflar
- ✓ Meydana gelen iş kazaları
- ✓ Kaza riski olan sahalar
- ✓ Madende çalışan işçi bilgileri

### **Verilerin Sisteme İşlenmesi ve Haritaların Oluşturulması**

Öncelikle işlenecek mekânsal veriler ile kömür sahalarının konumlarını, sınır alanlarını belli eden haritalar hazırlanacaktır. Ardından elde edilen tüm bilgilerin işlenmesi ile öznel verileri oluşturulacaktır.

### **KMBS Kullanıcıları**

Kömür maden bilgi sistemini birden çok kullanıcının kullanması ve buna göre farklı bilgilere erişim sağlaması gerekmektedir. Devlet kontrol mekanizması kurularak maden firmalarının tüm bilgileri sisteme işlenmesi zorunlu hale getirilebilir. Kömür; arama, çıkarılma, taşınma, depolanma ve yakılma aşamaları geçiren bir fosil yakıttır. Her bir

aşamada farklı kriterlerin bulunması, bu sistemin kurulmasında farklı kullanıcıların birbirinden bağımsız ya da ortak bazı bilgilere ulaşmasını gerektirmektedir. Bu nedenle her bir aşama farklı şekilde değerlendirilmelidir.

### **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Maden Bilgi Sistemlerinin bir alt kolu olarak oluşturulan Kömür Madeni Bilgi Sistemi kömürle ilgili detaylı bilgiler sağlayacak bir bilgi sistemidir. Bu şekilde veri setlerinin belli bir düzen ve sıra içerisinde işlenmesi gerekir. KMBS'de ilk olarak kömür potansiyel sahaları tespit edilmeli ve bu sahalardaki rezerv bilgileri işlenmelidir. Potansiyel kömür sahalarının tespitinden sonra sahaların tasnif edilmesi ve buna bağlı olarak veri setlerinin işlenmesi gerekmektedir. Bir sonraki aşamada kömür ile ilgili detay veri setleri işlenmelidir. Veri setlerinin tamamının işlendiği bilgi sisteminde tematik haritalar oluşturulmalı ve analiz edilebilmelidir. KMBS; kömürün arama, çıkarılma, taşınma, depolanma ve yakılma aşamaları ile ilgili kullanıcıları kapsar ve bu kullanıcılara filtrelemeler yapmak için olanak sağlar.

### **KATKI BELİRTME**

Bu makaleyi değerlendiren hakemlere katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

### **KAYNAKLAR**

- Acı, Z., 2010. CBS tabanlı maden ruhsat bilgi sistemi oluşturulması. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Yüksek Lisans Tezi, 98 s.
- Baba, A., 2000. Muğla-Yeniköy termik santral katı atıklarının çevre jeolojisi açısından incelenmesi. Türkiye 8. Enerji Kongresi, Ankara, 247-258.



- Baran, H.A., Sever, T., Ermin, M.V., Değirmenci, A. 2016. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile maden haritalarının oluşturulması: Güneydoğu Anadolu örneği. *Batman Üniv. Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6(1), 13-26.
- Dereli, M.A., Yalçın, M., Erdoğan, S. 2010. Madencilik faaliyetlerinde Coğrafi Bilgi Sisteminin kullanımı. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(3) 28-34.
- Doğan, T., Özkan, M., Özer, Ü., Kapar, K., Kahriman, A., Erçelebi, S., 2007. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) rezerv tespitinde kullanılabilirliği. *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 20(2), 81-91.
- Ketris, M.P., Yudovich, Y.E., 2009. Estimations of clarkes for carbonaceous biolithes: world averages for trace element contents in black shales and coals. *International Journal of Coal Geology*, 78, 135-148.
- Malkoç, C., 2010. Tunçbilek ve Soma maden kömürü sahalarında çalışan işçilerde iş kazaları ve meslek hastalıkları görülme sıklığı ve ilişkili etmenler. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Lisans Tezi, 119 s. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur> (Erişim tarihi: Şubat 2018)
- Özkan, G., Yılmaz, O.S., Yalçın, Ş., 2007. Maden Bilgi Sistemi oluşturma çalışmaları. TMMOB Harita Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi Bildirileri, 30 Ekim-2 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.
- Palmer, C.A., Tuncalı, E., Dennen, K.O., Coburn, T.C., Finkelman R.B. 2004. Characterization of Turkish coals: a nationwide perspective. *International Journal of Coal Geology*, 60, 85-115.
- Seyis, C., Yalçın, N.K., İnan, S., 2002. Coğrafi Bilgi Sistemine dayalı jeolojik veri tabanı yönetimine Zonguldak bölgesinden bir örnek. *Türkiye 13 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, 29-31 Mayıs 2002, Zonguldak, 335-346.
- Sütçü, E., Paker, S., Nurlu, P., Kumtepe, P., Cengiz, T., 2009. Tekirdağ-Malkara havzasında CBS yöntemleriyle potansiyel kömür sahalarının belirlenmesine yönelik iki değişkenli istatistiksel yaklaşım. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi Bildirileri*, 02-06 Kasım 2009, İzmir.
- Şalap, S., Karşlıoğlu, M.O., Demirel, N., 2009. Development of a GIS-based monitoring and management system for underground coal mining safety. *International Journal of Coal Geology*, 80(2), 105-112.
- Türkiye Linyit Envanteri, 2010. Maden Tetkik Arama Enstitüsü envanter eserisi – 202, Ankara, 371 s.
- Ülger, N.E., Güneş, T.K., Akkaya, U.G., Kahriman, A., 2006. İstanbul bölgesi taşocakları bilgi sisteminin oluşturulması. *İstanbul Üniv. Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 19(1), 51-61.
- Ünal, G., 2010. Kömür jeolojisi. MTA Eğitim serisi-41, Ankara, 556 s.
- Yomralıoğlu, T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri: temel kavramlar ve uygulamalar. Seçil Ofset: İstanbul. 480 s.





Derleme / Review Paper

## “Kula Volkanik Jeoparkı Yönetim Planı” İçin Öneriler *Recommendations for Kula Volcanic Geopark Management Plan*

Hasibe KÖRBALTA 

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar 4. Bölge Müdürlüğü  
Tevfikiye Mahallesi 3808 Sokak No: 2 45010 - MANİSA

Geliş (Received): 15 Şubat (February) 2018 / Düzeltme (Revised): 25 Nisan (April) 2018 / Kabul (Accepted): 12 Haziran (June) 2018

### ÖZ

Türkiye'nin genç volkaniklerinin ender olarak görüldüğü alanlardan birisi Kula Volkanik Jeoparkıdır. Kula Volkanik Jeoparkı, Küresel Jeoparklar Ağına üyeliği sayesinde Türkiye'de jeopark niteliğindeki diğer alanlardan ayrılmaktadır. Jeopark her ne kadar küresel bir görünürlüğe sahip olsa da Türkiye çapında çok fazla tanınmamaktadır. Jeopark'ın tamamını kapsayan bir mevzuat düzenlemesinin ve alanın yönetimi sağlayacak bir planlama çalışmasının bulunmaması, Kula Volkanik Jeoparkının sürdürülebilir kullanımına engel olmaktadır. Küresel Jeoparklar Ağına üyeliğin sürdürülebilmesi için bu ağın gerektirdiği şartları sağlamak durumunda olan jeoparkın, ilgili gereklilikleri sağlayabilmesi de söz konusu bu planlı yönetimle mümkün olabilecektir. Bu çalışmada Kula Volkanik Jeoparkının planlı bir şekilde yönetiminin sağlanabilmesi ve koruma-kullanma dengesi içerisinde sürdürülebilirliğinin devamı için bazı öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kula, Jeopark, Avrupa Jeoparklar Ağı, Küresel Jeoparklar Ağı

### ABSTRACT

*Kula Volcanic Geopark is the one of the areas that are rarely seen in Turkey's young volcanics. Kula Volcanic Geopark is distinguished from other areas in the geopark nature in Turkey with its membership of the Global Geoparks Network. Although the geopark has a global visibility on the World, it isn't well known in Turkey. The lack of a legislation covering the entire area and a planning work to provide field management have prevented the sustainable use of Kula Volcanic Geopark. The geo-park, which is in a position to provide the conditions required for the network to become a member of the Global Geoparks Network, will be able to fulfill these requirements with this planned management. In this study, some proposals will be brought in order to ensure the planned management and sustainability of the Kula Volcanic Geopark's in protection-use balance.*

**Keywords:** Kula, Geopark, European Geoparks Network, Global Geoparks Network

## GİRİŞ

Jeolojik süreçlerin oluşturduğu; Mağaralar, Şelaleler, Kaldera, Volkan Konileri, Peri Bacaları, Fosil Yatakları, Travertenler, Vadiler, Kanyonlar, Krater Gölleri, stratigrafik istif, mineral yapı vb. gibi yer kabuğunun oluşum ve değişim sürecinin anlaşılması açısından bilimsel ve eğitimsel değer arz eden, ekolojik dengelerin korunması açısından önemli, insanlara doğa bilinci veren, doğayla kendisi arasında ilişki kurmasını sağlayan, insanların ruh ve beden sağlığını iyileştiren, geliştiren, dinlendirici, rahatlatıcı, gelecek nesillere aktarılması için korunmaya muhtaç, hassas özellikli ve ülkelerin ekoturizm potansiyeli açısından çok önemli kaynak değer teşkil eden jeolojik-jeomorfolojik oluşumlar, jeolojik açıdan korunması gerekli tabiat varlıkları yani jeolojik miras olgusunun temelini oluşturmaktadır (www.jemirko.org.tr, 2017)

Jeolojik mirasın jeopark, jeosit ve jeotop kavramlarını içine alan geniş bir anlamı vardır. JEMİRKO'nun (Jeolojik Mirası Koruma Derneği) 29/03/2003 tarihli genel kurulunda üyelerin katkıları ile oluşturulmuş terimlerden *Jeosit*, en geniş kapsamıyla, güncel veya eski herhangi bir jeolojik süreci, olayı veya özelliği ifade eden kaya, mineral, fosil topluluğu, yapı, istif, yer şekli veya arazi parçası; *jeopark* ise aynı veya farklı türden jeositlerin topluca bulunduğu, yaya gezme mesafesinden küçük olmayan alanlar şeklinde tanımlanmaktadır. *Jeotop* ise, bir ülkede herhangi bir yer bilimi özelliğinin en tipik, en iyi, en tanımsal şeklinde temsil edildiği yerdir. Bir bakıma benzerleri arasından seçilmiş güzeldir. Kişiden kişiye değişebilen öznel bir niteliği vardır (Kazancı, 2001).

Yazının konusunu oluşturan ve ‘Jeolojik Park’ kelimesinin kısaltılmış hali olan jeoparklar, bir anlamda ‘jeosit’dir. Burada

vurgulanan, bir alanda aynı veya farklı türlerden birkaç jeolojik özelliğin bir arada olmasıdır. Ölçüsü belirtilmemişse de boyut sınırı vardır. Örneğin birkaç m<sup>2</sup>’lik jeopark olmaz. Böyle yerler “jeosit”tir. Bununla beraber jeopark ile jeosit kavramlarının anlam sınırlarını çizmek kolay olmamakla birlikte birbirlerinin yerine kullanılabilirler. Yan yana jeoparklar tanımlanamaz. Bu durumda hepsi birden tek jeopark oluşturur. Türkiye’de jeopark niteliğine sahip pek çok alan bulunmakla birlikte, uluslararası platformlarda kabul görmüş tek bir jeopark bulunmaktadır. Manisa ili sınırları içerisinde bulunan Kula Volkanik Jeoparkı, 2013 tarihinde 12. si düzenlenen Avrupa Jeopark Konferansı’nda kalite sertifikası alınmış, Türkiye’nin ilk ve tek jeoparkı niteliğini kazanmıştır.

Kula’daki volkan konileri, Batı Anadolu’nun en genç yanardağ patlamalarının gerçekleştiği bölgede az rastlanan bir jeolojik yapıyı oluşturur. Burada 2,5 milyon yıl önce, 250.000 yıl önce ve son olarak da 12.000 yıl önce gerçekleşen yanardağ patlamalarıyla bölgede değişik şekiller oluşmuştur. Peribacaları, volkan konileri, tüflerin üzerinde bulunan insana ait ayak izi fosilleri Kula’yı dünya çapında önemli kılmıştır. Dünyada yalnızca Fransa, İtalya, Macaristan ve ABD’de bulunduğu bilinen ayak izleri koruma altına alınmış ancak Kula’da 20 adet bulunan izler zaman içinde kaçırma ve yağmalamaya maruz kalarak azalmıştır (İnan, 2008).

Yazının ilerleyen bölümlerinde jeopark kavramı detaylı olarak incelenecektir. Türkiye’nin tek jeoparkı özelliğine sahip Kula Volkanik Jeoparkından bahsedilerek jeoparkın yönetimi üzerine öneriler getirilecektir. Getirilen önerilerle jeopark planlama çalışmalarının daha geniş bir perspektiften yürütülmesine katkı sağlanabilecektir.

## JEOPARK KAVRAMI VE MEVZUATIMIZDAKİ YERİ

Jeopark, JEMİRKO tarafından terim olarak; aynı veya farklı türden jeositlerin topluca bulunduğu, yaya gezme mesafesinden küçük olmayan alanlar şeklinde tanımlanmaktadır. Çiftçi ve Güngör (2016) ise jeoparkı en az birkaç jeosit olmak üzere diğer doğal ve kültürel miras değerlerini de barındıran, müzesi ve yönetim merkezi bulunan, büyük ölçekli alanlar şeklinde tanımlamaktadır. Erdem (2015) jeopark tanımını biraz daha genişleterek; nadir, estetik, bilimsel ve ekonomik anlamda değer taşıyan jeolojik, jeomorfolojik, biyolojik ve kültürel miras unsurlarının birlikte bulunduğu doğal alanların eğitim, turizm ve ekonomik amaçlı olarak düzenlenmiş hali olarak ifade etmektedir.

Jeopark felsefesinin jeolojik miras kavramıyla birlikte ortaya çıktığı söylenebilir. Jeolojik miras kavramı ise 1970'li yıllarda sistemli olarak ele alınmaya başlanmış olsa da, resmi çalışmaların 1991 yılı Digne Sözleşmesi'nden sonra hız kazandığı söylenebilmektedir. Jeolojik miras teriminin ilk kullanıldığı Digne Bildirgesinin adı veya başlığı "Yerkürenin Hakları" olmuştur. 1991 yılında Fransa'da imzalanan ve 30'dan fazla ülke tarafından kabul edilen Digne Bildirgesi'nde (yerkürenin haklarına ilişkin uluslararası bildirme) "Yerküre uzun süren evrimi ile yaşadığımız çevreyi şekillendirmiştir. Bizim tarihimiz ve yerkürenin tarihi çok yakından ilişkilidir. Yerküre geçmişin ve olayların kaydını tutar. Bu kayıtlar hem yüzeyde hem derinliklerde, kayalarda ve kırlardadır. Bu bize kalan jeolojik mirastır" şeklinde jeolojik olay ve süreçler ile jeolojik mirasın önemi ortaya konmuştur (Şaroğlu, 2010; Koçan, 2013). Kısa süre sonra, 1995'te kurulan Avrupa Jeolojik Mirası Koruma Birliği (European Association for the Conservation

of Geological Heritage; ProGEO), bu konunun çağdaş ve bilimsel olarak ele alınmasında önemli bir rol oynamıştır. Özellikle bu jeolojik miras unsurlarının nasıl ve kimler tarafından korunacağı konusuna odaklanarak çözümler geliştirmeye yönelik toplantılar düzenlemiştir (ProGEO Group, 1998; Çiftçi ve Güngör, 2016).

Jeolojik mirasla ilgili atılan bu adımların ardından, 1997'de UNESCO Yerbilimleri Bölümü (UNESCO, The Division of Earth Sciences) Dünya Mirası Koruma alanındaki ulusal ve uluslararası çabaları desteklemek için UNESCO Jeoparklar Programı kavramını başlatmış ve Yer Bilimleri Kararına dayanılarak planlanan "rezerv" adı "geopark" olarak değiştirilmiştir. 2000 yılında, Fransa, Almanya, İspanya ve Yunanistan olmak üzere dört Avrupa bölgesinden temsilciler bir araya gelerek jeolojik mirasın korunması ve jeoturizmin geliştirilmesi yoluyla bölgesel ekonomik kalkınmayı ele aldıkları bir toplantı gerçekleştirmişlerdir. Bu ülkelerin başta gelen ortak özellikleri dördünde de özel jeolojik mirasların, doğal güzelliklerin ve yüksek kültürel zenginliğin bulunduğu kırsal alanların olması ve dördünün de yavaş ekonomik gelişme, işsizlik ve yüksek göç problemleriyle karşı karşıya olmasıdır. Bu ülkeler UNESCO'nun herhangi bir mali desteği olmaksızın, bu problemleri aşabilmek için Avrupa Jeoparklar Ağı (European Geoparks Network) kurulmasını bildiren bir sözleşme imzalamışlardır. Fransa'dan "Reserve Geologique de Haute-Provence", Yunanistan'dan "Natural History Museum of Lesvos Petrified Forest", Almanya'dan "Geopark Gerolstein/Vulkaneifel" ve İspanya'dan "Maestrazgo Cultural Park" Avrupa Jeoparklar Ağının ilk üyeleridir. Bu ağ, söz konusu bu ülkeler arasında UNESCO'nun listesinden daha ötede, bir bilgi paylaşım ağı olarak kullanılmıştır. Ülkeler bu ağ sayesinde deneyimlerini ve projelerini birbirleriyle

paylaşmışlar, toplantılar gerçekleştirmişlerdir. Birbirlerinin fikirlerine katkıda bulunmuşlardır (www.europeangeparks.org, 2017).

Avrupa Jeoparklar Ağı'nın kurulmasından bir sonraki önemli adımı, 2001 yılında UNESCO ile yapılan resmi bir işbirliği anlaşmasının imzalanması ve Avrupa Jeoparklar Ağı'nın UNESCO'nun himayesi altına girmesidir. Şubat 2004'de Paris'te Küresel Jeoparklar Ağı (Global Geoparks Network) kurulmuştur. UNESCO şemsiyesi altında geliştirilen uluslararası bir ortaklık olarak kurulan bu küresel ağın amacı dünya mirası alanlarının korunmasına yönelik en iyi uygulama modellerini ve kalite standartlarını geliştirmek ve sürdürülebilir bölgesel ekonomik kalkınma stratejilerini belirlemek olmuştur (www.europeangeparks.org, 2017).

2004 yılında Madonie Bildirgesi ile Avrupa Jeoparklar Ağı, Avrupa'daki Küresel Ulusal Jeoparklar Ağı üyelerinin bütünleşme organizatörü olarak kabul edilmiştir (Madonie Bildirgesi, 2004). Farklı bir ifadeyle Avrupa Jeoparklar Ağı, UNESCO Küresel Jeoparklar Ağı'nın resmi bir dalı olarak kabul edilmiştir. 2006 yılında II. Küresel Jeopark Konferansı (Kuzey İrlanda - Belfast'da) ve 2008'de 3. Küresel Jeopark Konferansı (Almanya - Osnabruck'da) toplanmıştır. 4. Uluslararası UNESCO Jeopark Konferansı 2010'da Güneydoğu Asya'da (Malezya)'da Langkawi Küresel Jeoparkında toplanmıştır. Günümüzde Küresel Jeoparklar Ağı'nın 129 üyesi bulunmaktadır (www.unesco.org, 2017). Bunların 70 tanesi 23 Avrupa ülkesinde bulunmaktadır (www.europeangeparks.org, 2017).

### Jeopark Gelişimi

Dünya üzerinde ve ülkemizde pek çok jeoparkın bulunduğunu söylemek mümkündür.

Ancak yazıda kastedilen bir jeoparkın fiziksel niteliğinden öte farklı işlevleri de yerine getirmesi ve bir jeoturizm etkinliğine konu olarak yerli halkın kültürel ve ekonomik olarak kalkınmasının sağlanmasıdır.

Avrupa Jeoparklar Ağı'na yaptığı tanıma göre *jeoturizm*, bir bölgenin jeolojisini, çevresini, kültürünü, estetiğini, mirasını ve yaşayanlarının refahını göz önünde tutarak o bölgenin kimliğini sürdüren ve geliştiren turizm olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda gelişmeye başlayan ve adına 'Jeoturizm' denilen bu yeni tür turizm anlayışının temelinde ilgili turistlere yerküreyi tanıtmak ve anlatmak yatmaktadır. Jeoturizm değeri olan bölgeleri ise iki farklı kategoride değerlendirmek mümkündür. Fazla görsel değeri olmayan ama bilimsel değeri çok fazla olan birinci grup (bir fosil yatağı, bir mineral oluşumunu içeren bir bölge olabilir) ve bilimsel değerinin yanı sıra görsel değeri de fazla olan ikinci gruptur. Jeoturizm geliştikçe, dünya için yeni bir kavram olan Jeopark kavramının içinde değerlendirilmeye başlandığı görülmektedir. Dünyadaki jeoturizm etkinliklerinin büyük bir çoğunluğu Jeoparklarda gerçekleştirilmektedir. Ancak bir jeoturizm programının yapılması için bir jeoparka gereksinim yoktur (Güngör, 2012).

Jeoparkların milli parklar gibi diğer korunan alanlardan önemli bir farkı, milli parklara kıyasla yerel kalkınmayı daha fazla desteklemesi ve yerel topluluklara ve üretilere daha fazla destek vermesi gerektiği görüşüne sahip olmasıdır. Yerli halkın yaşadıkları alanı terk etmemeleri, kendi yaşam şekillerini, sanatlarını sürdürmelerinin jeoparkın yönetiminde çok önemli bir rol oynamaktadır. Bir jeopark, jeolojik mirasın sürdürülebilir şekilde korunmasını ve kullanılmasını sağlayarak, orada yaşayan insanların ekonomik refahının artmasını teşvik etmektedir.

Farsani vd. (2012), bir jeoparkın gelişebilmesi için bazı koşulların sağlanması gerektiğini ifade etmektedirler. Bu koşullar; jeoparkın uygun bir büyüklük ve yerleşime sahip olması, güçlü bir yerel katılımının olması, ekonomik gelişme amacının olması, eğitim imkanlarının sağlaması ve organize etmesi, koruma ve muhafaza etmeye yönelik tedbirlerin alınması ile küresel bir ağa eklenmesidir. Bahsedilen bu gerekliliklerin büyük bir kısmı merkezi yönetimin desteği ve yerel yönetimlerin çabalarıyla karşılanabileceken, bir ağa eklenmek ve diğer jeoparklarla koordinasyon sağlayabilmenin farklı gereklilikleri bulunmaktadır.

Bugün Küresel Jeoparklar Ağı'na bakıldığında bu ağın Fransız mevzuatına tabi, kar amacı gütmeyen uluslararası statüde bir dernek vasfında olduğu görülmektedir. Bu ağ, UNESCO Global Jeoparklarının işletilmesi için UNESCO'nun resmi ortağı durumundadır. Asya-Pasifik'teki Küresel Jeoparklar için Asya-Pasifik Jeoparklar Ağı (APGN); Avrupa'daki Küresel Jeoparklar için Avrupa Jeoparklar Ağı (EGN); Latin Amerika ve Karayipler'deki Küresel Jeoparklar için Latin Amerika ve Karayipler Jeoparklar Ağı, Küresel Jeoparklar Ağının bölgesel ağları görevlerini yürütmektedirler (<http://globalgeoparksnetwork.org>, 2018).

### **Bir Jeopark Ağına Üye Olma**

Bir jeoparkın gelişebilmesi için önceki bölümde bahsedilen kriterlerin yerine getirmesi gerektiği kadar bir ağa üye olarak dünyaya açılması da o jeoparkın gelişebilmesi için oldukça önemlidir. Bir jeoparkın ağa eklenmesinin için bazı şartları taşıması gerekmektedir. Örneğin UNESCO Global Jeoparklar Ağı'na üye olmak için, öncelikle konu UNESCO'nun ulusal ya da devletin UNESCO ile ilişki kuran birimi tarafından değerlendirilmelidir. Bu

değerlendirmenin ardından resmi bir başvuru dosyası hazırlanmalıdır. Bu dosyada alanın tanımlanması (adı, yeri, yüzey alanı, fiziksel ve beşeri coğrafyası özellikleri, yönetim yapısı, başvuru sahibi), Jeolojik Mirasın tanımlanması (alanın genel jeolojik tanımı, uluslararası, ulusal, bölgesel veya yerel ölçeklerdeki değerleri), korunma durumu (geoconservation) (mevcut veya potansiyel baskı unsurları, mevcut koruma durumu, yönetim ve korumaya ilişkin veriler), alandaki ekonomi ve iş planı (ekonomik faaliyetler, mevcut ve planlanan tesisleri, jeoturizm potansiyel analizi, kalkınma politikaları, kamu, halk ve diğer paydaşların farklılıklarını artırıcı politikalar) gibi bilgilerin bulunması gerekmektedir. Bu bilgilerle hazırlanacak dosya öncelikle UNESCO Global Geopark projesi kapsamında bağımsız bir uzman grubuna, daha sonra UNESCO Global Jeoparklar Konseyi'ne gönderilmektedir. Küresel Jeoparklar Ağına üye olmaya hak kazanan jeoparklar konsey tarafından belirlenmektedir ([www.unesco.org](http://www.unesco.org), 2017).

Ancak bir jeopark ağına üye olmak bu üyeliğin süresiz bir biçimde devam edeceği anlamına gelmemektedir. Belirlenen periyotlarda yapılacak değerlendirmeler neticesinde jeoparkın ağda kalıp kalamayacağına karar verilmektedir. Örneğin, Avrupa Jeoparklar Ağı'na dahil olan jeoparklar ağa katılımlarından itibaren her dört yılda bir incelemeye tabi tutulurlar. Bu incelemeler kapsamında jeoparkın jeoloji ve peyzaj, yönetim yapısının etkinliği, eğitim, jeoturizm faaliyetleri ve bölgesel ekonomik kalkınmanın sürdürülebilirliği şeklinde beş başlık ve bu başlıklar altındaki farklı göstergeler üzerinden yapılmaktadır.

Belirtilen göstergelerin jeoparkta ne kadar uygulandığı doğrultusunda her göstergenin ağırlıklı puanına göre bir değerlendirme

yapılmaktadır. Yapılan değerlendirme neticesinde jeoparka yeşil, sarı ve kırmızı kartlar verilmektedir. Bunlardan ‘yeşil kart’ üyeleri jeopark çalışmalarında ilerleme kaydeden ve ağda aktif olarak kalmayı hak eden jeoparklardır. ‘Sarı kart’ verilen üyeler dört yıllık süreçte tatmin edici bir ilerleme sağlayamayan ve bazı sorunları olan üyelere dir. Bu üyelere en fazla iki yıl olmak üzere bir ilerleme süresi tanınmakta, eğer bu süre zarfında da gerekli ilerlemeleri sağlayamazsa üyeliğine kırmızı kart verilecek jeoparklardır. ‘Kırmızı kart’ verilen üyeler ise dört yıl boyunca aktif olarak çalışmadığı tespit edilen, ağın çalışma felsefesine göre ilerleme sağlayamayan üyelere dir. Bu jeoparkların Avrupa Jeoparklar Ağı üyelikleri iptal edilir. Bu ağdan üyeliğin düşmesi, Küresel Jeoparklar Ağı’na olan üyeliğin de iptal edilmesi anlamına gelmektedir. İptal edilen üyeliğin ardından jeoparkın yeniden başvuru sürecine geçmesi gerekmektedir (Zouros vd., 2010).

Türkiye’de herhangi bir jeopark ağına üye olan sadece bir adet jeopark bulunmaktadır. Bu jeopark, Manisa ili Kula ilçesi sınırı içerisinde bulunan “Kula Volkanik Jeoparkı”dır.

### Türkiye’de Jeoparklar

Türkiye’de jeopark durumunda olan ve korunan birçok alandan bahsetmek mümkündür. Örnek olarak, Nevşehir’de Göreme Tarihi Milli Parkı, Adıyaman’da Nemrut Kalderası, Konya’da Meke Maarı, Erzurum’da Kırmızı Mutluluk Vadisi, Aksaray’da İhlara Vadisi, Uşak Ulubey Kanyonu ve Mersin Mut’daki Miyosen Havzası bunlardan bazılarıdır. Ancak jeoparklara yönelik yasal düzenlemelerin tartışılması yakın tarihe dayanmaktadır.

Dünyada jeoparklara yönelik ilk düzenlemeler 2000 li yıllarda yapılmış olup,

Türkiye’deki süreç de buna paralel olarak gelişmiştir. MTA (TUJEMAP) ve bazı sivil organizasyonlar (JEMİRKO) tarafından jeosit olarak koruma altına alınması gerektiği önerilen çok sayıda jeolojik miras ögesi ortaya konmuş olmasının yanında, bunların bir Jeopark düzenlemesi altında, diğer doğal ve kültürel miras unsurları ile birleştirilerek projelendirilmesi konusu henüz çok yenidir. Yine de bu çalışmalar son yıllarda ürünlerini vermeye başlamış ve 2014 yılında Türkiye’nin ilk Ulusal Jeoparkı (Kula Volkanik Jeoparkı) UNESCO Jeopark Ağı’na dahil olmayı başarmıştır (Çiftçi ve Güngör, 2016).

Kula Volkanik Jeoparkı UNESCO Jeoparklar Ağı’na dahil olan ilk ve tek jeopark konumundayken, 2 Ekim 2015 tarihinde UNESCO Türkiye Milli Komisyonu Doğa Bilimleri İhtisas Komitesi öncülüğünde düzenlenen “Jeopark Alanları Ulusal Listesine Öneri Sunma Çalıştayı” nda 33 öneri olarak jeopark alanı belirlenmiştir. Bu 33 önerinin oylanması neticesinde 16 alan öncelik kazanmıştır. Bunlar; Karapınar Bölgesi, Kapadokya, Pamukkale, Küre Dağları Milli Parkı, Kızılcahamam-Çamlıdere, Mut Miyosen Havzası, Van Gölü, Levent Vadisi, Narman Kırmızı Tabakaları, Tuz Gölü, Kazdağları, Munzur Vadisi, Nemrut Dağı, Ulubey Kanyonu, Kurum Vadisi ve Tortum Vadisi’dir. Çalıştayın bundan sonraki safhasında belirlenen bu onaltı sahadaki yöneticiler ile yakın ilişkilerin kurulması, kendilerine eğitim ve bilgi verilmesi, yerel jeopark projeleri oluşturmaları için teşvik edilmeleri kararlaştırılmıştır (MTA, 2015).

Jeoparklar ve jeositler ülkemizde korunan alan mevzuatı kapsamında değerlendirilmektedir. Milli parklar, tabiat parkları, tabiat anıtları, doğal sitler, arkeolojik sitler ve özel çevre koruma bölgeleri kapsamında değerlendirilmekte olan



jeolojik özellikli alanların yönetimleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı ve Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından sağlanmaktadır. Mevzuat açısından ise birincil mevzuat olarak uluslararası sözleşmeler, 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu; 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu ile Yönetmeliği; 2872 sayılı Çevre Kanunu ve 6831 sayılı Orman Kanunu hükümleri uygulanmaktadır. Jeolojik özellikli sahalar bu mevzuatlar gereği doğal sit alanı, arkeolojik sit alanı, milli park, tabiat anıtı gibi statülerle korunmaktadır. Ülkemizdeki yasal ve yönetsel düzenlemeler kapsamında jeositlere ya da jeoparklara yönelik bir tanımlama olmadığı için, konusuna özel koruma ve kullanma şartlarını belirleyen düzenlemeler de henüz mevzuatımızda bulunmamaktadır.

Yasal olarak terminolojideki bu eksikliğin şüphesiz ki pek çok olumsuz etkisi olmaktadır. Bunların başında milli park, tabiat anıtı ya da doğal sit olarak ilan edilen her alanda aynı hükümlerin geçerli olmasıdır. Örneğin Uludağ Milli Parkı, ormanlık alanları ve zengin habitat çeşitliliğine sahip olup bu kaynak değerleri ile koruma altına alınmıştır. Göreme Tarihi Milli Parkı ise Erciyes ve Hasan Dağının volkanizmaları ile oluşan eşsiz jeolojik güzellikleri ve bu jeolojik yapılarda yaşanmış kültürel zenginlikler ile Milli Park kategorisinde bulunmaktadır. Ancak Uludağ Milli Parkı da, Göreme Tarihi Milli Parkı da aynı mevzuatla yönetilmekte ve uygulamalara konu olmaktadır. Diğer bir örnek olarak Sakarya İli Hendek İlçesi Çayırbaşı Köyü sınırları içerisindeki 400-450 yaşındaki “Meşe Anıt Ağacı” da tabiat anıtı statüsüyle, Manisa’nın Kula ilçesindeki Peribacaları da tabiat anıtı statüsüyle 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu ve ilgili yönetmeliğince korunmaktadır. Doğal sitler için de durum aynıdır; Muğla’nın Marmaris ilçesindeki ormanlık alan da doğal sit koruması

altındadır, Denizli’nin Pamukkale ilçesinde bulunan travertenler de doğal sit korumasındadır. Dolayısıyla ülkemizde henüz kaynak değerlerin niteliklerine yönelik bir mevzuat geliştirilememiş olup, jeoparklara yönelik uygulamalar da bu eksikliğin birer örneği durumundadır.

Yazının bundan sonraki bölümünde Türkiye’nin ilk ve tek jeoparkı olan Kula Volkanik Jeoparkı ile ilgili bilgiler verilecek ve öneriler getirilecektir.

## KULA VOLKANİK JEOPARKI

### Kula Yerleşimi

İdari yönden Manisa iline bağlı olan Kula ilçesi; Ege Bölgesi’nin İç Batı Anadolu bölümünde, Manisa ili sınırları içinde, Anadolu’yu Ege Bölgesi’ne bağlayan İzmir - Ankara (D-300) Karayolu üzerinde yer almaktadır. Kula, Ege Bölgesinin en büyük yerleşim birimi olan İzmir’e 147 km, Manisa il merkezine ise 118 km uzaklıkta olup ilçenin, deniz seviyesinden yüksekliği 720 m.’dir. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine göre ilçenin 2016 yılı nüfusu 44.951 kişidir (TUİK, 2016).

Kula; Karadivit yanardağının güneye doğru uzanan bir vadi başında, etrafı alçak tepelerle çevrilmiş, volkanik bir arazi üzerinde kurulmuştur. İlçenin yer aldığı toprak parçası, üçüncü jeolojik zaman sonucunda meydana gelen faylarla beliren volkanik dağlarla örtülüdür. Bu volkanik tepeler Kula platosu üzerinde yaklaşık 50 – 60 kadar püskürme merkezleriyle değişik bir görüntü vermektedir. Yer yer küçük dağlar ve ovalar vardır. Etrafı tepelerle çevrili, çanak şeklinde volkanik bir arazi üzerinde kurulmuş olan ilçenin kuzeyinde Demirci ve Selendi, güneyinde Alaşehir, doğusunda Eşme (Uşak), batısında Salihli (Manisa) ilçeleri yer almaktadır.

Kula ilçesinde görülen iklim, Akdeniz iklimi ve karasal iklim arasındadır. İlçe, İç – Batı Anadolu iklim bölümündedir. İlçede iklim genellikle yağışlı ve ılıman geçmekle birlikte, bazı yıllarda soğuk ve kurak geçer. Bu yüzden iklim değişkendir. Ortalama sıcaklık 14.3 °C’dir (<http://www.kula.gov.tr>, 2017).

Kulanın tarihi milattan öncesi yıllara dayanmaktadır. Kula civarındaki volkanik bölgeye antik devirde Katakekaumene adı verilmekteydi. “Yanık, yanmış arazi” anlamına gelen bu ifadeyi, Amasyalı Strabon (İ.Ö.54–İ.S.24); Vitruvius (İ.Ö. I. yy.); Byzantionlu Stephanos (6–7 yy.) ve Eusthatios (12 yy.) adlı antik yazarların eserlerinde görmek mümkündür ([www.kula.gov.tr](http://www.kula.gov.tr), 2017).

Kula ilçesinin ekonomisinin tarım ve dokumacılığa dayandığı söylenebilir. Kula ilçesine ait sosyo-ekonomik göstergeler incelendiğinde (Çizelge 1) tarım sektöründe çalışanların oranının % 70,82 olduğu görülmekle birlikte, bu oran sanayi sektöründe % 10,75; hizmetler sektöründe ise %18,44’dür. Türkiye ortalamasına bakıldığında tarım sektörü açısından Kula, Türkiye’deki 872 ilçe arasında 521. sırada yer almaktadır (Devlet Planlama Teşkilatı, 2004). Çizelge 1’de görülebilen bir diğer önemli nokta Kula ilçesindeki işsizlik oranının % 2,68 olmasıdır. İşsizlik oranının bu miktarda olmasının önemli etkenlerinden birisi okur yazar oranının % 85,86 olmasıdır ki; bu oran Kula nüfusunun % 14,14’ünün okur yazar olmadığı anlamına gelmektedir.

Çizelge 1. Kula ilçesine ait sosyo-ekonomik göstergeler

Table 1. Socio-economic indicators of Kula district

Göstergeler	(%)
Tarım Sektöründe Çalışanlar Oranı	70,82
Sanayi Sektöründe Çalışanlar Oranı	10,75
Hizmetler Sektöründe Çalışanlar Oranı	18,44
İşsizlik Oranı	2,68
Okur Yazar Oranı	85,86

Kaynak: (Devlet Planlama Teşkilatı, 2004)

Halicilik ve dokumacılık Kula’da Selçuklulardan bu yana süregelen ekonomik faaliyetlerdendir. Kula’da 17.yy.’ın sonlarında başlayan halıcılık günümüze kadar gelmiştir. Halıların halı tezgahlarında, kök boya ile boyanmış yün iplikten dokunan Kula halıları tüm ülkede ünlüdür. Kula’da dokumacılığın yanında dericilik de gelişmiş iş kolları arasındadır. Dericilik (Dabbaklık) Kula’da 5 bin yıl öncesine dayanmaktadır. Deri sanayisine bağlı olarak deri konfeksiyon atölyeleri kurulmuştur. Kula ekonomisine katkı sağlayan diğer sektör ise turizmdir. Alandaki turizm faaliyetleri beş başlık altında toplanabilmektedir. Bunlar: inanç turizmi (kiliseler, camiler ve türbeler); doğa turizmi (peribacaları, mağaralar ve volkanlar); kültür turizmi (geleneksel el sanatları); kent turizmi (Kula evleri, hamamlar, çeşmeler vs.) ve sağlık turizmi (kaplıcalar) dir. Turistik faaliyetler arasında son yıllarda öne çıkan odaklardan birisi ise ‘jeopark’ alanıdır.

Jeopark kavramının jeoturizm kavramıyla olan ilişkisi düşünüldüğünde, jeoparkın içerisinde bulunduğu yerleşime çok fazla katkısının olmadığı görülmektedir. Çizelge 2’de görüldüğü üzere Manisa’ya gelen turist sayısı, Ege Bölgesine gelen turist sayısının %7,4’ünü oluşturmaktadır. 2011 yılında Manisa’ya yaklaşık 14.000 yabancı ve yaklaşık 300 bin yerli turist gelmiştir. Bu rakam bölgeden geçen turist sayısı dikkate alındığında çok düşük bir rakamdır. Kesin rakamlara ulaşmak mümkün olmasa da Pamukkale’den Bergama yönüne gitmek için, Manisa içinden 500 bin turistin geçtiği tahmin edilmektedir. Manisa ilinde ilçeler ayrımında konaklayan ziyaretçi sayısı incelendiğinde toplam ziyaretçi sayısının 462.257 kişi olduğu, Kula’nın ise 9.115 kişi ile sınırlı kaldığı görülmektedir (Çizelge 2).

Bu oranlar incelendiğinde Kula’nın değil Türkiye çapında, Manisa ilinde dahi yeterli ilgiyi görmediğini söylemek mümkündür.

### Jeopark’ın Koruma Statüsü ve Yönetimi

Kula Volkanik Jeoparkı çalışmaları 2004 yılında Dünya Jeoloji Kongresine verilen bir bildiri ile başlamış; 2007-2008 yıllarında AB hibe programları çerçevesinde alınan proje ile çalışmalar genişletilmiş ve 2011 yılında uluslararası jeopark kalite sertifikası alabilmek için proje birimi kurularak devam etmiştir. 5 Eylül 2013 tarihinde 12. si düzenlenen Avrupa Jeopark Konferansı’nda Kula Volkanik Jeoparkı Kalite sertifikası alınmış; böylece, Kula Volkanik Jeoparkı, Türkiye Cumhuriyeti’nin ilk ve tek, Avrupa’nın 58. Dünya’nın 99. Jeoparkı olma ünvanını kazanmıştır (www.kula.bel.tr, 2017).

Çizelge 2. 2014 Yılı Manisa ilinde konaklayan ziyaretçi sayıları.

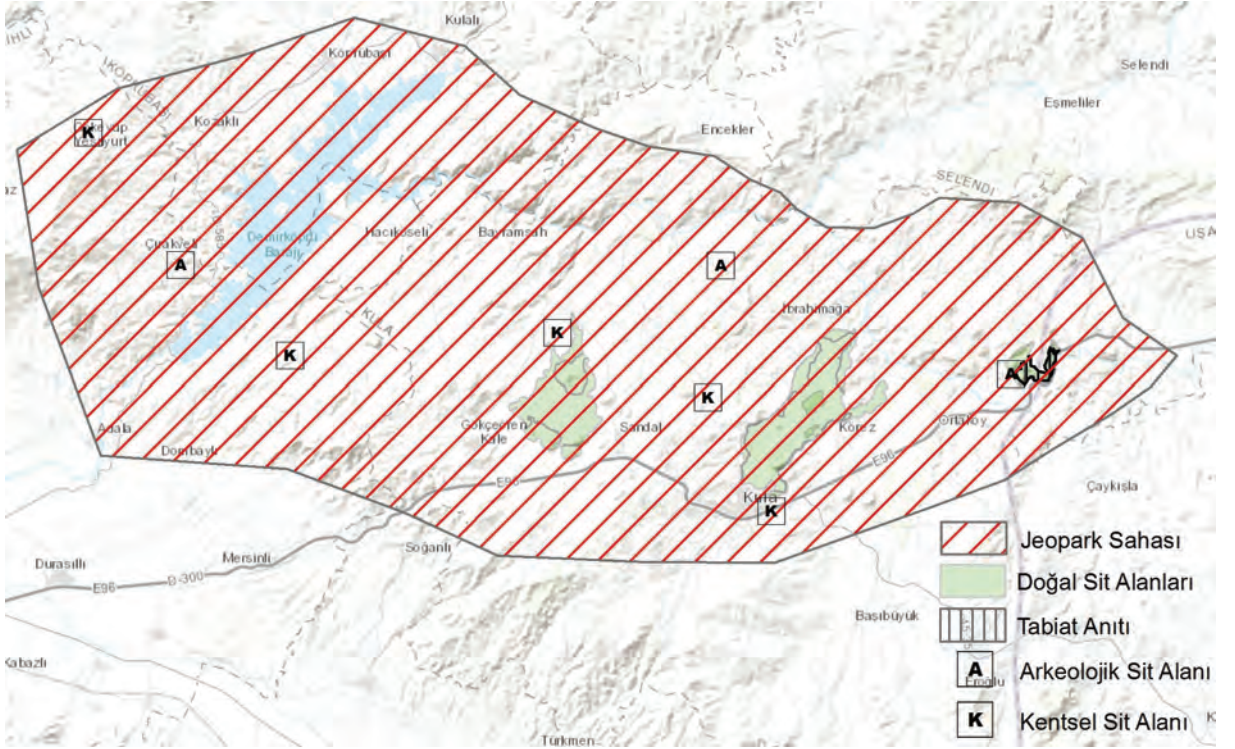
Table 2. Number of visitors in Manisa province in 2014.

İlçe	Yerli	Yabancı	Toplam Turist	Toplam Geceleme Sayısı
Şehzadeler-Yunusemre	136.72	15.553	152.273	221.263
Ahmetli	0	0	0	0
Akhisar	53.211	2.001	55.212	63.446
Alaşehir	14.492	17	14.509	17.55
Demirci	1.02	0	1.02	1.023
Gölmarmara	0	0	0	0
Gördes	8.709	0	8.709	8.709
Kırkağaç	0	0	0	0
Köprübaşı	425	3	428	1.17
<b>Kula</b>	<b>8.109</b>	<b>54</b>	<b>8.163</b>	<b>9.115</b>
Salihli	50.963	2.421	53.384	100.761
Sarıgöl	879	94	973	3.153
Saruhanlı	5.768	25	5.793	5.768
Selendi	1.334	0	1.334	1.334
Soma	948	0	948	3.835
Turgutlu	16.353	610	16.963	25.13
<b>Toplam</b>	<b>298.931</b>	<b>20.778</b>	<b>319.709</b>	<b>462.257</b>

Kaynak: www.manisakulturturizm.gov.tr, 2018

Kula Volkanik Jeoparkının büyük bir kısmı doğal ve arkeolojik sit alanları statüsündedir. Jeoparkın İzmir-Ankara karayolu üzerinde, Burgaz mevkiindeki kısmı (152 ha.) peribacası oluşumlarını içermektedir. Bu kısım “Tabiat Anıtı” statüsündedir ve Orman ve Su İşleri Bakanlığı’nın yetki alanındadır (Şekil 1).

tarhli ve 2720 sayılı yazısı üzerine, 5355 sayılı Mahalli İdare Birlikleri Kanununun 4. Maddesine göre, Bakanlar Kurulu’nca 14/3/2016 tarihinde kararlaştırılması ve 2016/8616 karar sayısı ile 15 Nisan 2016 tarih ve 29685 sayılı Resmi Gazetede yayınlanması vasıtasıyla Jeopark Belediyeler Birliği kurulmuştur. Jeopark Belediyeler Birliği,



Şekil 1. Kula Volkanik Jeoparkı kapsamındaki koruma statülü alanlar.

Figure 1. Conservation status within the scope of Kula Volcanic Geopark.

Kula Volkanik Jeoparkı, bulunduğu bölge itibariyle Kula Belediyesi ile Manisa Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde kalmakta ve bu sebeple ilgili belediyelerin yönetimindedir. Bunun yanında Manisa’nın doğal zenginliklerinin daha iyi tanıtılarak turizm potansiyelinin geliştirilmesi amacıyla Manisa ili, Kula ilçesinde, İçişleri Bakanlığı’nın 9/2/2016

Manisa Büyükşehir Belediyesi, Kula Belediyesi ve Salihli Belediyesi işbirliğinde kurulmuş olup, Kula Volkanik Jeoparkının araştırılması, tanıtılması gibi konularda çalışmalar yürütmektedir.

Merkezi yönetim açısından incelendiğinde ise sahanın koruma statülerinde Kültür ve Turizm Bakanlığı; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

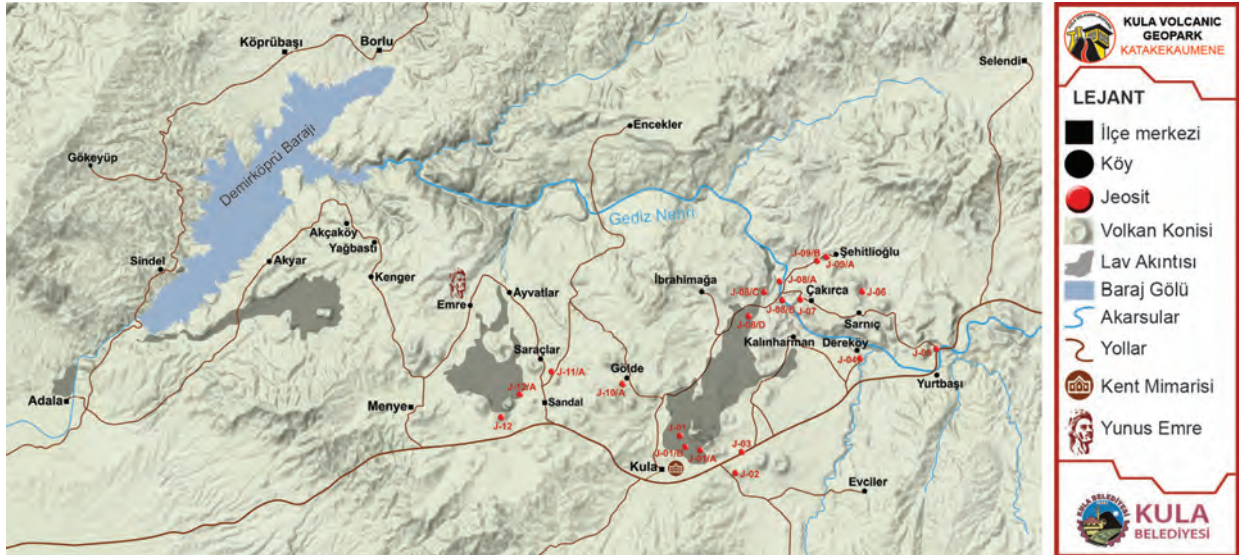
ve Orman ve Su İşleri Bakanlıklarının önemli rollere sahip oldukları söylenebilmektedir. Mevzuat açısından incelendiğinde jeopark alanının 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, Sit alanlarının koruma ve kullanım koşullarının belirlendiği İlke Kararları (başlıca 99, 658, 740 sayılı ilke kararları), 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu ve Yönetmeliği'ne tabi olduğu görülmektedir.

### Kula Volkanik Jeoparkının Jeolojik Özellikleri

Kula Jeoparkı Batı Anadolu-Ege eşiğinde, Manisa İli sınırları içerisinde yer alır. Yaklaşık 300 km<sup>2</sup> alan kaplayan Kula Jeopark sahası, ekseriyeti Kula İlçesinde olmakla birlikte kısmen

Salihli ilçesi ile Sandal beldesi, Gökçeören (Menye) Beldesi, Adala beldesi ve Gökeyüp beldelerini içine almaktadır. Jeopark içerisinde 80 adet volkan konisi, 5 adet maar, lav mağarası ve tüneli, sütun bazaltlar, peribacaları ve kırgıbayırlar bulunmaktadır.

Kula volkanikleri, Batı Anadolu'da Manisa il sınırı içinde, yaklaşık 30 - 35 km uzunlukta ve 10-15 km genişlikteki bir alanda, Kula ilçe merkezi çevresinde yüzlekler veren Kuvaterner yaşlı genç alkali bazaltik lav akıntıları ve tefralardır. Son derece ilginç olan bu volkanizma Türkiye'nin Kuvaterner yaşlı genç volkaniklerinin ender olarak görüldüğü alanlardan biri olup, volkan konileri, kraterler, lav akıntıları ve tefra örtüsü şeklinde ve aktüel volkan görünümündedir (Şekil 2).



Şekil 2. Kula Volkanik Jeoparkı unsurları.

Figure 2. Kula Volcanic Geopark's components.

Kula'nın jeolojisi ile ilgili olarak yapılan güncel çalışmalardan ilki Ercan (1981) tarafından yapılan çalışmadır. Çalışmada, Kula volkaniklerinin aralıklı üç ayrı evrede etkin oldukları saptanmıştır. Bunlar Burgaz volkanitleri; Elekçitepe volkanitleri ve Divlittepe volkanitleri olarak adlandırılmışlardır:

#### I. Evre;

Burgaz volkanitleri: Saptanan ilk evredir. Plato bazaltları şeklinde tepelerde yer alırlar. Daha genç olan 2. ve 3. evre oluşumlardan daha yüksektedirler. Volkan konileri bozulmuş ve yuvarlaklaşmıştır. Lavlar 30-40 m. yükseklikteki şevleri içeren yüksek platolar oluşturmuştur. Yaşları 1.1 milyon yıl olarak tespit edilmiştir.

#### II. Evre;

Elekçitepe volkanitleri: Lav ve piroklastiklerden meydana gelmişlerdir. I. Evre ile arasında fazla miktarda Tersiyer çökelleri aşındığından rölyefte alçalma olmuştur. Bu evrenin yaşının 300.000 yıl olduğu düşünülmekte olup, bu evreye ait koniler ve kraterler daha az aşınmış durumdadır. Bu evreye ait 45'ten fazla volkan konisi saptanmıştır. Volkan konilerinde sık aralıklı lav püskürmelerinin olduğu ve bacaların kapandığı düşünülmekte, bugün at nalı şeklindeki konilerin varlığının bunun bir kanıtı olduğu ileri sürülmektedir.

#### III. Evre;

Divlittepe volkanitleri: Kula volkaniklerinin en yeni evresidir. Öyle ki, volkan konileri, kraterler ve lav akıntıları tamamen aktüel görünümündedir. İkinci evre volkanlarından farklı şekillerde yeni meydana gelmiş gibi, sert ve sivri şekillerinden dolayı halk arasında "divlit"

olarak adlandırılmışlardır. Kraterlerden püsküren cüruf ve lavlar dağınık ve karışıktır. 60 km<sup>2</sup>'lik alana yayılmış olan bu oluşumlar üzerinde tırmanmak ve yürümek oldukça güçtür. Lavlar, koyu siyah renkleri ile diğer evrelerden ayırt edilebilmektedir. III. Evre volkanitlerine ilişkin lavlar kuzeybatı-güneydoğu yönünde dizilen 4 ayrı yerden ve 13 kraterden çıkmışlardır. Lav akıntıları içinde biriken gazlar yer yer yüzeyde kabartılara neden olmuş, gazlarını kaybederek katlaşıp kabuk oluşan bazı lavların altında lav tünelleri oluşmuştur (Ercan, 1981).

Kula bazaltlarının her üç evresinden de alınan örneklerin petrografik incelemeleriyle, aralarında petrografik açıdan bir farklılık olmadığı ve tümünün de porfiritik, yer yer de hyalopilitik dokuda oldukları, hamur maddelerinde volkanik cam, plajiyoklas mikrolitleri, bol ojit-olivin-hornblend tanecikleri; az miktarda da hipersten - nefelin-lösit-analsim-manyetit-ortoklas tanecikleri ve opak mineraller bulunduğu saptanmıştır. Petrokimyasal incelemeler sonucunda ise lavların alkalin nitelikte olup gençleştikçe alkali oranının arttığı ve potasyumca zenginleştikleri; siniatik kökenli oldukları; kimyasal yoldan alkali bazalt-hawaiiit-mugearit-trakibazalt-tefrit olarak adlanabilecekleri ve doğrudan manto kökenli oldukları ortaya çıkmıştır (Ercan vd., 1982).

Kula Volkanik Jeoparkı sahip olduğu bu jeolojik tarihi ile bulunduğu bölgenin tarihine yerbilimleri açısından ışık tutmasının yanında, bulunan ayak izleri ile kültürel geçmiş hakkında da bilgi sağlamaktadır. Çakallar Köyü'nün bulunduğu tepede, Kula volkanizmasının en genç oluşumları üzerinde lav akışından kaçan insanların ayak izleri; hatta lav tünellerinde bıraktıkları el izleri sayesinde hem volkanik aktiviteler hem de o esnada yaşanan olaylar hakkında fikir sahibi olunabilmektedir. Bu

izlerin hangi insanlara ait olduğu ve ne zaman bırakıldığı, en çok merak edilen ve üzerinde durulan konular olmuştur. Erinç (1970), izlerin bulunmasından önce bölgede yaptığı araştırmalara göre Çakallar volkanizmasını Kula çevresindeki volkanik oluşumların son evresine koymuş ve günümüzden 10.000 - 2.000 yıl önceki dönemde meydana geldiğini belirtmiştir. Bu yaşlandırma Ozansoy (1969)'un Gediz sekilerine dayanarak verdiği 250.000 yıldan çok farklı bulunmaktadır. Tekkaya (1976), izlerin üstünü kaplayan cüruf tabakasında, Sanver (1968) tarafından yapılan paleomanyetik incelemelerin sonuçlarına dayanarak, izlerin yaşının 12.000 yıl olduğunu kabul etmektedir. Göksu (1977), termo-lüminesans yöntemi uygulayarak yaptığı çalışmalardan  $26.000 \pm 5.200$  ile  $49.000 \pm 4.800$  yıl arasında sonuçlar elde etmiştir. 1969 yılında burada 200 kadar iz bulunduğu, bunlardan 33 tanesinin parçalanmadan çıkarılabildiği ve MTA Müzesine taşındığı, sonraki yıllarda bu sayının 60'a çıktığı kaydedilmektedir. Halbuki bugün burada 10 kadar bozuk iz ancak bulunabilmektedir. Bu alanın doğal sit olarak korunması gerektiği üzerinde çok durulmuş olmakla birlikte, etkili bir koruma bugüne kadar sağlanamamıştır (Kayan, 2015).

## KULA VOLKANİK JEOPARKI İÇİN ÖNERİLER

Kula Volkanik Jeoparkı'nın koruma ve kullanım dengesi içerisinde sağlıklı bir şekilde yönetimini sağlamak, mevcut kaynak değerlerinin gelecek kuşaklara aktarımını gerçekleştirerek yerel kalkınmaya destek olabilmek için alandaki yönetim sisteminin doğru şekilde kurgulanması oldukça önemlidir.

Sağlıklı bir yönetimin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle yapılacak aktivitelerin ve aktivitelere yönelik alan kullanımlarının

planlanması gerekmektedir. Çalışmaların bir plan dahilinde gerçekleştirilmesi emek, maliyet ve zamanın etkin kullanımının yanında alanın bütüncül bir şekilde korunmasına fırsat tanıyacaktır.

Ülkemizdeki planlama mevzuatına bakıldığında bu ve benzeri alanlarda Koruma Amaçlı İmar Planları, Uzun Devreli Gelişme Planları ve Yönetim Planlarının yapıldığı görülmektedir. Alanda hangi planın kim tarafından yapılacağı ise alanın yasal statüsüne göre belirlenmektedir. Ancak Kula Volkanik Jeoparkı halihazırda birden fazla yasal statülü alanı (doğal sit alanları, arkeolojik sit alanları, tabiat anıtı gibi) kapsadığı için jeopark sahasında tek bir planlama çalışmasının yürütülmesi zordur. Bunun gerçekleştirilebilmesi için mevcuttaki koruma statülerinin tek bir şemsiye altında toplanması ile kurum ve kuruluşlar arasında işbirliğinin sağlanması gerekmektedir. Her ne kadar bu durum zor görünse de Jeopark Yönetiminden sorumlu Jeopark Belediyeler Birliği'nin girişimleri ile gerçekleştirilebilecek bir çalışmadır. Jeopark Belediyeler Birliği alanının tamamından sorumlu ve bir bütçeye sahip tek oluşumdur. Bu nedenle diğer kurum ve kuruluşların sorumluluk sahaları ve planlama çalışmaları arasındaki eşgüdümün sağlanabilmesi, birliğin koordinasyonlu çalışmaları ile mümkün olabilecektir.

Kurumlar arası eşgüdümün sağlanmasının ardından alanın bütüncül bir şekilde yönetimini sağlayabilecek mekansal planlama çalışmalarına geçilebilecektir. Yapılacak planlama çalışmalarında dikkat edilmesi gereken hususlar iki başlık altında sıralanabilecektir;

- Alanın korunmasına yönelik yaklaşımlar ve
- Alanın kullanımına yönelik yaklaşımlar.

### Alanın Korunmasına Yönelik Yaklaşımlar

Kula Volkanik Jeoparkı'nın korunmasına yönelik ilk çalışma şüphesiz ki jeopark sınırlarının net bir şekilde belirlenmesi olmalıdır. Sınırların kesin ve net belirlenmesinden sonra ise bu sınırlar içerisinde hangi değerlerin olduğunun kayıt altına alınması ve bu değerlerin hangi şartlarla korunacağı belirlenmesi gerekmektedir. Bu süreç aşağıdaki şekilde detaylandırılabilir.

### Sınırların ve Kaynak Değerlerin Belirlenmesi

Gerek korunması gerekse kullanılması gereken bir jeoparkın sınırlarının belirlenmesi kurumsal sorumlulukların belirlenmesi ve geçerli mevzuatların uygulanabilmesi için şarttır. Kula Volkanik Jeoparkı'nda yukarıda bahsedildiği üzere yerel belediyeler, belediyeler birliği, bazı bakanlıklar yetkili olup alanda kısım kısım sit alanları, tabiat anıtı, kültür ve turizm gelişim bölgesi gibi koruma statülü sahalar mevcuttur. Jeopark alanında yapılacak yatırımların kim tarafından yapılacağı, hangi mevzuat hükümleri gereği hangi şartlarda korunabileceğinin tespit edilebilmesi ve bütüncül uygulamaların gerçekleştirilebilmesi mekansal sınırların belirlenmesi ile mümkündür. Sınırların belirlenmemesi ilerleyen zamanlarda kaynak veri tabanının eksik kurgulanmasına, dolaylı olarak değer kayıplarına ve kullanımların parçacı yaklaşımlarla kurgulanmasına sebep olabilecektir. Unutulmamalıdır ki; mekansal sınırlar aynı zamanda yönetsel sınırları ve bütçe sınırlarını da belirleyecektir.

### Alana İlişkin Veri Tabanı Oluşumu

Yönetim danışmanı Peter Drucker'ın “ölçemediğiniz şeyi yönetemezsiniz” yorumu pek

çok konuda geçerli olduğu gibi korunan alanların yönetiminde de büyük bir geçerliliğe sahiptir. Kula Volkanik Jeoparkı'nın da koruma-kullanma dengesi içerisinde varlığını sürdürebilmesi kapsamında fiziksel, ekonomik ve sosyal analizlerin yapılması oldukça önemlidir. Sınırları ve kaynak değerleri belirlenen jeoparkta koruma önlemlerinin yeterliliği, kişilerin sağladıkları fayda ya da jeoparkın doğal süreçteki değişimi gibi pek çok konuda yaşanan olumlu ya da olumsuz değişimlerin belirlenmesi yapılacak analizlerle mümkündür. Bu kapsamda yapılacak,

- Fiziksel Yapı Analizlerinde, jeolojik ve jeomorfolojik incelemeler, hidrojeolojik yapıların analizi, toprak yapısı, risk analizleri vb. gibi sahanın fiziksel oluşumuna ait her tür verinin elde edilmesi,
- Ekonomik Yapı Analizinde, alanın çevresine sağlığı ekonomik kazanç ve kazanç türleri, istihdam olanakları, sahanın hinterlandı, potansiyel ekonomik kaynakları, turizm potansiyeli, ziyaretçi sayıları ve türleri gibi çok daha fazla çeşitlendirilebilecek verilerin toplanması,
- Sosyal ve Kültürel Yapı Analizlerinde, jeopark sahasının sahip olduğu kültürel değerler, jeopark sahasında ve çevresinde yaşayan kişilerin alanla ilgili bilgi-bilinç düzeyleri, jeoparkı sahiplenme düzeyleri, alanda gerçekleştirilen eğitim, kültürel, turistik ve rekreasyonel etkinlik türleri, bu etkinliklerin kültürel yapıyla etkileşimi, vb. verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Elde edilecek her türlü verinin jeopark veri tabanında depolanarak belirlenecek zaman dilimlerinde yenilenerek takibinin sağlanması jeoparkın izlenmesi aşamasında da fayda sağlayacaktır.



## Bölgeleme

Jeoparkın milyonlarca yıllık tarihini koruyarak gelecek nesillere aktarabilmenin temel koşullarından birisi hangi bölgelerin ziyaretçiler tarafından kullanılabilmesi, hangi bölgelerin ise kullanılmayacağını belirlemesidir. Bu kararlar ise yapılacak analiz çalışmaları ile kaynak değerlerinin detaylı incelenmesi ile mümkündür. Yapılacak alansal değerlendirmede, ziyaretçi etkisiyle bozulabilecek, aşınabilecek noktalar ve alanlar mutlak koruma bölgeleri olarak belirlenebilecek, bu bölgelerin mümkün olduğunca ziyaretçi etkisine maruz kalmaması, sadece bilimsel araştırmalar için kullanılması uygun olacaktır. Sahanın tamamında yapılacak taşıma kapasitesi hesaplamaları ile ziyaretçi yoğunluğuna karar verilebilecektir. Verilecek bu kararlar kullanım kararlarının uygulamaya geçişinde gerekli sınırlamaları sağlayacaktır. Pek çok jeopark örneğinde (Burren National Park, Lesvos Petrified Forest Geopark, Møllerdall Geopark, English Riviera Geopark vs.) bu bölgeleme çalışmalarını görmek mümkündür.

## Kullanımların Belirlenmesi ve Gerekli Önlemlerin Alınması

Jeopark sahasında farklı yoğunluklarda ziyaretçi dolaşımına izin verilecek bölgeler belirlendikten sonra, bu bölgelerde genel kullanım kriterlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bölgelerin jeolojik özellikleri göz önünde bulundurularak bu özelliklerin doğal aşınım sürelerini insan faaliyetleriyle kısaltabilecek uygulamalardan kaçınılmalıdır. Bu kriterler bölgelerdeki yürüyüş yollarının genişliğinden, bu yolların zemin kaplamalarına, yerleştirilecek uyarı ve tanıtım tabelalarından zorunlu ihtiyaçların giderilme noktalarına kadar pek çok konuyu içermektedir. Örneğin yürüyüş güzergahı oluşturulurken günde kaç insanın o yoldan yürüyebileceği, o yolun geçirimsiz mi yoksa geçirimsiz bir maddeyle mi kaplanacağı, yolun ziyaretçi baskısından korunması için insanların bir platform üzerinden mi yürütülebileceğine karar verilmelidir. Jeoparklar geniş alanları kapsadığı için ziyaretçiler için en uygun dolaşım güzergahları belirlenerek gerekli yönlendirici işaretler yerleştirilmelidir (Şekil 3).



Şekil 3. Yehliu Jeoparkı (Tayvan).

*Figure 3. Yehliu Geopark (Taiwan).*

(Kaynak: <https://daviegan.files.wordpress.com/2010/04/yehliu-01.jpg?w=640> Son Erişim: 25.04.2018)

Bu çalışmalar gerçekleştirilirken peyzaj düzenlemelerinin doğal yapıya etkileri de tartışılmalıdır. Görsel uyuma dikkat edilirken kullanılacak malzemelerin türünün zemine olası etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu aşamada Japonya’da Itoigawa Global Jeoparkı (Şekil 4) ve Çin’de Zhangye Danxia Jeoparkı (Şekil 5) bu uygulamalara güzel örneklerden olmakla birlikte Kula Volkanik Jeoparkı’ndaki yol düzenlemesi de oldukça işlevsel ve doğal yapı ile uyumludur (Şekil 6).

Jeoparkta mevcut bitki örtüsü dışında farklı bir bitkilendirme çalışmasının yapıp

yapılmayacağı, yapılacak düzenlemede bitki köklerinin kayalara ne şekilde etkide bulunabileceği, yağmur suyunun ne ölçüde tutacağı ya da fazladan bir su ihtiyacı ortaya çıkarıp çıkartmayacağı gibi konular göz önünde bulundurulmalıdır. Alana araçlarıyla gelen ziyaretçilerin hangi noktaya kadar araçları ile gelebilecekleri, araçlarını ne şekilde hangi noktalarda bırakmaları gerektiğine karar verilmelidir. Ziyaretçilerin toplanarak yoğunlaşacakları noktalarda gerekli önlemlerin alınması sağlanmalıdır.



Şekil 4. Itoigawa Küresel Jeoparkı (Japonya).

*Figure 4. Itoigawa Global Geopark (Japan).*

(Kaynak: <http://www.globalgeopark.org/News/News/9844.htm> Son Erişim: 24.04.2018)



Şekil 5. Zhangye Danxia Jeoparkı (Çin).

*Figure 5. Zhangye Danxia Geopark (China).*

(Kaynak: <http://travelwithkally.blogspot.com/2015/11/zhangye-danxia-national-geological-park.html> Son Erişim: 24.04.2018)



Şekil 6. Kula Volkanik Jeoparkı (Türkiye).

*Figure 6. Kula Volcanic Geopark (Turkey).*

(Kaynak : <https://www.yeniasir.com.tr/yasam/2015/11/20/kula-jeoparkina-ziyaretci-akini> Son Erişim:24.04.2018)

### **Katılımcı Bir Yönetim Anlayışı**

Korunan alanların etkili yönetimi, ilgi grubu/paydaşlar olarak bilinen ve alanla yakın ilgisi bulunan tarafların yönetime dahil edilmesini gerektirir. Bilgilenen, katılan ve yetki verilen insanlar kendileri için daha iyi seçimler yaptıkları gibi yöneticiler ve karar vericilerin daha iyi seçimler yapmasına da yardımcı olurlar (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007).

Kula Volkanik Jeoparkı'nın da daha etkin korunabilmesi için katılımcı yönetim anlayışının benimsenmesi gerekmektedir. Yapılacak ilgi grubu ve paydaş analizi sonrası mümkün olduğunca yüz yüze yapılacak toplantılar neticesinde alandan sağlanacak sosyal, ekonomik ve kültürel faydanın artması sağlanırken, kullanıcıların alanı daha fazla sahiplenmesi ve korunmasına katkıda bulunmaları sağlanabilecektir. Farklı uzmanlık gerektiren alanların o alanın uzmanlarınca ele alınmasına olanak sağlamak sorumluluğun paylaşılmasının yanı sıra yapılacak çalışmaların başarı oranını da artıracaktır.

English Riviera Jeoparkı katılımcı yönetim anlayışı için güzel bir örnek olabilecektir. English Riviera Jeoparkı'nın yönetim yapısı incelendiğinde, farklı işlevler için farklı grupların yetkili kılındığı görülmektedir. Jeoparkta, alanın yasal korunmasından İngiltere hükümetinin Doğa Koruma Kurumunun (Natural England), araştırma faaliyetlerinde Plymouth Üniversitesi, Güney Devon Koleji ve yerel okulların, özel sektör katılımında Torbay İş Forum'unun (Torbay

Business Forum), yerel jeolojik uzmanlık konularında gönüllülük esasıyla kurulmuş olan Devon RIGS Grubunun (Devon Bölgesel Olarak Önemli Jeolojik ve Jeomorfolojik Siteler Grubu), eğitim, etkinlikler, turlar ve müzeler ile ilgili olarak Torbay Miras Forumunun (Torbay Heritage Forum), kültürel hizmetler, müzeler ortaklığı, çocuk hizmetleri, ulaştırma servisleri gibi konularda Torbay Konseyi'nin, turizm, pazarlama, ekonomik kalkınma, limanlar ve marinalarla ilgili konularda Torbay Kalkınma Ajansının ve jeosit alanlarının yönetiminde Torbay Sahil Güvenliğinin yetkili olduğu görülmektedir (The English Riviera Geopark Management Plan, 2016).

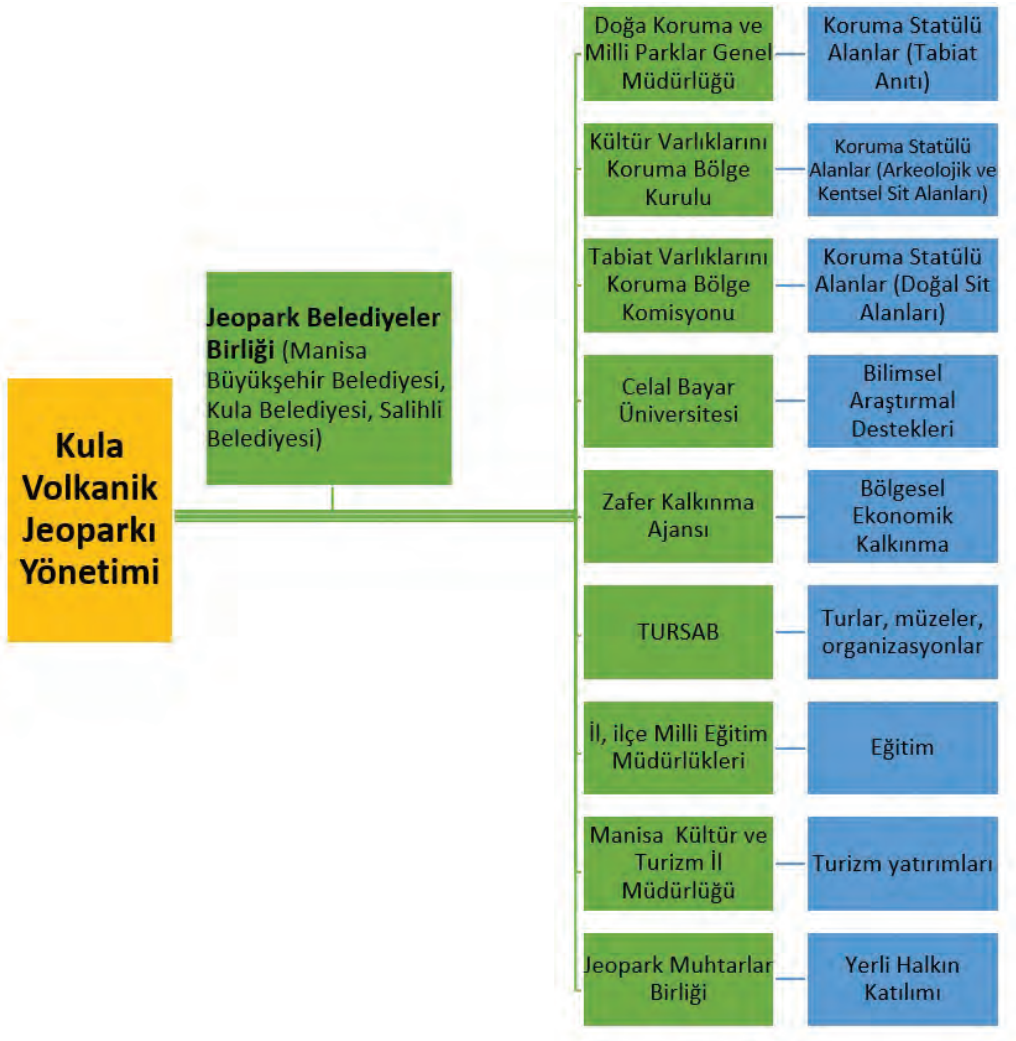
Kula Volkanik Jeoparkında da benzer bir oluşum sağlanabilecektir. Şekil 7'de gösterildiği şekilde, jeopark yönetiminde başta Jeopark Belediyeler Birliği olmak üzere, alandaki uzmanlık ve etkinlik çeşitliliğine göre gerekli kurum ve kuruluşlar yönetim zincirine eklenilebilecektir.

### **Alanın Kullanımına Yönelik Yaklaşımlar**

#### **Aktivitelerin Belirlenmesi**

Kula Volkanik Jeoparkı'nın korunması ve kullanmasına yönelik aktivitelerin belirlenmesinde,

- Kaynak değerleri
- Ziyaretçi profili
- Yerel kültür ve yerel ekonomik değerler önem arz etmektedir.



Şekil 7. Kula volkanik jeoparkı genişletilebilir örnek yönetim modeli.

Figure 7. Kula volcanic geopark extensible sample management model.

### Kaynak Değerler

Kula Volkanik Jeoparkı'nın kaynak değerlerini volkan konileri, peribacası oluşumları ve genç lav akıntıları oluşturmaktadır. Bu kaynak değerleri yüzyıllarca doğanın kendi dengesi içerisinde korunarak bugünlere ulaşabilmiştir. Bugün de yapılması gereken bu kaynak değerlerin mümkün olduğunca

korunarak sonraki nesillere aktarılmasının sağlanmasıdır. Ancak tüm bu oluşumları cam bir fanus içerisinde alarak korumak mümkün olmadığı gibi 21. yüzyılın sosyo-ekonomik kalkınma politikalarına da aykırıdır. İzlenmesi gereken yol, bu eşsiz doğal oluşumları kişilere öğretmek, tanıtarak korunmasıdır. Kaynak değerler için geçerli olan koruma mevzuatının

izin verdiği ölçülerde aktivitelerin (yürüyüş, bisiklet, fotoğrafçılık, sergi, resim, müzik vb. gibi aktiviteler) belirlenerek, hesaplanacak ziyaretçi taşıma kapasitesi sınırları dahilinde gerçekleştirilmesi ve kişilerin bu oluşumları sahiplenerek içselleştirmelerinin sağlanması jeoparkın gelişimi için önemlidir. Slovenya’da Karavanke Jeoparkı’nda tünellerin içinden geçen bisiklet rotaları kişileri tünellerden farklı deneyimlerle gezdirmekte, Norveç’de ise Via Ferrata Jeoparkı ise dağcılık eğitim noktaları ile çocuklara ve yetişkinlere dağcılık eğitimi almaları için fırsatlar yaratmaktadır. Kula Volkanik Jeoparkı’nda da buna benzer, ziyaretçilerin unutamayacağı farklı deneyimler yaşayabileceği aktivitelerin geliştirilmesi oldukça faydalı olacaktır. Geliştirilecek aktivitelerin mekandaki dağılımları jeolojik oluşumların hassasiyet derecelerinin göz önünde bulundurulması alanın korunması için oldukça önemlidir. Aktiviteler yapılacak bölgeleme çalışmaları ile sınırlandırılmalıdır. Oluşumların taşıma kapasiteleri doğrultusunda ziyaretçilerin gezebildiği ve dolaşabildiği her sahada bu ziyaretçilerin başarılı şekilde yönetilmesi gerekliliği unutulmamalıdır. Her ziyaretçinin jeopark sahasına bir takım olumsuz etkilerle ve karşılanması gereken zorunlu ihtiyaçları ile geleceği unutulmamalıdır.

Aktivitelerin belirlenmesi aşamasında;

- jeopark sahasının içselleştirilebilmesi,
- kazanımlarının kalıcı hale gelebilmesi,
- yerel ekonomiye destek olabilmesi
- alana özgü orijinal nitelikte olması ve
- jeoparkın tanıtımının sağlanabilmesi

için sanatsal ve sportif faaliyetlere imkan verecek etkinliklere yer verilmesi önemlidir.

### Ziyaretçi ve İlgi Grubu Profillerinin Belirlenmesi

Jeopark içerisindeki aktiviteler planlanırken bu aktiviteleri gerçekleştirecek olan ziyaretçi kitlesinin ve alanla ilgili grupların profillerinin belirlenmesi önemlidir. Bunun doğru biçimde yerleştirilmesi gereken bir yapbozun parçaları gibi düşünmek de mümkündür. Doğru hedef kitlesi için doğru mekansal düzenlemeler hem sahanın korunması hem de kullanımların veriminin artması için şarttır.

Jeopark sınırları içerisinde yada yakın çevresinde yaşayan halk, alandan sorumlu kurum ve kuruluşlar, ziyaretçiler, jeopark ile ilgilenen yerel, ulusal ve uluslararası kuruluşlar, araştırma kurumları, yerel yönetimler ve diğer ilgililer, Kula Volkanik Jeoparkı’nın ilgi gruplarını oluşturmaktadır. Ziyaretçi profilini ise çocuk, yaşlı, kadın, öğrenci, akademisyen gibi farklı yaş ve meslek gruplarından kişiler oluşturmaktadır ki, bu oranlar alanda yapılacak kayıtlarla kesin olarak belirlenebilecektir. Ziyaretçi gruplarının profilleri jeoparktaki aktivitelerin çeşitliliğini belirlerken, çeşitlendirilecek aktiviteler ise kullanıcı profilini tekrardan değiştirebilecektir.

Kullanıcı profilinin yaş, eğitim ve amaçları doğrultusunda eğitim, rekreatif, sanatsal ve ticari etkinliklere karar verilebilecektir. İlgi grubunun çocuklar olması halinde çocuklara yönelik bir eğitim programı, akademisyenler olması halinde ise araştırmacılara yönelik alanlar belirlenmelidir. Belirlenecek aktivitelerin mekânsal kurguları da yine bu sınırlarda sabit bir noktada, sirkülasyona dayalı bir iz ya da alan özelinde geliştirilecektir. Eğitim aktiviteleri için açık/kapalı mekanların oluşumu, sanatçılar için sanat atölyesi, mini sergi salonu, açık hava sergi alanı, görsel sanat eğitimleri verilmesi, amfi tiyatro düzenlemesi, araştırmacılar için kütüphane fırsatlarının yaratılması, sportif faaliyetler için uygun parkurların belirlenmesi,

yerel kalkınmaya yardımcı ticari faaliyetler için üretim, sergileme ve satış birimleri gibi amaca hizmet eden mekânsal düzenlemelerden sadece bazılarıdır. Tüm bu aktivite çeşitliliğine dünyadaki pek çok jeopark sahasından örnek vermek mümkündür. Yunanistan'dan Lesvos Fosil Orman Jeoparkı, 30 ha alanıyla jeolojik zenginliklerinin yanı sıra sosyo-kültürel etkinlikleri ile ziyaretçileri alana çekmektedir. Gerek müzesinde gerekse açık alanda düzenlenen resim, heykel, fotoğraf sergileri, müzik ve tiyatro performansları, kitap tanıtımları düzenlenmekte, müzesi ve eğitim alanlarındaki aktiviteleri ile bilimsel çevrelerde tanınırlığını artırmakta, tarımsal turizm festivalleri, el sanatları atölyeleri ile yerli nüfusa ekonomik katkı sağlamaktadır (www.lesvosgeopark.gr, 2018). Çin'de Nanjing Tangshan Jeoparkı Müzesi jeoparktaki müze, sergi, bilimsel çalışmaların yürütüldüğü bir merkez olmasının yanı sıra jeoparkın vitrin yüzü olarak ziyaretçilerin çekim noktası durumundadır.

Alanda kişilerin zorunlu ihtiyaçlarının giderileceği (beslenme, dinlenme, WC gibi) noktaların oluşturulması da bu kapsamda değerlendirilebilecektir. Değerlendirme aşamasında toplumdaki ayrıcalıklı gruplar (yaşlılar, engelliler, çocuklar gibi) unutulmamalı, bu gruplara yönelik özel mekansal düzenlemeler gerçekleştirilerek fırsat eşitliği sağlanmalı, alınacak güvenlik önlemleri ile can ve mal güvenlikleri sağlanmalıdır. Japonya'da Tottori Sakyu Jeoparkı'nda engellilerin kumda kolaylıkla dolaşabilmeleri için kullanılan tekerlekli sandalyeler bu gereksinimin karşılanması yöntemine güzel örneklerdendir. Portekiz'de Naturtejo Jeoparkı'nda elektrikli bisiklet rotalarının belirlenmesi ve elektrikli bisiklet kullanımı hem ayrıcalıklı grupların alanı daha fazla kullanmalarını sağlamakta hem de ziyaretçilerin uzun parkurları daha rahat dolaşabilmelerini sağlamaktadır.

## Yerel Kültür ve Yerel Ekonomi

Bir jeoparkın gelişebilmesi için yerel kültürün ön plana çıkartılması ve yerel ekonominin geliştirilmesi gerekmektedir. Yerel kültür kapsamında jeopark içerisinde bulunan arkeolojik değerler (arkeolojik kalıntılar, tümülüsler, antik yollar, kaleler, mezar anıtlar, dini mekânlar, höyükler, vb.), tarihi değerler (Alanın bulunduğu bölgenin prehistorik dönemlerden günümüze tarihi), etnografik değerler (jeopark içerisindeki yerel yaşantıya ait gelenekler, görenekler, geleneksel mimari vb. gibi) ve rekreasyonel değerler (mevcut trekking hatları, panoramik tur yolları, seyir terasları, alanda gerçekleştirilen sportif faaliyetler vb. gibi) yerel kültürü yansıtan bileşenlerdir. Tüm bu kültürel zenginliği kaynak değerlerle birlikte ele alarak yerel kalkınmayı destekleyecek ekonomik aktiviteler de önemlidir. Yerel ürünlerin satılması, yerli rehberlerin yetiştirilmesi, el sanatlarına yönelik eğitimler, festivallerin düzenlenmesi, turizm şirketleri ile bölgesel tur güzergahlarının belirlenmesi, ziyaretçilerin yerel yaşama dahil edilmesi (tarımsal faaliyetler, düğünler gibi), pansiyonculuğun teşvik edilmesi şeklindeki faaliyetler yerel ekonomiyi destekleyici etkiler yaratabilecektir. Burada unutulmaması gereken kilit nokta, jeoparkın gerek ulusal ve gerekse uluslararası platformlarda dikkat çekebilmesi için jeoparka özgü yenilikçi fikirlerin geliştirilmesidir. Jeoparkta sunulan yemek menülerinden, oluşturulan mekanların tasarımına kadar jeoparka özgü üretimlerin bulunması alanın kimliğinin oluşmasında ve tanıtımında büyük rol oynayacaktır. Almanya'da Vulkaneifel Jeoparkı'nda geliştirilen ve mineralli suların bir karışımı olan "Jeokokteyl" içeceği, Romanya'da Hateg Country Dinosaurs Jeoparkı'ndaki dinazor ekmekleri, Fransa'da Réserve Géologique de Haute'de üretilen ammonit çikolata ve ammonit ekmek bunlara örnek olarak verilebilecekken,

Portekiz’de Naturtejo Jeoparkı’nda geliştirilen jeo-fırınlr, jeo-restorantlar, spa ve sağlık merkezleri yerelde geliştirilen ticari oluşumlara örnek verilebilecektir.

Yazının önceki bölümlerinde bahsedildiği üzere, Kula’nın dörtüüz yıllık halıcılık, beşbin yıllık dericilik faaliyetleri ve bunun yanında geleneksel el sanatları ve kent turizmi potansiyelleri (Kula evleri, hamamlar, çeşmeler, kaplıcalar vs.) Kula Volkanik Jeoparkı’na özgün fikirlerin geliştirilmesi yönünde önemli ayrıcalıklar sağlayacaktır. Bu zenginliklerin doğru kurgulanması ve akılcı pazarlama stratejileri sayesinde jeopark sadece jeolojik zenginliği temelinde değil, aynı zamanda yerel ve geleneksel kültürel mirası üzerinden de ekonomik kalkınmayı sağlayabilecektir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Kula, Türkiye Cumhuriyeti’nin ilk ve tek, Avrupa’nın 58. ve Dünya’nın 99. jeoparkına sahip olan bir ilçe konumundadır. Bu jeoparkın Türkiye’deki diğer jeolojik özellikli alanlardan ayıran en önemli özelliği, Türkiye’nin en genç volkaniklerine sahip olmasıdır.

Jeopark günümüzde birden fazla kurumun sorumluluğu altında ve birden çok koruma statüsü ile koruma mevzuatına tabi olarak yönetilmektedir. Fiili duruma bakıldığında her ne kadar Kapadokya ya da Pamukkale gibi tüm Türkiye çapında tanınıyor olmasa da, gerekli prosedürlerin tamamlanmasıyla Avrupa Jeoparklar Ağı’na ve dolayısıyla Küresel Jeoparklar Ağı’na üyeliği kabul edilmiştir. Farklı bir ifadeyle, Kula Volkanik Jeoparkı benzerlerine ek olarak küresel ölçekte tanınabilirliğe erişmiş yegane zenginliklerimizden birisi durumundadır.

Ancak yine fiili duruma bakıldığında Kula Volkanik Jeoparkı gerek tanıtımının iyi yapılamaması, gerekse yöre halkına yoğun bir ekonomik kazanç sağlayamadığı için tanınırlığı düşüktür. Jeoparkın mevzuatta belirlenmiş bir sınırı, bu sınırlar içerisinde mekânsal, idari ve mali açılardan yönergeleri içeren bir planlama çalışması da mevcut değildir. Bu özellikleri sebebiyle küresel ölçekteki jeoparklarla karşılaştırıldığında Kula Volkanik Jeoparkı’nda sahanın korunması, etkinliklerin çeşitliliği, çevresindeki yerleşimlere sağladığı maddi kazanç ve kalkınma desteğinde yetersizlikler olduğu görülmektedir. İşsizlik oranı yüksek, okur-yazarlık oranı düşük ve hizmet sektöründeki işgücü oranı düşüktür. Alandaki turist ve geceleme sayıları da düşük olup, “jeopark” özelliğiyle turizm sektörüne yeterince katkı sağlayamamaktadır. Küresel Jeoparklar Ağı’na üye olarak, küresel bir görünürlüğe sahip olan Kula Volkanik Jeoparkı’nın dünyadaki rakipleriyle rekabet eder hale gelebilmesi için ise öncelikle yerel ve ulusal düzeydeki bu yetersizliklerin giderilmesi gerekmektedir.

Korunması gerekli bir alanın sonraki nesillere aktarılması, ancak kullanımların belirlenecek kıstaslar doğrultusunda planlanması ve bütüncül yönetimiyle mümkündür. Yasal ve yönetsel açılardan yetki ve sorumlulukların kesin ve net bir şekilde belirlenmediği korunan alanlarda yaşanabilecek kaos, alandaki koruma önlemlerini işlevsiz kılmakla birlikte kullanımlarda da karmaşaya sebep olacaktır. Bu sebeple Kula Volkanik Jeoparkı’nın tüm insanlık ve dünya için geçerli olan kaynak değerlerinin korunması, alanın Kula ve çevresine ekonomik kalkınma desteği verebilmesi için jeopark sınırlarının belirlenmesi ve bu sınır içerisindeki yetki karmaşalarına son verilmesi gerekmektedir.



Alandaki etkili ve yetkili kurum, kuruluş ve kişiler tek bir yapılanma içinde bütünleşik olmalı, rol ve sorumlulukları belirlenmelidir.

Sadece Kula Volkanik Jeoparkı için değil, ülkemizdeki diğer tüm jeoparkların daha etkin yönetilebilmesi için korunan alan mevzuatı içerisinde jeoparklara özel bir başlık belirlenmeli ve bu başlığa bağlı yönetim planları hazırlanmalıdır. Hazırlanacak yönetim planı sahanın hem korunarak sonraki nesillere aktarımı konusunda gerekli önlemleri almalı, hem de yerli halkın alanı sahiplenmesini ve alandan sosyal-ekonomik gelir sağlamasına zemin hazırlamalıdır. Kullanıcı profillerine uygun mekansal düzenlemelerin yapılması, mekansal düzenlemelerin ise korunması gerekli fiziksel yapıya en az etkisi olacak şekillerde tasarlanmalıdır. Jeoparkın fiziksel, ekonomik, sosyo-kültürel verilerini içeren veri tabanı oluşturularak belirlenen süreler içerisinde güncellemelerin yapılması sağlanmalıdır. Veri tabanının sürekliliğinin sağlanması ile alandaki doğal ve yapay etkiler ölçülebilmeli; fiziksel, ekonomik ve sosyal değişimler izlenebilmelidir. Kaynak değerlerini oluşturan jeolojik ve arkeolojik kalıntılar özenle kayıt altına alınmalı ve etkin bir şekilde korunması sağlanmalıdır. İlgili jeoparkta yer alan ayak izi fosillerinin sayısındaki azalmanın diğer değerler için de yaşanmaması için gerekli güvenlik ve koruma önlemleri alınmalıdır.

Kula Volkanik Jeoparkı'nın Türkiye'deki diğer jeoparklardan daha farklı olmasını sağlayan Avrupa Jeoparklar Ağı ve Küresel Jeoparklar Ağı'nın gerektirdiği kriterler gerçekleştirilerek bu ağın avantajlarından faydalanılmalıdır. Küresel ölçekte tanınırlığı artacak olan jeoparkın, ziyaretçilerini kabul ederek yöre halkına sosyal ve ekonomik kalkınma fırsatları yaratması sağlanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Çiftçi, Y., Güngör Y., 2016. Jeopark projeleri kapsamındaki doğal ve kültürel miras unsurları için standart gösterim önerileri. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 153, 223-238.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2017. Korunan Alan Planlaması ve Yönetimi, Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynak Yönetimi Projesi Deneyimi, TŞOF Trafik Matbaacılık A.Ş., Ankara, 26.
- Devlet Planlama Teşkilatı, 2004. İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması. Ankara.
- English Riviera Geopark Management Plan, 2016. Torbay Coast and Countryside Trust. Cockington Court, 5.
- Ercan, T., 1981. Kula Yöresinin Jeolojisi ve Volkanitlerin Petrolojisi, İstanbul Yerbilimleri Dergisi, 3 (1-2), 77-124.
- Ercan, T., Öztunalı, Ö., 1982. Kula Volkanizmasının Özellikleri ve İçerdiği «Base Surge» Tabaka Şekilleri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 25, 117 -125.
- Erdem, N.Ö., 2015. Jeoparklar ve Küresel Ağlar ile Bütünleşmenin Önemi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Haber Bülteni, 2, Ankara, 5.
- Eriñç, S., 1970. Kula ve Adala Arası Genç Volkan Reliifi. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 9 (17), İstanbul, 20.
- Farsani, H.T., Coelho, C., Costa, C., 2012. Geoparks and Geotourism: New Approaches to Sustainability for the 21st Century, Brown Walker Press, ISBN-10:1-61233-552-7, USA, 26-27.
- Göksu, Y., 1977. Fossil İnsan Ayak İzleri Taşıyan Volkanik Tabakaların Termoluminesans Özellikleri ve İzlerin Tarihlendirilmesi. ODTÜ Fizik Bölümü. Ankara, Doçentlik Tezi.
- Güngör, Y., 2012. Turizmde Yükselen Eğilim: Jeoturizm, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni, 2012 (2), Ankara. 227.
- Kayan, İ., 2015. Demirköprü Baraj Gölü Batı Kıyısında Çakallar Volkanizması ve Fossil İnsan Ayak İzleri, Ege Coğrafya Dergisi, 6 (1).

- Kazancı, N., 2001. Jeolojik Miras üzerine. Mavi Gezegen, 2001(4), 4-9.
- Koçan, N., 2013. Kızılcahamam-Çamlıdere (Ankara) Bölgesi, Jeolojik Mirasının Koruma Kullanma Potansiyeli, Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 2013, 13 (1), 36-47.
- Madonie Bildirgesi, 2004. (<http://www.europeangeoparks.org/wp-content/uploads/2012/03/THE-MADONIE-DECLARATION.pdf>).
- MTA, 2015. Jeopark Alanları Ulusal Listesine Öneri Sunma Çalışmayı Raporu, Ankara.
- Ozansoy, F., 1969. Türkiye Pleistosen fosil insan ayak izleri. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, Ankara.72, 204-208.
- Sanver, M., 1968. A paleomagnetic study of Quaternary volcanic rocks from Turkey. Phys. Earth Planet. Interiors. North Holland Pub. Com. Co. Amsterdam, 1, 403-421.
- Tekkaya, İ., 1976. İnsanlara Ait Fosil Ayak İzleri. Yeryuvarı ve İnsan, Türkiye Jeoloji Kurumu. Ankara, 1.2. 8-10.
- TUİK, 2016. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. [http://www.europeangeoparks.org/?page\\_id=4499](http://www.europeangeoparks.org/?page_id=4499) son erişim: 24.04.2018
- [http://www.europeangeoparks.org/?page\\_id=168](http://www.europeangeoparks.org/?page_id=168) son erişim: 13.12.2017
- [http://globalgeoparksnetwork.org/?page\\_id=5#](http://globalgeoparksnetwork.org/?page_id=5#)). Son erişim 05.02.2018
- <http://www.jemirko.org.tr/jeolojik-miras-terimleri/>. Erişim:11.12.2017
- <http://www.kula.gov.tr/ulasim-ve-cografya>, son erişim:19.12.2017
- <http://www.kula.bel.tr/kula-volkanik-jeopark.aspx>., son erişim: 19.12.2017
- <http://www.kula.gov.tr/ilcemiz-tarihcesi>. Son erişim:19.12.2017
- <http://www.lesvosgeopark.gr/en/petrified-forest>. Son erişim:03.04.2018
- <http://www.manisakulturturizm.gov.tr/TR,151850/istatistik-ve-veriler.html>. Son erişim: 15.01.2018
- <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/list-of-unesco-global-geoparks/> son erişim:13.12.2017
- [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/Application\\_dossier\\_UGG\\_15Dec\\_2016.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/Application_dossier_UGG_15Dec_2016.pdf). Son erişim:19.12.2017
- <https://daviegan.files.wordpress.com/2010/04/yehliu-01.jpg?w=640>. Son erişim: 08.06.2018
- <http://www.globalgeopark.org/News/News/9844.htm> Son erişim: 08.06.2018
- <http://travelwithkally.blogspot.com/2015/11/zhangye-danxia-national-geological-park.html> Son erişim: 08.06.2018
- <https://www.yeniasir.com.tr/yasam/2015/11/20/kula-jeoparkina-ziyaretci-akini> Son erişim: 08.06.2018



Derleme / Review Paper

## Türkiye'nin Asbest Profili ve Asbest Güvenliği Sorunu

*Turkey's Asbestos Profile and Safety Problem of Asbestos*

**Bahattin Murat DEMİR**<sup>1,a</sup> , **Sami ERCAN**<sup>2,b</sup> , **Mustafa AKTAN**<sup>2,c</sup> , **Harun ÖZTAŞKIN**<sup>3,d</sup> 

<sup>1</sup> Çevre ve Şehircilik Bakanlığı-Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü 06530, Lodumlu - Çankaya/Ankara,

<sup>2</sup> Çevre ve Şehircilik Bakanlığı-Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü 06530, Lodumlu - Çankaya/Ankara,

<sup>3</sup> Ankara Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Söğütözü, Ankara,

Geliş (Received): 12 Mart (March) 2018, Düzeltme (Revised): 14 Mayıs (May) 2018, Kabul (Accepted): 20 Temmuz (July) 2018

### ÖZ

Mezotelyoma (akciğer zarı kanseri), gırtlak kanseri, yumurtalık kanseri ve asbestozis ile asbest maruziyeti arasındaki doğrudan ilişkisinin anlaşılması sonucunda birçok ülkede asbestin kullanımı yasaklanmıştır. Ülkemizde de 31.12.2010 tarihinden itibaren her türlü asbest mineralinin ticari kullanımı yasaktır. Bu yasaklamaya karşın daha önce piyasaya girmiş olan asbestin değişik ürünlerdeki varlığı ve bu ürünlerin gündelik hayattaki dolaşımı devam ettiğinden antropojenik (endüstriyel) asbest maruziyetinin neden olduğu riskler ülkemizde güncelliğini hala korumaktadır. Öte yandan ülkemizde gerçekleştirilen tıbbi jeolojik ve diğer epidemiyolojik araştırmaların gösterdiği gibi asbest güvenliğini tehdit eden ikinci bir faktör jeojenik (çevresel) asbest maruziyetidir. Bu iki belirleyici faktörün etkilerine karşı asbest güvenliğini güçlendirecek adımların atılmaması nedeniyle asbest bir çevre ve halk sağlığı sorunu olarak günümüzde de varlığını sürdürmektedir. Bu çalışmanın amacı ulusal asbest profili temelinde asbest güvenliği sorununu tarihsel gelişim süreci içerisinde ele almak ve geleceğine ilişkin değerlendirmelerde bulunmaktadır. Çalışmamız ülkemizin önemli bir asbest ithalatçısı ülke olmanın yanı sıra asbest üreticisi ülke olduğunu da göstermiştir. Türkiye hem antropojenik hem de jeojenik asbest maruziyetinin bir arada yaşanmaya devam edildiği bir ülke olmasına karşın gerek bireysel gerekse kamusal düzeyde asbest farkındalığı oldukça düşük seviyededir. Karşı karşıya olduğumuz risklere karşı bugüne kadar izlenen yoldan farklı bir mücadele stratejisine ihtiyaç duyulan ülkemizde asbest zararlarını azaltmayı bir devlet politikası haline getiren, konuyla ilgili mevzuat ve kurumsal alt yapıdaki kopukluğu gidererek antropojenik ve jeojenik asbest maruziyeti ile bütünlüklü ve sistematik mücadeleyi temel alan, katılımcı (toplumsal tabanlı) bir asbest risk yönetim anlayışının ivedilikle inşa edilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Asbest, Ulusal Asbest Profili, Jeojenik (Çevresel) Asbest Maruziyeti, Antropojenik (Endüstriyel) Asbest Maruziyeti, Asbest Risk Yönetimi

### ABSTRACT

The use of asbestos has been banned in many countries following the recognition of the direct relation between mesothelioma (pleurarcancer), throat cancer, ovary cancer and asbestosis and exposure to asbestos. In our country, too, the commercial utilisation of the asbestos mineral has been banned as of 31.12.2010. Despite this ban, the risks posed by anthropogenic (industrial) asbestos exposure is still relevant due to the presence of asbestos in products that have been released to the market before the above-mentioned date and the continuing circulation of these products in

daily life. On another note, as research on medical geologic and other epidemiologic in our country shows, another factor threatening asbestos safety is geogenic (environmental) exposure to asbestos. Asbestos continues to pose a threat to the environment and public health as the steps necessary to strengthen asbestos safety have not been taken despite the presence of these two decisive factors. The goal of this study is the elaboration of the problem of asbestos safety within the framework of the national asbestos profile in a historical perspective and to assess the future of this problem. Our study shows that our country is not only an important importer of asbestos, but also a producer. Even though Turkey is exposed to both anthropogenic and geogenic asbestos, awareness regarding this issue is low on not only the individual, but also the public level. In our country, where there is need for a strategy different from the one that has so far been followed in the face of the risks we are exposed to, a participatory (society-based) asbestos risk management strategy that makes the reduction of the harms of asbestos a matter of state policy, that closes the gap between the laws and regulations regarding the issue and the institutional infrastructure and thereby takes as a basis the complete and systematic fight against both anthropogenic and geogenic exposure, must rapidly be devised and adopted.

**Keywords:** Asbestos, National Asbestos Profile, Geogenic (Environmental) Asbestos Exposure, Anthropogenic (Industrial) Asbestos Exposure, Asbestos Risk Management

## GİRİŞ

Asbest (asbestos) ya da diğer adıyla “amyant (amiante)” endüstriyel olarak işlenebilen bir grup lifsi mineralin ortak ticari adıdır. Jeolojik (mineralojik) olarak asbest, lifsi yapıya sahip, magnezyum silikat, kalsiyum-magnezyum silikat, demir-magnezyum silikat ve karmaşık sodyum-demir silikat bileşimde, amfibol ve serpantin serisinden 6 ayrı mineral içermekte olup bu minerallere ait kimyasal formül ve diğer bilgiler Çizelge 1’de sunulmuştur. Bu gruptaki mineraller endüstriyel ve ticari açılardan aynı derecede öneme sahip değildir. Krizotil, krosidolit ve amosit’in endüstriyel kullanımı daha yaygın olmakla birlikte yine de 1900-2003 arasında gerçekleşen dünya asbest ticaretinde ve kullanımında liderlik %96’lık bir pay ile krizotile aittir (USGS, 2005).

Asbest sadece 20. yüzyıl teknolojsi ve endüstri döneminin bir hammaddesi değildir. Arkeolojik çalışmalar asbestin birçok farklı kültür tarafından değişik amaçlar için kullanıldığının bulgularını ortaya çıkarmıştır. Milattan önce 3000 yılına tarihlenen İskandinav çanak çömleklerinde; Yunan, Roma ve Mısır uygarlıkları dönemine ait birçok üründe asbest

lifleri kullanıldığına dair bulgular mevcuttur (Barbalace, 2004).

Sahip olduğu teknik özelliklerinin yanı sıra üretim maliyetinin de düşük olması nedeniyle endüstride geniş bir kullanım alanı bulunan asbest, inşaattan gemiye otomobilden tekstile onlarca sektörde 3000’e yakın ticari üründe kullanılmıştır (USGS, 2002; Gövercin, 2011). En bilinen kullanım alanları inşaat sektörü uygulamalarıdır. Bu sektörde asbestli çimento ürünleri çatı, duvar ve ısı sistemlerinin izolasyonunda yaygın olarak kullanılmıştır. Ayrıca gemi, uçak, otomotiv ve tekstil sektörlerindeki birçok ürünün (fren balataları, ateşe dayanıklı battaniye vb.) bileşimine katılmıştır. ABD’nde 1970’li yıllarda yapılan bazı yolların kış koşullarına karşı dayanımını arttırmak amacıyla “asbestli asfalt” kullanıldığı belirtilmiştir (EPA, 1990). Sigara filtreleri üretimine bile girdi olan asbest, gündelik hayatın birçok alanında insanlarla ev, işyeri veya okul gibi çok farklı ortamlarda temas kurar hale gelmiştir.

İkinci Dünya Savaşından sonraki 35 yıllık dönemde dünya üzerindeki ticareti hızlı bir şekilde artan asbeste o yıllarda “sihirli mineral (magic mineral)” unvanı verilmiştir (Şekil 1).

Çizelge 1. Serpantin ve amfibol grubu asbest minerallerinin ticari adları, kimyasal formülleri, CAS ve GTİP No bilgileri.

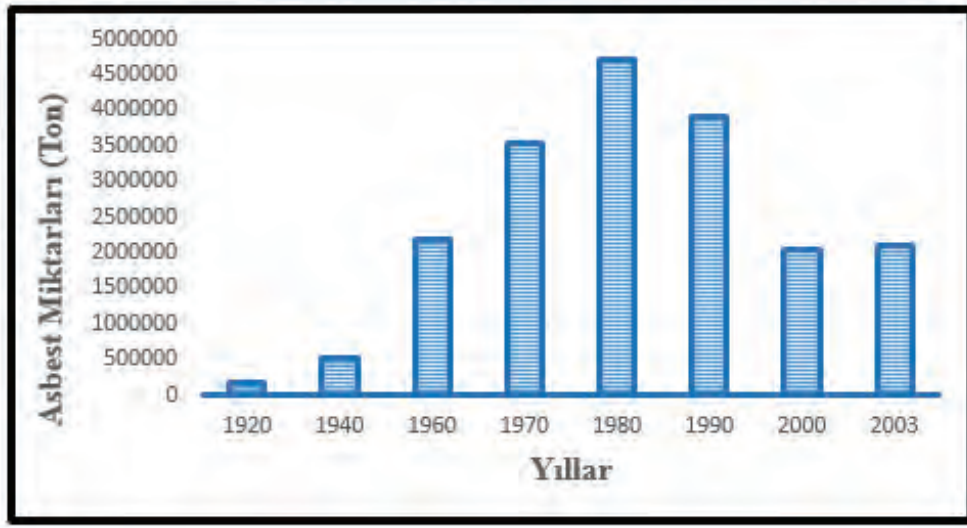
Table 1. Trade names, chemical formulas, CAS and HS code of serpentine and amphibole group of asbestos minerals.

Mineral Adı*	Kimyasal Formülü*	Ticari adı	Ticari Diğer Adı	CAS No**	GTİP No***
<b>Serpantin Grubu Asbest Mineralleri (Serpentine group of minerals)</b>					
Krizotil	$Mg_6 [(OH)_8 / Si_4 O_{10}]$	Krizotil	Beyaz Asbest	12001-29-5	2524.90.00.00.15
<b>Amfibol Grubu Asbest Mineralleri (Amphibole group of minerals)</b>					
Ribekit	$Na_2(Fe_3, Mg)_3(Fe, Al)_2 [(OH)_2 / Si_8 O_{22}]$	Krosidolit	Mavi Asbest	12001-28-4	2524.10.00.00.00
Kummingtonit Serisi	$(Fe, Mg, Ca, Mn)_7 [(OH)_2 / Si_8 O_{22}]$	Amosit	Kahverengi Asbest	12172-73-5	2524.90.00.00.11
Antofillit	$(Mg, Fe)_7 [(OH)_2 / Si_8 O_{22}]$	Antofillit		77536-67-5	2524.90.00.00.12
Aktinolit Serisi	$Ca_2(Mg, Fe)_5 [(OH)_2 / Si_8 O_{22}]$	Aktinolit		77536-66-4	2524.90.00.00.13
		Tremolit		77536-68-6	2524.90.00.00.14

\*Erkan Yavuz, Kayaç Oluşturan Önemli Minerallerin Mikroskopta İncelenmeleri, 1978

\*\*CAS No: Amerikan Kimya Derneği Kimyasal Abstraktlar Servisi Kayıt Numarası (Chemical Abstract Service Registry Number)

\*\*\*GTIP No: Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (Harmonized System Code-HS Code)



Şekil 1. 1920-2003 yılları arasındaki dünya asbest ticaret verileri (USGS, 2006).

Figure 1. World asbestos trade data between 1920-2003 (USGS, 2006).

Ancak 1970'lerden itibaren başta kanser olmak üzere birçok hastalığın etiolojisinde asbest maruziyeti olduğunu gösteren araştırmaların artması ile birlikte, asbest üzerindeki "sihirli mineral" örtüsü yavaş yavaş kalkarak "katil toz" olarak anılmaya başlamıştır (EEA, 2001). Bugün gelinen noktada asbestin tüm formları Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ/WHO) ve Uluslararası Çalışma Örgütü (UÇÖ/ILO) tarafından "kesin kanserojen" olarak tanımlanmıştır (ILO/WHO, 2007; IARC, 2012). Ayrıca UÇÖ (ILO) tarafından asbest kullanımının yasaklanması ve işyeri ortamında yarattığı maruziyetlerin engellenmesi için küresel çağrılar yapılmaya devam edilmektedir (ILO, 1986-C162, R172; 2006-C187).

Bugün 55 ülkede asbest kullanımına yasaklama getirilmiştir (IBAS, 2018). Ülkemizde ise, kademeli bir geçişten sonra, 29.08.2010 tarih ve 27687 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Bazı Tehlikeli Maddelerin, Müstahzarların

ve Eşyaların Üretimine, Piyasaya Arzına ve Kullanımına İlişkin Kısıtlamalar Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik'in yürürlüğe girdiği 31.12.2010 tarihi itibarıyla tümüyle yasaklanmıştır.

Dünyada yürütülen tüm yasaklama kampanyalarına karşın halen Rusya, Kazakistan, Çin, Kanada ve Brezilya'da asbest üretimi ve kullanımı devam etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise kontrollü bir şekilde kullanımına izin verilmektedir. Uluslararası asbest sermayesinin kuruluşu olan "Uluslararası Krizotil Birliği" (Adı daha önce "Uluslararası Asbest Birliği" iken sonradan değiştirilmiştir) asbestin pazar payını arttırabilmek için krizotil asbestin "güvenilirliğini" öne çıkartan kampanyalar düzenlemektedir (ICA, 2017).

Yasaklanmış olsa dahi geçmişte kullanılan asbestin çevre, iş ve halk sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin hala giderilememesi ve asbest nedenli hastalıkların tedavisine harcanan yüksek bütçeler asbest güvenliği konusunu hem

devletlerin hem de DSÖ ve UÇÖ gibi uluslararası organizasyonların gündeminde kalmasına neden olmaktadır. DSÖ ve UÇÖ asbestten kaynaklanan hastalıkların yok edilmesine yönelik ulusal programların geliştirilmesi için temel stratejik politikaları tanımladıkları bir rehber hazırlamışlardır. Bu rehberde, asbest zararlarının ekonomik, sosyal ve halk sağlığı açılarından irdelenmesine, ulusal, bölgesel ve işyeri ölçeğinde uygulanacak koruyucu ve önleyici stratejilere ve eylem planlarına yönelik öneriler yer almaktadır (ILO/WHO, 2007).

### **ASBEST MARUZİYETİ: KAYNAKLARI, MEKANİZMA VE RİSKLER**

Birleşmiş Milletler Afet Risk Azaltma Ofisi Sözlüğünde “maruziyet/maruz kalma (exposure)” “insanların, altyapının, konutların, üretim kapasitesinin ve diğer insani varlıkların bir tehlikeli (zarar verici süreç, fenomen veya insan faaliyeti) alandaki bulunması durumu” olarak tanımlanmıştır (UNISDR, 2016). Bu tanım çerçevesinde asbest maruziyeti, herhangi bir nedenle serbest hale geçerek ortama yayılan asbest lifleriyle temas kurulması ve bunun sonucunda olumsuz sağlık etkilerinin yaşanması durumu olarak ele alınabilir.

Asbest maruziyeti, asbestin yaygın olarak kullanıldığı sanayi kollarında çalışan işçilerde belirlenmesi nedeniyle ABD ve Avrupa ülkelerinde “mesleki maruziyet (occupational exposure)” sorunu olarak değerlendirilerek kavramsallaştırılmıştır. Asbestin mevcut olduğu her yerde asbest maruziyeti gelişebilir. Bilimsel araştırmalar maruziyet sürecinde jeolojik özelliklerin de etkin olabileceğini gösterdiğinden ülkelerin kendi özgün koşullarına göre bir değerlendirme yapması gerekmektedir.

Günümüzde asbest maruziyeti jeojenik (çevresel) ve antropojenik (endüstriyel) olarak iki ana grupta incelenmektedir. Her iki grup için mekanizma ortak olup serbest hale geçen mikroskobik ölçekteki asbest liflerinin solunarak vücuda alınması şeklindedir. Ancak “ne miktarda ve ne kadar sıklıkta lif solunduğunun” sorusu önem taşıdığından maruziyet sonuçlarının kontrol altına alınabilmesi için uygulamada “maruziyet sınır değeri (exposure limit)” kavramı geliştirilmiştir. Bu kavram ülkeden ülkeye olduğu gibi aynı ülkede de zaman içerisinde farklılıklar gösterebilir de (ABD’nde OSHA Standartları 1972’lerde güvenli sınır olarak 8 saatlik zaman ağırlıklı ortalama değeri olarak 5 lif/cm<sup>3</sup>’ü temel alırken 1994’te bu seviye 0.1 lif/cm<sup>3</sup>’e çekilmiştir-OSHA, 1994) günümüzde “asbest maruziyetinde güvenli bir seviyenin olamayacağı” yönünde görüşler ağırlık kazanmış, ilgili yasal düzenlemelerde bile “maruziyet sınır değerinin risk barındırdığı” vurgulanmıştır (IARC, 1998; HSE, 2012).

Asbest maruziyetine özgünlük katan bir diğer gösterge ise “gecikme periyodu” olarak tanımlanan asbeste maruz kalma ile hastalık teşhisi arasında geçen süredir. Tıp literatüründe “latent” olarak adlandırılan ve belirti göstermeden hastalığın “gizli olarak varlığını” devam ettirdiği bu süre, asbestin neden olduğu hastalıklarında 30-40 yılı bulmaktadır. Dolayısıyla çalışan işten ayrılma bile hastalık uzun bir zaman sonunda ortaya çıktığından maruziyet takibi özel bir önem taşımakta; maruziyetle teşhis arasında uzun bir zaman olduğundan yasaklanmış olsa bile asbest nedenli hastalıklar varlığını sürdürebilmektedir.

Epidemiyolojik araştırmalar asbest maruziyetinin akciğer kanseri, mezotelyoma (akciğer zarı kanseri), larenks (gırtlak) ve yumurtalık kanseri ile asbestozis (tozun akciğerlerde birikmesi ile akciğer dokusunda

hasar) gibi ölümcül sonuçlar yaratabilecek hastalıkların nedeni olduğunu tartışmasız bir şekilde ortaya koymuştur (WHO, 1998 ve 2016).

## TÜRKİYE’NİN ASBEST PROFİLİ

Asbest profili, asbest güvenliği politikaları için en temel altlık niteliğinde olan ve mevcut durumu tanımlayan bir dokümandır. Bugüne kadar ülkemizin asbest profilinin bütünlüklü bir şekilde çıkartılması ve bu profile dayalı olarak bir güvenlik politikasının oluşturulması başılamamıştır. Tıbbi jeolojik araştırmalar sonucunda profilin jeojenik boyutu gösterilmiş kabul edilse de meydana gelen ve ileride karşı karşıya kalınabilecek maruziyet koşulları ve sonuçları üzerine bilgi eksikliği devam etmektedir (TAKSP, 2012).

### Türkiye’de Jeojenik Asbest Maruziyeti

Türkiye’nin jeolojik gerçekliğinin bir boyutu da ülkemiz coğrafyasında serpantin ve amfibol grubu minerallerce zengin alanların yaygınlığıdır. Yüzye de bolca mostra veren ve bünyesinde asbest minerallerini içeren ultrabazik ve metamorfik kayaçlar ile bunların ayrışmasından oluşan zeminler üzerinde kurulu yerleşim birimlerinde değişik nedenlerle serbest hale geçen asbest lifleri ile insanlar arasında yoğun bir temas gerçekleşmektedir.

Jeojenik asbest maruziyeti ve sonuçları üzerine ilk çalışmalar, Yazıcıoğlu (1976) tarafından Diyarbakır iline bağlı kırsal yerleşimlerde başlatılmış ve bu yerleşimlerde yaşayanlarda görülen plevral kalsifikasyonların (akciğer zarı kalınlaşması), evlerin duvarlarında ve zeminlerinde kullanılan krizotil asbest lifleriyle temastan kaynaklandığı gösterilmiştir. Daha sonrasında gerçekleştirilen çok sayıdaki bilimsel ve teknik çalışmada kırsal alan

yerleşimlerinde asbestli toprakların badana, sıva ve çatı malzemesi, pekmez katkısı, yapı malzemesi, bebek kundağı, çanak çömlek yapımı gibi çok değişik amaçlarla kullanıldığı, bu yollarla asbestin ev içi ortamlara taşınarak sürekli maruziyet koşullarının yaratıldığı somut hastalık vakalarıyla ortaya konmuştur (Barış, 1979; Şenyiğit vd., 2004; Atabey, 2005 ve 2015; Bulut vd., 2013; Aksu ve Emri, 2015; Yiğitbaş vd., 2015). Ülkemizde jeojenik asbest maruziyetinin temel mekanizmasının asbestin ev içi ortama taşınması olduğu gösterilmiş olsa da tarımsal faaliyetler, köy içi yollara asbestli malzeme serilmesi, asbestli topraklardaki hafriyat, rüzgârla tozların taşınması vb. unsurların da ev dışı ortamda havadaki asbest lif konsantrasyonunu arttırdığından maruziyet faktörü olduğunu görülmüştür (Atabey, 2005).

Türkiye Asbest Kontrolü Stratejik Planı’nda (TAKSP) ülkemizde 2012 yılı itibarıyla 473 köyde asbest içerikli toprak kullanıldığı, 32600’ü asbest nedeni hastalıklar gelişecek ölçüde olmak üzere 1000000’a yakın insanın kırsal alanda asbest ile temas halinde yaşadığını belirtmektedir. 473 köyün % 57’si Eskişehir, Diyarbakır ve Sivas illerine bağlıdır. Adı geçen planda, 2013 yılı sonrası önümüzdeki yirmi yıl boyunca 7638 mezotelyoma, 2984 akciğer kanseri olgusu beklendiği vurgulanmıştır (TAKSP, 2012).

TAKSP’nin verilerinden hareketle gerçekleştirilen bir araştırmada ise 2008-2012 yılları arasında meydana gelen 5617 mesotelyoma vakası incelenmiş, bu vakaların dağılım gösterdiği kırsal alanlardan alınan numunelerin analizi sonucunda 379 köyde asbest maruziyetinin devam ettiği; bu köylerde yaşayan yaklaşık 158000 kişinin yüksek oranda riskle karşı karşıya olduğu ve 2013-2033 yılları arasında beklenen yeni vaka sayısının ise 2511 olabileceği belirtilmiştir (Metintaş vd., 2017).



Yukarıda belirtilen çalışmalara karşın hala ülke ölçeğinde bütünlüklü bir jeojenik (çevresel) asbest profilinin çıkartıldığı, tehlikenin boyutlandırıldığı söylenemez. “Türkiye Asbest Envanter ve Risk Haritasına” duyulan ihtiyaç devam ettiğinden MTA Genel Müdürlüğü öncülüğünde bu çalışmanın başlatılmasında büyük yarar bulunmaktadır.

### **Türkiye’de Antropojenik Asbest Maruziyeti**

Ülkemizdeki asbest maruziyetinin en az bilinen bölümü antropojenik (endüstriyel) asbest maruziyeti olup boyutları ve sonuçları üzerine yeterli araştırma bulunmamaktadır (TAKSP, 2012). Asbest ticareti üzerine sistematik olarak kayıtlar tutulmadığından ulusal kaynaklardaki veriler oldukça sınırlı olup var olanlar ise birbiriyle örtüşmeyen ve dağınık bir yapıdadır. Diğer yandan hangi sektörlerde ve işletmelerde ne düzeyde bir asbest temasının gerçekleştiği, kaç çalışanın etkilendiği yönünde de araştırmalar gerçekleşmediğinden ulusal ölçekte anlamlı sonuçlara ulaşmak oldukça güçtür.

### **Asbest Madenciliği ve Üretimi**

MTA araştırmaları Türkiye’nin dünyada asbest bakımından en zengin ilk 10 ülke içinde yer aldığını göstermektedir. Ülkemizde Eskişehir-Mihalıççık’taki amfibol asbest yatağı dışında kalan tüm yataklar damar veya stokwork tipi krozitol asbest oluşumlarıdır. Zengin yataklara sahip olmamıza karşın asbest madenciliği gelişmemiş, ülke ihtiyacının önemli bir bölümü ithalat yoluyla karşılanmıştır (TCKB-ÖİKR, 2001).

Bu çalışma kapsamında Devlet Arşivlerinde ulaşılan belgeler Anadolu’da asbest madenciliği tarihini 20.yüzyılın başlarına kadar uzandığını

göstermektedir. Osmanlı Arşivinde yer alan 1673-125422 numaralı ve 22 Safer 1319 (09/06/1901) tarih ile 2225-166856 numaralı ve 9 Ramazan 1321 (23/11/1903) tarihli belgeler Uşak’ta ilk asbest madenciliği girişimlerinin Orman ve Maadin Nezareti (Orman ve Madencilik Bakanlığı) kontrolünde başladığını göstermektedir.

Asbest madenciliğine 1960’lı yıllarda başlatılan planlı kalkınma dönemiyle birlikte önem verilmeye başlanmışsa da hiçbir plan döneminde hedeflenen yerli üretim miktarlarına ulaşamamıştır. 1977 yılında ruhsatlı asbest maden sahası sayısının 22 olarak bildirilmesine karşın sadece üçünde (Sivas 2, Erzincan 1) üretim gerçekleştirilebilmiş; 7. Beş Yıllık Kalkınma Plan döneminden itibaren ise üretim madencilik sektörünün gündeminden çıkmıştır (TCKB-ÖİKR, 1977, 1992, 2001).

Sistematik olarak kayıtlar tutulmadığından yurtiçi kaynaklardan bugüne kadar üretilen asbest miktarları üzerine sağlıklı bir bilgiye ulaşmak mümkün değildir. Bu konuda en geniş verilere Britanya Jeolojik Araştırmalar Kurumu tarafından hazırlanan “Dünya Mineral İstatistikleri” elektronik arşivinde ulaşılmıştır (BGS-WMS). BGS-WMS verilerine göre 1930-1989 yılları arasında Türkiye’de 293537 ton asbest üretimi gerçekleşmiş olup 1989 yılından sonrasına ait herhangi bir üretim verisi bulunmamaktadır (Çizelge 3). Zaten ulusal kaynaklar da ülkemizde 1990’dan sonra üretim yapılmadığını ifade etmektedir.

### **Asbestin Endüstriyel Kullanımı**

Ülkemizde asbest içeren ürünler üreten ya da cevherini işleyen işletmelerin 2000’li yılların başına kadar ticari faaliyetlerini sürdürdüğü bilinmektedir. İşletmelerin ürün portföyü, üretim

kapasiteleri, çalışan sayıları gibi konularda bir araştırma yapılmamış olsa da Kalkınma Planları gibi kaynaklarda yapılmış değerlendirmeler temel alındığında bu işletmelerin asbestli boru ve çatı kaplama ile balata üretiminde yoğunlaştıkları görülür.

1950'li yıllardan itibaren hızlanan kentleşmeye bağlı olarak alt ve üst yapı yatırımlarındaki (kanalizasyon, içme suyu, sulama tesisleri ve elektrifikasyona yönelik yatırımlar) artış beraberinde asbestli çimento ve beton borular ile beton direk, oluklu levha (eternit), kanalet vb. asbestli çimento ürünleri kullanımını da arttırmıştır (TCKB, 2. ve 3.BYKP). Bu ürünlerin dışında düz veya arduvaz tipi çatı örtü levha ve plaklarında, dış kaplama levhalarında, vinil asbest yer karolarında, alçı, yapııştırıcı, dolgu ve derz malzemelerinde, pencere macunlarında, boşluk dolduran köpüklerde, yapı içindeki yangından korunma imalatlarında, elektrik sigorta paneli ve kablolarında da asbest kullanmıştır.

Asbest, otomobil, otobüs vb. araçlar için fren balatası üretimini gerçekleştiren otomotiv sektöründe; tekstil sektöründe (battaniye, asbest esaslı iplik, elbise, ayakkabı, başlık, eldiven ve diğer giyim eşyaları, amyant ve amyant karışımlarından dokunmuş veya örme mensucat vb.), havacılık sektöründe (Sivil hava taşıtlarında kullanılmaya mahsus amyanttan eşya) ve filtre cihazları için amyant lif içeren kâğıt hamurundan levhalar, amyant esaslı kâğıt, cilt kartonu ve keçe, salmastra ve conta imalatında (sıkıştırılmış amyant lif conta yaprak/rulo halinde), bakalit ürünlerde (elektriğe ve ısıya karşı dirençli kulp ve tutamaklar), iletken izolasyon kılıflarında (bakır vb. iletkenler için dış kılıf), kömür sobalarının imalatında ve soba arkasında ısıyı duvara iletmemek için kullanılan levhalarda olmak üzere çok farklı sektörlerce de yaygın olarak kullanılmıştır.

2011 öncesi dönemde yukarıdaki ürünlerin üretimi amacıyla bir kısmı kamu (İLBANK-FR, 2018) iştiraki bir bölümü ise özel sektör yatırımı olarak 15'e yakın fabrikanın Adana, Bursa, İzmir, Kocaeli, Mardin, Niğde gibi illerde faaliyet gösterdiği bilinmektedir. Asbest yasaklarından sonra bunlardan bazıları kapanmış, ATERMİT A.Ş gibi fabrikalar ise asbest dışında alternatif hammaddeye yönelerek üretimlerine devam etmiştir (Atermit, 2018). Bu fabrikaların hammadde ihtiyacını karşılamak üzere bugüne kadar 7 adet lif zenginleştirme tesisi kurulmuştur (Çizelge 2). Faaliyette oldukları dönemde bu tesislerin üretim kapasitelerinin en fazla 5000 ton lif/yıl civarına ulaşabildiği belirtilmektedir (TCKB-ÖİKR, 1992). Ancak hiçbir kaynakta gerçekleştirdikleri üretime dair veriye ulaşamadığından Çizelge 2'ye bu tesislerin üretimine yönelik herhangi bir veri işlenememiştir.

Çizelge 2. Türkiye'de faaliyet göstermiş asbest zenginleştirme tesisleri ve kapasiteleri (TCKB-ÖİKR, 1992).

Table 2. *Asbestos enrichment facilities previously operated in Turkey and their capacities (MD-SCR, 1992).*

KURULUŞUN TİCARİ UNVANI	KAPASİTE (Ton/Yıl)
İnşaat Malzemeleri Ltd.	529
Şti.	
Amyant Sanayi A.Ş.	3155
Bekir ŞAHAN	300
Mevlit EREN	100
BİLFER Tic.San.Ltd.Şti.	160
Emin ÖZGÜR	531
Mihallıçık	3000
<b>TOPLAM KAPASİTE</b>	<b>7775</b>

Yukarıda belirtilen ve “Türkiye Asbest Endüstrisi” olarak nitelenebilecek bu işletmelerin günümüzden yaklaşık 10 yıl öncesine kadar faaliyetlerini sürdürmüş olmaları, hem bu işletmelerde çalışmış olanların sağlık ve maruziyet durumlarının hem de üretilmiş asbestli ürünlerin piyasada takibi konularının toplumun asbest güvenliği açısından ne kadar güncel ve önemli olduğuna işaret etmektedir. Bu konular aynı zamanda Türkiye Asbest Profili’nin de önemli bir parçasıdır.

### Asbest Ticaretinin Genel Durumu

Yapılan tüm destek ve teşviklere rağmen pazarın ihtiyacını karşılayacak yerli üretim gerçekleştirilemediğinden asbest ihtiyacı ithalat yoluyla karşılanmak zorunda kalınmış; ithalat asbest ticaretinin en önemli parçası haline

gelmiştir. Bu nedenle hem Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı (TÜİK) hem BGS-WMS verilerinden yararlanmak suretiyle çalışma kapsamında ithalat miktarının belirlenmesine özel bir önem verilmiştir. Her iki kaynaktan alınan verilerden 1930-2010 yılları arasında toplam en az 830578 ton asbest lifi ve ürününün yurt dışından giriş yaptığı belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında ulaşılan tüm verilerden 1930-2010 yılları arasında toplam en az 1200000 ton asbest lifi ve ürününün yurt içinde tüketildiği hesaplanmıştır (Çizelge 3). Bu sonuç bir yönüyle Türkiye’nin hem madencilik hem ithalat açısından dünya asbest pazarında önemli bir yeri olduğunu diğer yönüyle de bu konumunu aslında dünya asbest ticaretinin azalma trendinde olduğu 1980-2000 yılları arasındaki yüksek ithalat rakamlarıyla kazandığını göstermiştir (Şekil 1).

Çizelge 3. 1930-2010 yılları arası Türkiye’de asbest ticareti (TÜİK+ BGS-WMS).

Table 3. Asbestos trade in Turkey between 1930-2010 (TSI+ BGS-WMS).

DÖNEM (Yıl)	ÜRETİM (Ton)[1]	İTHALAT İşlenmiş Asbest (Ton) [2]	İTHALAT Asbestli Çimento Ve Ürünleri (Ton)[3]	İTHALAT İşlenmemiş Asbest (Ton)[4]	TOPLAM İTHALAT (Ton) [5=2+3+4]	İHRACAT - (Ton) [6]	YURTIÇİ TOPLAM TÜKETİM (Ton) [7=(1+5)-6]
1930-1968	20106	23617	12279	32372	68268	1623	86751
1969-1979	115242	656	81	133568	134305	88	249459
1980-1989	158189	-	-	267287	267287	-	425476
1990-1999	-	1994	18	245703	247715	-	305819
2000-2010	-	22133	-	90870	113003	-	113003
<b>TOPLAM</b>	<b>293537</b>	<b>48400</b>	<b>12378</b>	<b>769800</b>	<b>830578</b>	<b>1711</b>	<b>1180508</b>

### Meslek Hastalıkları ve Diğer Maruziyetler

Asbestin neden olduğu antropojenik maruziyetler çok boyutlu bir konudur. Asbest ve asbestli ürün üretimi yapılan sektörlerde çalışanlar üzerindeki etkilerden asbestli ürünlerin kullanımı, tamiri, sökümü süreçlerine; asbest yatakları ve işletmelerine komşu yaşayanlar üzerindeki etkilerden asbestli atıkların depolanmaları ve nakledilmeleri sırasında meydana gelebilecek olumsuzluklara (asbestli atıklar açıkta bekletilmesi, etrafa rastgele bırakılması vb.) kadar geniş bir yelpaze oluşturan süreçlerden kaynaklanabilecek maruziyetler bu başlık altında yer alır. Türkiye’de bu başlıklara yönelik bilimsel araştırmalar yok denecek kadar azdır. Dolayısıyla antropojenik asbest maruziyetinin anlaşılması sürecinde en çok başvurulan verilerden biri “meslek hastalığı istatistikleri” olsa da, ülkemizde doğru ve yeterli veriyi içermemektedir (ÇSGB-MHR, 2011). “Asbest nedenli meslek hastalığına tutulan sigortalı sayısı” 2007-2016 yılları arasındaki dönem için yayınlanan istatistiklerde toplam 13 olarak gösterilmiştir (Çizelge 4).

Çalışanların karşı karşıya kaldığı maruziyet koşullarını ele alan tek bilimsel araştırma fren balata üretim iş kolu için gerçekleştirilmiş olup bu araştırmada asbestle kurulan temasının çalışanlar üzerinde önemli derecede etkilenme yarattığı gösterilmiştir (Erdoğan vd., 2003). Dünyada sadece doğrudan kullanıldığı sektörler için değil elmas üretimi gibi diğer işkollarında çalışanlar için de asbestin maruziyet kaynağı olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Nelson vd., 2011). Diğer yandan birçok ülkede yapılan araştırmalar göstermiştir ki asbest maruziyetinin mağduru sadece çalışanın kendisi değildir. Gerekli koruma ve temizlik önlemlerinin alınmadığı işyeri koşullarında çalışanın asbest ile kirlenmiş (lif bulaşmış) giysileriyle eve gittiğinde asbest lifleri ev içi ortama taşınabilmekte ve böylece evdeki diğer kişiler için de maruziyet koşulları doğmaktadır (Donovan vd., 2012). Bu nedenle Türkiye Antropojenik Asbest Maruziyeti Profili’nin çıkartılması sürecinde demir çelik sektörü, krom ve kömür madenciliği, taşocağı işletmeciliği gibi asbest tehlikesini barındıran diğer işkollarını, asbest işletmelerine komşu

Çizelge 4. 2007-2016 yılları meslek hastalığına ve asbest nedenli meslek hastalığına tutulan sigortalı sayısı (SGK-İY, 2018).

Table 4. Number of occupational diseases and asbestos-related occupational diseases between 2007 and 2016 (SSI-SA, 2018).

Yıl	Meslek hastalığına tutulan sigortalı sayısı	Tanı alt grubuna göre asbest nedenli meslek hastalığına tutulan sigortalı sayısı		
		Pnömonyoz, asbest ve diğer mineral liflerine bağlı (J61)	Plevral plak, asbestoz ile birlikte (J92.0)	Toplam
2016	597	6	0	6
2015	510	2	0	2
2014	494	3	0	3
2013	351	1	0	1
2012	395	0	1 (Asbestoz)	1
2011	697	0	0	0
2010	533	0	0	0
2009	429	0	0	0
2008	539	0	0	0
2007	1208	0	0	0
<b>Toplam</b>	<b>5753</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>13</b>

alanları ve çalışan hanelerini kapsayacak bir yaklaşımın oluşturulması gereklidir.

Antropojenik maruziyetin bir boyutunu da piyasada dolaşımını sürdüren ürünlerden kaynaklanan riskler oluşturur. Ülkemizde piyasadaki asbestli ürünlerin yarattığı maruziyetler konusunda tek bir çalışma bulunmaktadır. 1986 Yılında Ankara-Kızılay Meydanında taşıtlardan atmosfere yayılan tozlar 3 ay süreyle ölçülmüş ve taşıtlardan bir günde ortalama 1005 mgr/m<sup>3</sup> asbestli toz atıldığı bulunmuş ve başta trafik polisleri olmak üzere yaya ve sürücülerin sağlık riskleri taşıdığı vurgulanmıştır (Gemalmayan, 1987).

Asbestli ürünlerin ithalatının yasaklanmış olmasına karşın son dönemde yapılan araştırmalar ülkemizde asbestli ürün gruplarında ithalatın devam ettiğini göstermektedir. 2011-2014 yılları arasında Çin Halk Cumhuriyeti'nden ithalat yoluyla giriş yapan bazı ürünlerin asbest içeriklerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmada bazı araç fren balatalarının yüksek oranda asbest minerali içerdiği belirlenmiştir (Kurt ve Yıldırım, 2016). Başka bir çalışmada ise 6813 kodlu asbest esaslı sürtünme malzemeleri ve bununla ilgili maddeler ile 6811 kodlu asbestli çimento gibi asbestli ürün ithalatının 2012-2016 yılları arasında devam ettiğini gösterilmiştir (Taşbaşı vd., 2017). Her iki çalışmanın sonuçları ülkemizde yürürlükte olan asbest yasaklarının yeterli denetime tabi tutulmadan uygulandığı ve risklerin devam ettiğini işaret etmektedir.

Asbest ticaretinin yasaklanması ile birlikte asbest madenciliği, asbest işleme vb. faaliyetler yapılamaması nedeniyle antropojenik maruziyete neden olan kaynaklar temelde iki sektörle sınırlı kalmıştır. Bunlar yıkım ve gemi söküm sektörleridir (Deniz Ticareti, 2016). Gemi söküm sektöründeki asbest güvenliği konusu özellikle “zehirli gemi” olarak nitelenen yabancı

gemilerin ülkemize geldiği dönemlerde daha yoğun tartışılmaktadır. 2012 yılında yayımlanan 6306 sayılı “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun” ile başlayan “kentsel dönüşüm” süreci ise asbest güvenliği üzerine yeni bir tartışmayı başlatmıştır. Değişik elemanlarında asbestli malzeme içeren binaların kontrolsüz yıkımı (bugün çoğunlukla yapılan budur) hem yıkım işçileri hem de çevrede yaşayanlar için asbest maruziyeti yaratacaktır (Kale vd., 2017). On binlerce binanın yıkımının öngörüldüğü bu süreçte ilgili Bakanlıkça başlatılan “yıkım yönetmeliği” üzerine çalışmalar hala tamamlanmadığından bugün yıkımlarında asbest güvenliği belirsizliğini korumaktadır.

Ülkemizde antropojenik (endüstriyel) asbest maruziyetinin kaç kişide etkili olduğuna ya da olabileceğine dair bir yaklaşım oluşturulmamıştır. Asbest tüketimi ile mezotelyoma gibi asbeste bağlı hastalık görülme sıklığı arasında bir korelasyon kurmaya yönelik araştırmada “her 170 tonluk asbest tüketiminin bir mesotelyoma vakasına neden olabileceği” gösterilmiştir (Kazan-Allen, 2005). Bu korelasyon ülkemiz asbest ticaret verilerine uyarlandığında sadece işlenmemiş (lif haldeki) asbest ithalatı yoluyla gerçekleşen tüketimin 4529 vakaya, yurtiçi üretimle birlikte hesaplandığında ise toplamda 6000-7000 arası vakaya neden olabileceği görülmektedir. Ancak bu vaka sayıları sağlık açısından karşı karşıya olunan tehlike potansiyelinin boyutlandırılması açısından anlamlıdır. Bu çıkarım, endüstriyel maruziyetle gelişebilecek vaka sayısının yakın gelecekte jeojenik maruziyetin yol açacağı hastalık sayısının önüne geçeceğini işaret etmektedir.

### **Türkiye’de Asbest Güvenliği ve Mevzuat**

Ülkemizde asbest güvenliği alanında yürürlükte bulunan ve taraflara yükümlülükler

getiren düzenlemeler Şekil 2'de sunulmuştur. Bu düzenlemeler genellikle mesleki maruziyetin engellenmesine yönelik hazırlanmış olup önlem almayı ve güvenliği sağlamayı "işyeri" ve "işveren" temelli bir yaklaşımla oluşturmayı hedeflemiştir.

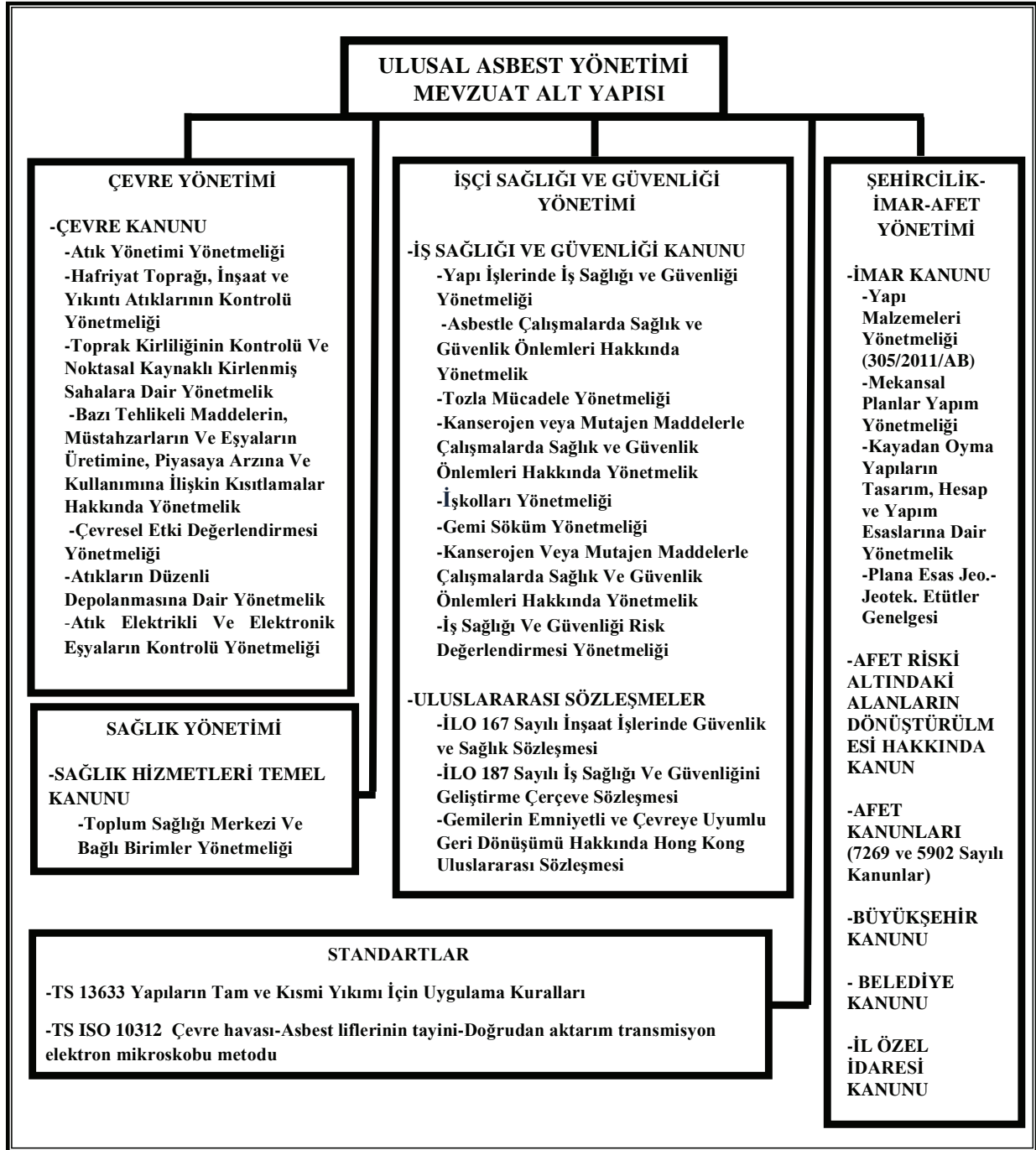
Şekil 2'de yer alan düzenlemelerin bu yazı kapsamında tek tek irdelenmesi mümkün değildir. Asbest güvenliğine yön vericiliği açısından en temel düzenlemeler asbestin yasaklamasına ilişkin düzenlemelerdir. Bu anlamda ulusal mevzuatımızda asbest kullanımına ilişkin ilk yasaklama "Zararlı Kimyasal Madde ve Ürünlerinin Kontrolü Yönetmeliği" ile yürürlüğe girmiştir. 2001 yılında adı "Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği" olarak değiştirilmiş olan yönetmeliğin 38. maddesi ile "Amfibol tipi asbest türlerinin her çeşit malzeme üretiminde kullanılması 1 Ocak 1996" sonrasında yasaklanmıştır (R.G.:11.07.1993-21634). Adı geçen yönetmelik ile asbestli ürünlerin etiketlenmesi ve ambalajlar ile ilgili kurallar da düzenlenmiştir.

2008 yılında yayımlanan "Bazı Tehlikeli Maddelerin, Müstahzarların ve Eşyaların Üretimine, Piyasaya Arzına ve Kullanımına İlişkin Kısıtlamalar Hakkında Yönetmelik" ile asbest kısıtlamaları daha da arttırılmış ve yeni yasaklamalar getirilmiştir (R.G.:26.12.2008-27092 Mükerrer). Mezkur Yönetmelikte 2010 yılında bir değişiklik daha yapılmış ve krizotil asbest (beyaz asbest) için de "lifleri çıkarılamaz, üretilemez, herhangi bir ürünün üretiminde ve üretim dışında herhangi bir amaçla kullanılamaz, satış ve kullanım amacıyla piyasaya arz edilemez" hükmü getirilerek 31.12.2010 tarihi itibarıyla Türkiye'de her türdeki asbest mineralinin

ticareti ve kullanımı tümüyle yasaklanmıştır (R.G.:26.08.2010-27687).

Asbestin mesleki maruziyet etkisine yönelik düzenlemelerin tarihçesi ise daha da eskidir. "Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışılan İş Yerlerinde Alınacak Tedbirler Hakkında Tüzük" asbesti bir meslek hastalığı risk faktörü olarak görmüş ve işyeri ortamlarında asbest tozları için sınır değer "750 zerrat/m<sup>3</sup> ("Beher m<sup>3</sup>'de mevcut zerrat (parçacıklar) adedi)" olarak ilan edilmiştir (R.G.:15.11.1952-8258). Tüzük, 2014 yılında yürürlükten kaldırılmıştır.

Günümüzde asbestle çalışma koşulları son hali 2013 yılında verilen "Asbestle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik (AÇSGÖHY)" hükümleriyle düzenlenmektedir (R.G.:26.12.2003-25328; 25.01.2013-28539). Mezkur Yönetmelik işyerlerinde havadaki asbest konsantrasyonu için "sınır değer" olarak sekiz saatlik zaman ağırlıklı ortalama değerini (ZAOD-TWA) 0.1 lif/cm<sup>3</sup>'ü kabul eder (AÇSGÖHY-Md 11). Diğer yandan "işverenin çalışma yaptığı herhangi bir yapı veya ortamda asbest veya asbestli malzeme bulunduğu şüphesi varsa bu Yönetmelik hükümleri uygulanır"(abç) şeklindeki ibare yönetmelikte asbest güvenliğine ilişkin yazılmış tüm hususların işlerliğini "şüphe" gibi objektiflikten uzak bir duruma indirgemekte ve yönetmeliğin etkinliğini kırmaktadır (AÇSGÖHY-Md 7). Yönetmeliğin etkinliğini kıran bir diğer husus da, 2003 yılında yayımlanan ilk halinin yürürlüğünün 2004 yılında yapılan bir değişiklikle 15.04.2006 tarihine kadar ötelenmesidir (R.G.: 17.02.2004-25376).



Şekil 2. Asbest yönetimine ilişkin ulusal mevzuat.

Figure 2. National legislation on asbestos management.

Şekil 2’de sunulan düzenlemelerin hiç biri doğrudan jeojenik (çevresel) asbest maruziyetine yönelik hükümler içermez. Ancak 7269 ve 6306 sayılı yasalar, bu maruziyetle ilgili önlem projelerinin hayata geçirilmesine zemin hazırlayan hükümlere sahiptir. 7269 sayılı yasa çerçevesinde asbest liflerinin yarattığı sağlık riskleri, yasada doğrudan sayılmamış olsa da, bir “afet” olayı olarak kabul edilmiş ve bu riskleri taşıyan yerleşim birimlerinin daha güvenli alanlara taşınması süreçlerinde 7269 sayılı yasa kullanılmıştır (Örneğin Hatay Olgunlar köyü).

Sonuç itibariyle ülkemizde asbest güvenliğine yön veren mevzuat antropojenik (endüstriyel) asbest maruziyeti ve bu bağlamda mesleksi maruziyet ve asbestli atık yönetimi konularında yoğunlaşmaktadır. Bunun önemli bir nedeni de, mevzuatımızı uyumlaştırmaya çalıştığımız Avrupa’da jeojenik asbest maruziyetinin bilinmemesi ve AB Müktesebatının mesleksi maruziyet ile mücadeleye odaklanmış olmasıdır. Ülkemizin kendi somut koşullarına uygun olarak mevzuat alt yapısının yeniden yapılandırması gerekmektedir. Böylece birbirinden kopuk “biçimsel düzenlemeler” halinde varlığını sürdüren mevzuat alt yapısına işlerlik kazandırılabilir hem de kamusal alanda bütünlüklü bir politika ve kurumsal işleyiş yaratılabilir.

Çağdaş asbest güvenliği anlayışlarının ortak özelliği; asbestin neden olduğu tüm risklerle “risk yönetim sistemi” ile sistematik olarak mücadele etmeleridir. Risk yönetiminin temelini ise riskin asıl yaratıcı unsurlarından biri olan “zarar görülebilirliğin (vulnerability)” düşürülmesine yönelik her türlü ekonomik, sosyal, yasal ve kurumsal önlemlerin alınması oluşturur. Ancak bu önlemlerin etkin ve verimli bir şekilde uygulanabilmesi için hem bireysel hem de kamusal düzeyde risk farkındalığını

geliştirecek girişimlere ihtiyaç vardır. Dolayısıyla asbestin neden olduğu risklerle mücadele için Türkiye’nin alması gereken çok yol vardır. Bir yandan mevzuat altyapısını yeniden yapılandırıp kurumsal altyapısını güçlendirirken aynı zamanda asbest farkındalığını geliştirecek eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarını hızla hayata geçirmesi gerekmektedir. En temel adım ise “asbestle mücadele ulusal programını” oluşturmak, bu mücadelenin sistematik bir şekilde uygulanmasına hizmet edecek olan “asbest risk yönetim sistemini” kurmak ve bu sistemi bir devlet politikası kararlılığında uygulamaktır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye hem 1960’lardan sonra yoğun şekilde asbest kullanılmış olması hem de jeolojik yapısı nedeniyle birçok yerleşim biriminde asbestin neden olduğu risklerle karşı karşıya kalan bir ülkedir. Asbestli ürünlerin dolaşımına devam etmesi, kentsel dönüşüm, denetimsiz ithalat, gemi sökümü, asbestli zeminler üzerine kurulu yerleşimlerde önlemler alınmaması gibi nedenlerden dolayı bu riskler her geçen gün daha da artmaktadır. Jeojenik ve antropojenik asbest maruziyetlerin engellenmesine yönelik risk azaltma programlarının geliştirilememesi durumunda yakın gelecekte daha vahim bir kanser tablosu ile karşılaşılması kaçınılmaz olacaktır. Ülkemizin asbest profilini ve güvenliği sürecini tarihsel gelişimi içinde ele alan bu çalışmada ulaştığımız sonuçlar aşağıda sunulmuştur;

Bu çalışmanın en temel sonucu, Türkiye asbest gerçekliği karşısında var olan asbest algısı ve farkındalığını değiştirecek; asbest güvenlik sistemini yeniden yapılandıracak girişimlere acil ihtiyaç duyulmasıdır. UÇÖ ve DSÖ tarafından da önerilen asbest zararlarıyla mücadele ulusal programının ülkemizde de ivedilikle hayata



geçirilmesine; mevcut risklere “zarar azaltma” odaklı bir yönetim sistemi işleyişinde ve devlet politikası kararlılığında müdahale edilmesine ivedilikle ihtiyaç vardır.

Bu risk yönetiminin en temel bilgi kaynağı, bugüne kadar bütünlüklü olarak hazırlanamamış olan, “Ulusal Asbest Profili”dir. Asbest tehlike ve zarar görülebilirlik koşullarının açıklığa kavuşturulması için Türkiye Asbest Profili’nin tüm boyutlarıyla ortaya çıkartılmasını sağlayacak jeolojik (asbest envanter ve risk haritalarının hazırlanması vb.), çevresel etki değerlendirme (asbest endüstrisinde faaliyet göstermiş işletmelerin yarattığı kirlenme, endüstriyel tesis yıkımlarının etkisi vb.), işçi sağlığı (özellikle geçmişte faaliyet gösteren işletmelerde olmak üzere mesleksi asbest etkilenmesi, sektörel ölçekte maruziyet koşulları, sağlık gözetimine ilişkin kayıtlar vb.) ve ithalat denetimine yönelik yeni araştırmalar planlanmalıdır.

Diğer yandan, yeniden yapılanma sürecinde asbest maruziyeti ile karşı karşıya kalan ve en çok zarar gören toplumsal kesimlerin (asbestli topraklar üzerinde ikamet edenler, gemi söküm ve yıkım sektörü işçileri, meslek örgütleri, sendikalar vb.) katılımına ve bilinçlendirilmesine özel önem verilmelidir.

Türkiye hem asbest üreticisi hem de ithalatçısı olarak yurtiçinde en az 1200000 ton asbest lifi ve asbestli ürün tüketmiş bir ülkedir. Endüstriyel asbest maruziyeti çok geniş bir nüfus kitlesini etkisine almış ve bugünde almaya devam etmektedir. Bu nedenle “asbest maruziyetinin Türkiye’de esas olarak çevresel bir sorun olduğuna” dair yaklaşım yanlıştır. Ülkemiz hem jeojenik (çevresel) hem de antropojenik (endüstriyel) maruziyet faktörleriyle mücadele etmek ve asbest risk yönetimini bu temelde bütünlüklü bir şekilde oluşturmak zorundadır.

Asbest risk yönetim sisteminin işleyişinin etkin ve verimli olabilmesi bir “Koordinasyon Merkezine” ihtiyaç bulunmaktadır. Bu merkezin, ülkemizin özgün asbest koşulları göz önüne alındığında, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde oluşturulmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir. Öte yandan ilgili mevzuat arasında da bir koordinasyon sağlanabilmesi için “Asbest Güvenliği Yönetmeliği” adıyla bir şemsiye düzenlemenin yapılarak ulusal ölçekte hem ilgili mevzuatın hem de asbest zararlarıyla mücadele eylemlerinin birbiriyle ilişkilendirilmesi gereklidir.

Kentsel dönüşüm sürecinde gündeme gelen bina yıkımlarında asbestle çalışma koşullarına, asbestin envanter raporunun hazırlanmasından laboratuvar analizi ve ortam havasının izlenmesine, asbest maruziyeti yoktur (asbest free) raporunun düzenlenmesine kadar her aşamasında izlenmesi gereken yöntemlere açıklık getiren ve aynı zamanda kurumsal yetki ve sorumlulukları yeniden tanımlayan bir mevzuata ihtiyaç bulunmaktadır. Yıkımlarda asbest güvenliğinin sağlanması “şüphe” değil daha objektif kriterler üzerine inşa edilmelidir. Bu bağlamda kentsel dönüşüm veya benzeri amaçlarla yapılacak yıkımlarında 2005 yılının bir milat olarak kabul edilerek bu tarihten önce inşa edilmiş tüm binalarda asbest envanteri çıkartılmadan ve asbest sökümü yapılmadan ana yıkıma izin verilmemelidir.

## KATKI BELİRTME VE AÇIKLAMA

Bu çalışmada yararlanılan asbest ithalat verilerinin bir bölümü <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul> adresinden Eylül-2017 tarihinde elde edilmiştir. Bu süreçte katkılarını esirgemeyen Sayın Gülcin Gültekin TÜRKÜCÜ’ye teşekkürü borç biliriz.

**KAYNAKLAR**

- Aksu, F., Emri, S., 2015. Türkiye’de malign plevral mezotelyoma sorunu, güncel göğüs hastalıkları serisi, 3. 273-277.
- Atabey, E., 2005. Tıbbi Jeoloji. TMMOB-JMO yayınları, yayın no:88, 210 s.
- Atabey, E., 2015. Türkiye asbest haritası (çevresel asbest maruziyeti-akciğer kanseri-mezotelyoma). *Tuberk Toraks*; 63(3), 199-219.
- ATERMİT A.Ş., <http://www.atermit.com/Urunler/atermit-lifi-cimento-oluklu-levha> (Son Erişim: 02.02.2018)
- Barbalace, R. C., 2004. A brief history of asbestos use and associated health risk. <https://EnvironmentalChemistry.com/yogi/environmental/asbestoshistory2004.html> (Son Erişim: 01.02.2018)
- Barış, Y. İ., Artvinli, M., Şahin, A. A., 1979. Enviromental mesothelioma in Turkey. *Annals of the NY academy of sci*, vol:330, 423-432.
- British Geological Survey World Mineral Statistics (BGS-WMS; electronic archive), <https://www.bgs.ac.uk/mineralsUK/statistics/worldArchive.html> (Son Erişim: 02.02.2018)
- Bulut, G., Arslan, S., Berk, S., Gümüş, C., Yalçın, H., Akkurt, İ., 2013. Sivas kırsalındaki iki ayrı bölgede asbeste maruz kalma sonucunda gelişen çevresel hastalıklar, Türkiye klinikleri *Journal of Medical Sciences*, Cilt:33, Sayı:3, 613-620.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2011. Meslek hastalıkları rehberi (ÇSGB-MHR), Ankara.
- Deniz Ticareti Dergisi Gemi Geri Dönüşüm Eki, 2016. İstanbul ve Marmara, Ege, Akdeniz, Karadeniz bölgeleri Deniz Ticaret Odası. Şubat 2016.
- Donovan, E. P., Donovan, B. L., Mckinley, M. A., Cowan, D. M., Paustenbach, D. F., 2012. Evaluation of take home (para-occupational) exposure to asbestos and disease: a Review of The Literature. <https://doi.org/10.3109/1408444.2012.709821>
- Erdinç, M., Erdinç, E., Çok, G., Polatlı, M., 2003. Respiratory impairment due to asbestos exposure in brake-lining workers. *Environmental research*, 92(3), 151-156.
- European Environment Agency (EEA), 2001. Late lessons from early warnings: The precautionary principle 1896-2000, Environmental issue report No:22.
- Gemalmayan, N., 1987. Ankara’da pilot bölge seçilen Kızılay kavşağında taşıtların fren sistemlerinden atmosfere atılan tozlarda asbest analizi ve sonuçları. *Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, Cilt 2, Sayı 1, 79-81.
- Gövercin, M., 2011. Çevresel asbeste maruz kalmış kişilerde mikronükleus sıklığının araştırılması. Pamukkale Üniversitesi-Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, Denizli, Yüksek Lisans Tezi, 59 s (yayımlanmamış).
- Healty and Safety Executive (HSE), 2012. Control of asbestos regulations 2012.
- International Agency for Research on Cancer (IARC), 2012. Monographs on evaluation of carcinogenic risks to humans, list of classifications, volumes 1-20. [http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest\\_classif.php](http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php) (Son Erişim:01.02.2018)
- International Ban Asbestos Secretariat (IBAS), 2018. Current asbestos bans. [http://ibasecretariat.org/alpha\\_ban\\_list.php](http://ibasecretariat.org/alpha_ban_list.php) (Son Erişim:02.02.2018)
- International Chrysotile Association (ICA), 2017. Asbestos amphiboles must be banned, chrysotile must be controlled science must prevail. [http://www.chrysotileassociation.com/en/news/n\\_list.php](http://www.chrysotileassociation.com/en/news/n_list.php) (Son Erişim: 30.01.2018)
- International Labour Organization (ILO) and World Health Organization (WHO), 2007. Outline for the development of national programmes for elimination of asbestos-related diseases.
- International Labour Organizasyon (ILO), 1986. C162 - Asbestos Convention, (No. 162; R172 - Asbestos Recommendation, 1986 (No. 172); C187 - Promotional Framework for Occupational

- Safety and Health Convention, 2006 (No. 187). <http://www.ilo.org/global/standards/lang--en/index.htm> (Son Erişim:02.02.2018)
- İLBANK Yıllık Faaliyet Raporları (İLBANK-FR), 2018. <http://www.ilbank.gov.tr/index.php?Sayfa=iceriksayfa&icId=193> (Son Erişim: 01.02.2018)
- Kale, Ö. A., Güranlı, G. E., Baradan, S., 2017. Kentsel dönüşüm sürecinde asbest maruziyeti ve korunma yöntemleri. Pamukkale Üni. Müh. Bilim Dergisi, 23(6), 694-706.
- Kazan-Allen, L., 2005. Asbestos and Mesothelioma: worldwide trends. Elsevier, lung cancer, volume: 49, 3-8.
- Kurt, M. A., Yıldırım, Ü., 2016. Türkiye’de asbest yasağı ve bazı ithal ürünlerde asbest minerallerinin araştırılması. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 5, Sayı 2, 90-96.
- Metintaş, S., Batirel, F.B., Bayram, H., Yılmaz, Ü., Karadağ, M., Ak, G., Metintaş, M., 2017. Turkey national mesothelioma surveillance and environmental asbestos exposure control program. Int. J. Environ. Res. Public health, 14, 1293; doi:10.3390/ijerph14111293
- Nelson, G., Murray, J., Phillips, J. I., 2011. The risk of asbestos exposure in south african diamond mine workers. The annals of occupational hygiene, volume 55, issue 6, 569–577.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 1994. Occupational exposure to asbestos final rule.
- Sosyal Güvenlik Kurumu İstatistik Yıllıkları (SGK-İY), 2018. [http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk\\_istatistik\\_yilliklari](http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari) (Son Erişim: 01.02.2018).
- Şenyiğit, A., Tanrikulu A. Ç., Dağlı, C. E., 2004. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde halen asbestli toprak kullanan ailelerin asbest konusundaki bilgileri ve asbeste bakışları. Solunum hastalıkları, cilt 15, sayı 3, 76-80.
- Taşbaşı, A., Sarıca, Y. P., Sabah, S., 2017. Uluslararası Asbest Ticareti, İş Sağlığı ve Türkiye. DİSK Birleşik Metal Sendikası Çalışma ve Toplum Ekonomi ve Hukuk Dergisi, 2017/4, 2003-2040.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı Özel İhtisas Komisyonu Raporları (TCKB-ÖİKR), 1977-1992-2001-2014. <http://www.kalkinma.gov.tr/Pages/OzelIhtisasKomisyonuRaporlari.aspx> (Son Erişim: 29.01.2018)
- T.C. Kalkınma Bakanlığı Kalkınma Planları, 2. Beş yıllık kalkınma planı 1968-1972 (TCKB-2. BYKP).
- T.C. Kalkınma Bakanlığı Kalkınma Planları, 3. Beş yıllık kalkınma planı 1973-1977 (TCKB-3. BYKP).
- Türkiye Asbest Kontrolü Stratejik Planı (TAKSP), 2012. <http://kanser.gov.tr/Dosya/ar-ge/asbest.pdf> (Son Erişim: 30.01.2018).
- Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı (TÜİK). <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul>
- U.N. Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR), 2016. Terminology on disaster risk reduction.
- U.S. Environment Protection Agency (EPA), 1990. Asbestos/NESHAP regulated asbestos containing materials guidance.
- U.S. Geological Survey (USGS), 2002. Asbestos: Geology, mineralogy, mining, and uses, open-file report 02-149.
- U.S. Geological Survey (USGS), 2005. Mineral commodity profiles-asbestos.Circular 1255-KK.
- U.S. Geological Survey (USGS), 2006. Worldwide asbestos supply and consumption trends from 1900 through 2003, circular 1298.
- World Health Organization (WHO), 2016. The public health impact of chemicals: knowns and unknowns,
- World Health Organization (WHO) (United Nations Environment Programme), 1998. International programme on chemical safety- environmental health criteria.

Demir, Ercan, Aktan, Öztaşkın

Yazıcıoğlu, S., 1976. Pleural calcification associated with exposure to chrysotile asbestos in southeast Turkey. Chest journal, volume 70, issue 1, 43–47.

Yiğitbaş, E., Mirici. A., Gönlgür, U., Bakar, Ç., Tunç, İ. O., Şengün, F., Işıkoğlu, Ö., 2015. Dumanlı köyünde (Çanakkale - Türkiye) asbest maruziyetinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi; disiplinler arası bir çalışma. MTA Dergisi (2015) 151, 251-262.

# YAYIN AMAÇLARI VE KURALLARI, YAYINA KABUL İLKELERİ

## AMAÇ

### JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

• İnsan ile Yerküre arasındaki etkileşimlere ilişkin bilgi ve deneyimleri doğal çevreyi de gözleterek daha güvenli ve rahat bir yaşam ortamı sağlamak amacı ile insanlığın hizmetine sunmayı hedefleyen Jeoloji Mühendisliği mesleğinin, günlük yaşamdaki yerini ve önemini daha etkin bir şekilde yansıtmak,

• Bu alanda ulusal ve uluslararası gelişmeleri Jeoloji Mühendisleri'nin bilgisine sunmak,

• Konu ile doğrudan veya dolaylı etkinliklerde bulunan biliminsanları, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasındaki bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirecek ve hızlandıracak, kolay erişilebilen, geniş katılımlı bir tartışma ortamı sağlamak ve bunları yayma olanağı yaratmak,

• Türkiye'nin toplumsal ve ekonomik kalkınmasını yakından ilgilendiren jeolojiye ilişkin sorunların daha etkin bir şekilde çözüme kavuşturulması açısından büyük önem taşıyan kurumlararası işbirliğinin başlatılmasına ve geliştirilmesine katkıda bulunmak,

• Türkçe'nin Jeoloji Mühendisliği alanında bilim dili olarak geliştirilmesini ve yabancı sözcüklerden arındırılmasını özendirmek amaçlarına sahiptir.

## KAPSAM VE NİTELİK

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, ulusal ve uluslararası platformlarda, yerbilimlerinin uygulamaya yönelik alanlarında çalışmalar yapan herkesin katkısına açıktır. Bu çerçevede;

- İnsanların yaşamını etkileyen jeolojik süreçler ile mühendislik yapıları ve bunlara ilişkin sorunlar ve çözümler
- Jeolojik kaynakların yönetimi ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi
- Doğal ve yapay kirleticiler ve ekosisteme etkileri
- Jeolojik anıtların korunması
- Jeolojik sorunların çözümüne katkıda bulunan arazi ve laboratuvar yöntemlerinin ve tekniklerinin geliştirilmesi

ile ilgili kuramsal ve uygulamalı çalışmaları kapsayan ürünler, Yayın Kurulu'nun değerlendirmesinden geçtikten sonra Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nde yayımlanır.

Jeolojinin uygulama alanlarına ilişkin her türlü çalışma Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nin yayın amaçlarına uygundur. Bununla birlikte, çalışmaya konu olan sorunun kullanılan teknik ne olursa olsun, bilimsel yöntemlerle ele alınması ve jeolojinin uygulama alanlarına ilişkin olması aranan temel nitelikler arasındadır. Çalışmanın daha önce Türkçe yayımlanmamış olması gerekmektedir. Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nde, yeni yapıyla beş tür yazı yayımlanacaktır:

**1- ELEŞTİREL İNCELEME (Review Paper):** Editörün daveti üzerine veya bilgisi dahilinde hazırlanan, Jeoloji Mühendisliği'nin herhangi bir alanında halen kullanılmakta olan teknik, yöntem ve yaklaşımları günümüz teknolojik gelişmeleri ve kendi deneyimleri ışığında inceleyen, bu açıdan öneriler geliştiren yazıdır. Yazı uzunluğu konuya bağlı olarak değişebilir. Yayın Kurulu incelemesi zorunluluğu yoktur.

**2- ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article):** Özgün bir çalışmanın sunulduğu yazıdır. Kuramsal temel, yeterli miktar ve nitelikte veriye dayalı bulgu ve sonuçların ayrıntılıyla

değerlendirildiği bölümleri içermelidir. Yazının toplam uzunluğu 6000 sözcük eşdeğerini (10 JMD sayfası) aşmamalıdır. En az iki Yayın Kurulu üyesi tarafından incelendikten sonra yayımlanır.

**3- TEKNİK NOT (Technical Note):** Herhangi bir süreci veya tekniği, kuramsal temel, yeterli veri ve ayrıntılı değerlendirmeye dayanmadan sunan ve amacı, bu süreci veya teknikleri kullanabilecek yerbilimcilere duyurmak olan özgün yazıdır. Yazının uzunluğu 5000 sözcük eşdeğerini (5 JMD sayfası) aşmamalıdır. En az iki Yayın Kurulu üyesi tarafından incelendikten sonra yayımlanır.

**4- ARAŞTIRMA NOTU (Research Note):** Henüz tamamlanmamış, eksik veri ve bulgularla yüzeysel değerlendirmelere dayalı, kendi içinde tutarlı, özgün, deneysel, uygulamalı veya kuramsal araştırmaların önsonuçlarının veya bulgularının sunulduğu yazıdır. Amaç, okuyucuya güncel bir konuya ilişkin bir çalışmanın ön bulgu ve sonuçlarını duyurarak konu üzerinde tartışma ortamı yaratmak, konunun gelişmesine diğer araştırmacıların katkılarını sağlamaktır. Yazı uzunluğu 5000 sözcük eşdeğerini (5 JMD sayfası) aşmamalıdır. En az iki Yayın Kurulu üyesi tarafından incelendikten sonra yayımlanır.

**5- GÖRÜŞ-YORUM ve YANITLAR (View, Comment and Reply):** Dergide yayımlanan yazılar hakkında her türlü görüş, yorum ve bunlara ilişkin yanıtları içerir. Editörün uygun gördüğü uzunlukta yayımlanır.

## YAZILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAYINA KABUL İLKELERİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ Editörlüğü'ne 2 satır aralığında 12 punto harflerle yazılmış ve 1 nüsha halinde \*.doc veya \*.docx formatında hazırlanarak e-posta ile gönderilen yazılar, öncelikle içerik, sunum, yayım kuralları, vd. yönlerden Editörlük tarafından incelenir ve daha sonra değerlendirilmek üzere en az iki Yayın Kurulu üyesine ve/veya Kurul dışından seçilecek uzmanlara gönderilir. Yayın Kurulu üyelerinden gelecek görüşler doğrultusunda yazının doğrudan, az veya önemli ölçüde düzeltilmesi koşuluyla yayımlanmasına veya reddine Editörce karar verilir ve sonuç yazarlara bildirilir.

Yayın Kurulu üyelerinin birbiriyle çelişen görüş bildirmeleri durumunda, Editör'ün bir karara varabilmesi için yazı, üçüncü bir Yayın Kurulu üyesine veya yazı konusundaki uzmana gönderilir. Yayın Kurulu üyeleri gerekli görürlerse yazıları düzeltilmiş haliyle tekrar görüp değerlendirebilirler.

Yazarlar, Yayın Kurulu üyelerinin ve Editör'ün yaptığı eleştiri, öneri ve düzeltmeler arasında katılmadıkları hususlar olduğunda bunları ayrı bir sayfada gerekçeleriyle birlikte açıklamalıdır.

Gönderilen yazılar, JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nde yayımlansın veya yayımlanmasın yazarlara iade edilmez.

## YAZIM DİLİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nde yayın dili olarak "Türkçe" ve "İngilizce" kullanılmaktadır. Derginin oldukça geniş bir yurt dışı aboneliği ve sürümü olduğu için, Türkçe makalelerin, kabulden sonra "Genişletilmiş bir İngilizce Özeti'nin yazılması gerekmektedir. Dergide; ayrıca yazıların başlıkları, özetleri ve tüm çizelgeler ile şekillerin açıklamaları Türkçe ve İngilizce olarak iki dilde birlikte verilmelidir.

## YAZIM KURALLARI

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nde yayımlanması kabul edilen yazıların** basım öncesi dizgi işlemleri Editörlükçe yazarlara gönderilecek olan "**Makale Yazım Formatı**"na göre yazarlar tarafından yapılır. Zaman tasarrufu, ekonomiklik ve yazıların son şeklinin yazarlar tarafından da kontrolünü sağlamak açısından tercih edilen bu yöntemde, yazarlar yazılarını baskıya girecek şekilde bilgisayarda formata uygun bir şekilde dize ederler ve bırakılan boşluklara da şekil ve çizelgeleri yerleştirerek (camera-ready uygulamasına benzer şekilde) basım aşamasına getirerek Editörlüğe gönderirler.

### Metin Bölümü

- 1- **Metin:** A4 boyutunda (29,7 x 21 cm) kağıtların üzerine bilgisayarda, 1,5 satır aralıkla, 10 punto ve Times New Roman yazı karakteri ile yazılmalıdır. Sayfa kenarlarında 3'er cm boşluk bırakılmalı ve sayfalar numaralandırılmalıdır.
- 2- **Başlık:** konuyu en iyi şekilde belirtecek ve 12 kelimeyi geçmeyecek şekilde kısa seçilmeli ve Türkçe başlığın (tamamı büyük harflerle ve koyu yazılmış) yanısıra, İngilizcesi (İtalik ve normal büyük harflerle) de yazılmalıdır. Eğer yazı İngilizce yazılmış ise, önce İngilizce sonra Türkçe başlık verilmelidir.
- 3- **Öz:** yazının başlangıcında 200 kelimeyi geçmeyecek şekilde hazırlanmış Öz/Abstract (Türkçe ve İngilizce) bulunmalıdır. Bu bölüm, yayının diğer bölümlerinden ayrı olarak yayımlanabilecek düzende yazılmış, yazının tümünü en kısa, ancak öz biçimde yansıtır nitelikte (özellikle çalışmanın amacını ve sonuçlarını yansıtarak) olmalıdır. Yazı Türkçe yazılmışsa Abstract'ın, İngilizce yazılmışsa Öz'ün başlığı ve metin kısmı italik karakterle yazılmalıdır. Ayrıca, Öz ve Abstract bölümlerinin altında bir satır boşluk bırakılarak *Anahtar Kelimeler ve Key Words* (en az 2, en çok 6 kelime alfabetik sıraya göre) verilmelidir. Eğer yazı İngilizce hazırlanmış ise, önce Abstract sonra Öz verilmelidir.
- 4- Yazının genel olarak aşağıda belirtilen düzene göre sunulmasına özen gösterilmelidir:
  - a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
  - b) Yazar ad(lar)ı ve adres(ler)i (yazar adları koyu karakterle ve soyadları büyük harflerle, adresler normal italik karakterlerle)
  - c) Öz (anahtar kelimeler eklenerek)
  - d) Abstract (key words eklenerek)
  - e) Giriş (amaç, kapsam, çalışma yöntemleri, vd.)
  - f) Metin bölümü (yöntemler, çalışılan malzeme, saha tanımlamaları, vd.)
  - g) Tartışmalar
  - h) Sonuçlar ve Öneriler
  - i) Katkı belirtme (gerekliyse)
  - j) Kaynaklar

- 5- Metin içinde ana bölüm başlıkları dışında en fazla üç alt başlık oluşturulmalı ve başlıklara numara verilmemelidir. Bunların yazım şekli aşağıdaki gibi olmalıdır:

### ÖZ

### ABSTRACT

### GİRİŞ

### ANA BAŞLIK

**Birinci Derece Alt Başlık**

**İkinci derece alt başlık**

**Üçüncü derece alt başlık**

### TARTIŞMALAR

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### KATKI BELİRTME

### KAYNAKLAR

- 6- Metrik sistem veya SI birimleri (kPa, kN/m<sup>3</sup> vb.) kullanılmalıdır.
- 7- Gerek metin içinde ve çizelgelerde, gerekse şekillerde rakamların ondalık bölümlerinin ayrılması için nokta kullanılmalıdır (3.1 gibi).

### Kaynaklar

- a) Metin içinde kaynaklara değinme yapılırken aşağıdaki örneklerde olduğu gibi, bibliyografya araştırmacı soyadı ve tarih sırasıyla verilir.  
....Ford (1986) tarafından....  
....bazı araştırmacılar (Williams, 1987; Gunn, 1990; Saraç ve Tarcan, 1995)

- b) Birden fazla sayıda yazarlı yayınlara metin içinde değinirken ilk soyadı belirtilmeli, diğer yazarlar için vd. İbaresini kullanılmamalıdır.  
....Doyuran vd. (1995)....  
....Smart vd.(1971)....
- c) Ulaşılamayan bir yayına metin içinde değinme yapılırken bu kaynakla birlikte alıntının yapıldığı kaynak da aşağıdaki şekilde belirtilmelidir. Ancak Kaynaklar Dizisinde sadece alıntının yapıldığı kaynak belirtilmelidir.  
....Dreybrodt(1981; Schuster and White, 1971)....
- d) Kişisel görüşmelere metin içinde soyadı ve tarih belirtilerek değinilmeli, ayrıca "Kaynaklar Dizini"nde de yer verilmelidir. (Soyadı, Adı, Tarih. Kişisel görüşme. Görüşülen kişinin/kişilerin adres(ler)i)
- e) Kaynaklar, yazar soyadları esas alınarak alfabetik sırayla verilmeli ve metin içinde değinilen tüm kaynaklar, "Kaynaklar Dizini"nde eksiksiz olarak belirtilmelidir. Kaynakların yazılmasında aşağıdaki örneklerde belirtilen düzen esas alınmalıdır:

### Sürelî yayınlar ve bildiriler

Yarbaşı, N., Kalkan, E., 2009. Geotechnical mapping for alluvial fan deposits controlled by active faults: a case study in the Erzurum, NE Turkey. *Environmental Geology*, 58 (4), 701-714.

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Makalenin Başlığı. Sürelî Yayın Adı (kısaltılmamış), Cilt No. (Sayı No.), Sayfa No.]

Altındağ, R., Şengün, N., Güney, A., Mutlutürk, M., Karagüzel, R., Onargan, T., 2006. The integrity loss of physicommechanical properties of building stones when subjected to recurrent cycles of freeze-thaw (F-T) process. *Fracture and Failure of Natural Building Stones- Applications in the Restoration of Ancient Monuments* (Editors: Stavros and Kourkoulis), 363-372.

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin Başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editörler, Basımevi, Cilt No. (birden fazla ciltten oluşuyorsa), Düzenlendiği Yerin Adı, Sayfa No.]

### Kitaplar

Palmer, C.M., 1996. *Principles of Contaminant Hydrogeology* (2<sup>nd</sup> Edition). Lewis Publishers, New York, 235 p.

Ketin, İ., Camtez, N., 1972. *Yapısal Jeoloji*. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı:869,520 s.

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Kitabın Adı (ilk harfleri büyük). Yayınevi, Basıldığı Şehrin Adı, Sayfa Sayısı.]

### Raporlar ve Tezler

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234, 17 s (yayımlanmamış).

Akın, M., 2008. Eskipazar (Karabük) travertenlerinin bozunmasının araştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Doktora Tezi, 263 s (yayımlanmamış).

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Raporun veya Tezin Başlığı. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı, Arşiv No. (varsa), Sayfa Sayısı (yayımlanıp, yayımlanmadığı)]

**NOT:** Tüm kaynaklarda ilk satırdan sonraki satırlar 0.7 cm içeriden başlanarak yazılmalıdır.

### Eşitlikler ve Formüller

- a) Eşitlikler elle yazılmamalı ve bilgisayardan yararlanılmamalıdır. Eşitliklerde, yaygın olarak kullanılan uluslararası simgelere yer verilmesine özen gösterilmelidir.
- b) Her eşitliğe sırayla numara verilmeli, numaralar parantez içinde eşitliğin hizasında ve sayfanın sağ kenarında belirtilmelidir.
- c) Eşitliklerde kullanılacak alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterlerle yazılmalıdır ( $I_a$ ,  $x^2$  gibi).
- d) Eşitliklerdeki sembollerin açıklamaları eşitliğin hemen altındaki ilk paragrafta verilmelidir.
- e) Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır ( $\sigma_{\text{mss}} = \sigma_c^{0.5}$  gibi).

- f) Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine "/" simgesi kullanılmalıdır. Çarpma işareti olarak genellikle herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak zorunlu hallerde "\*" işareti tercih edilmektedir ( $y=5 * 10^{-3}$  gibi).
- g) Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla  $Ca^{++}$  veya  $CO^{-}$  gibi ifadeler yerine  $Ca^{2+}$  ve  $CO_3^{2-}$  kullanılmalıdır.
- h) İzotop numaraları, "<sup>18</sup>O" şeklinde verilmelidir.

#### Çizelgeler

- a) Yazarlar, derginin boyutlarını dikkate alarak, çizelgeleri sınırlamalı ve gerekiyorsa metinde kullanılanlara oranla daha küçük karakterlerle yazmalıdır. Bu amaçla çizelgeler tek sütuna (7.5 cm) veya çift sütuna (16 cm) yerleştirilebilecek şekilde hazırlanmalıdır. Tam sayfaya yerleştirilmesi zorunlu olan büyük çizelgelerin en fazla (16 x 21) cm boyutlarında olması gerekir. Bu boyutlardan daha büyük ve katlanacak çizelgeler kabul edilmez.
- b) Çizelgelerin hemen altında gerekli durumlarda açıklayıcı dip notlara veya kısaltmalara ilişkin açıklamalara yer verilmelidir.
- c) Çizelgelerin başlıkları, kısa ve öz olarak seçilmeli, hem Türkçe (normal karakterle ve ilk harfi büyük diğerleri küçük harfle) hem de İngilizce (ilk harfi büyük diğerleri küçük İtalic harflerle) "Çizelgeler Dizini" başlığı altında ayrı bir sayfaya yazılmalıdır. İngilizce olarak hazırlanmış yazılarda önce İngilizce sonra Türkçe çizelge başlığı verilmelidir.
- d) Çizelgelerde kolonsal ayrımı gösteren düşey çizgiler yer almamalı, sadece çizelgenin üst ve alt sınırları ve gerek görülen diğer bölümleri için yatay çizgiler kullanılmalıdır.
- e) Her çizelge, sıralı olarak ayrı bir sayfada olmalı ve çizelge başlıkları çizelgenin üzerine yazılmalıdır.

#### Şekiller (Çizim, fotoğraf ve levhalar)

- a) Şekiller, uygun bir bilgisayar yazılımı kullanılarak hazırlanmalı, değerlendirmeyi kolaylaştıracak biçimde yüksek kalitede, metin sonunda verilmelidir. Ancak bu durum, elektronik dosya boyutunu fazla büyütmemelidir.
- b) Tüm çizim ve fotoğraflar şekil olarak değerlendirilip numaralandırılmalıdır. Şekil altı yazıları "Şekiller Dizini" başlığı altında hem Türkçe (normal karakterle ve ilk harfi büyük diğerleri küçük harflerle) hem de İngilizce (ilk harfi büyük diğerleri küçük İtalic harflerle) ayrı bir sayfada verilmelidir. Yazı İngilizce olarak hazırlanmışsa, şekil altı yazıları önce İngilizce sonra Türkçe verilmelidir.
- c) Her şekil, ayrı bir sayfada yer alacak biçimde sıraya dizilerek "Şekiller Dizini" sayfasıyla birlikte çizelgelerden sonra sunulmalıdır.
- d) Şekiller, ya tek sütuna (7.5 cm), ya da çift sütuna (en fazla 16 cm) yerleştirilebilecek boyutta hazırlanmalıdır. Tam sayfaya yerleştirilmesi zorunluluğu olan büyük şekillerin, şekil altı açıklamalarına da yer kalacak biçimde, en fazla (16 x 21 cm) boyutlarında olması gerekir. Belirtilen bu boyutlardan daha büyük ve katlanacak boyuttaki şekiller kabul edilmez.
- e) Harita, kesit ve planlarda sayısal ölçek yerine çubuk (bar) türü ölçek kullanılmalıdır.
- f) Şekiller yukarıda belirtilen boyutlarda hazırlanırken, şekil üzerindeki açıklamaların (karakterlerin) okunabilir boyutlarda olmasına özen gösterilmelidir.
- g) Fotoğraflar, şekiller için yukarıda belirtilen boyutlarda basılmış olmalıdır. Fotoğrafların üzerinde gösterilecek olan simgeler okunaklı olmalıdır. Özellikle koyu tonların egemen olduğu bölgelerde simgelerin beyaz renk ile gösterilmesi tavsiye edilir. Yaygın olarak kullanılan uluslararası simgelerin kullanılmasına özen gösterilmelidir.

#### Ek Açıklamalar ve Dipnotlar

- a) Ana metnin içine alındığında okuyucunun dikkatinin dağılmasına yol açabilecek, hatırlatma niteliğindeki bilgiler, yazının sonundaki "Ek Açıklamalar" başlığı altına konulabilir (İstatistik bilgilerin verilmesinde, formüllerin çıkarımının gösterilmesinde, bilgisayar programlarının verilmesinde, vb. konularda bu yol izlenebilir).
- b) Dipnotlar, yerleştirme ve yazılma açısından güçlükler neden olduğundan, çok gerekli durumlar dışında kullanılmamalıdır. Eğer dipnot kullanılırsa, yıldız (\*) işareti ile gösterilmeli ve mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Dipnotta eğer değinme yapılırsa bibliyografik bilgiler dipnotta değil, "Kaynaklar Dizini"nde verilmelidir.

#### YAZILARIN GÖNDERİLMESİ

*JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nin* "Yayın Amaçları ve Kuralları, Yayına Kabul İlkeleri"nde belirtilen ilkelere uygun olarak elektronik ortamda hazırlanmış yazılar, e-posta ile gönderilmelidir.

E-posta adresi: topal@metu.edu.tr

#### JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ EDITÖRLÜĞÜ

##### TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

Hatay Sokak No: 21 Kocatepe/Ankara

Tel : (312) 432 30 85 / (312) 434 36 01

Faks : (312) 434 23 88

E-posta : topal@metu.edu.tr

#### AYRI BASKILAR

Dergide yayımlanması kabul edilen yazıların ayrı baskısından on adet yazarına veya birden fazla yazarlı yazılarda yayım için başvuruyu yapan yazara olanaklar çerçevesinde ücretsiz olarak gönderilir. Ondan fazla ayrı baskı talebinde bulunulması halinde, Jeoloji Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ücret, her ayrı baskı için yazarlar tarafından ödenir.









## **İçindekiler / Contents**

### **Makaleler / Articles**

- 121- Araştırma Makalesi / Research Article  
**Ömer ÜNDÜL, Buğra C. ÇOBANOĞLU, Feyat TAZ**  
**İstanbul Paleozoyik İstifi'ndeki Dayklar ile Yan Kayalarının Dayanım ve Deformasyon Özelliklerindeki Farklılıklar**  
*The Differences of Strength and Deformation Properties of Dikes and Host Rocks in the Paleozoic Sequence of İstanbul*
- 143- Araştırma Makalesi / Research Article  
**Evren POŞLUK, Mustafa KORKANÇ**  
**Zayıf Kayaçlarda Makinalı Kazı Performansının Kestirilmesindeki Zorluklar**  
*Difficulty on Performance Prediction of Excavation with Machine in Weak Rocks*
- 159- Araştırma Makalesi / Research Article  
**İbrahim A. AL-AKHALY**  
**Engineering Properties of Basalt Coarse Aggregates in Hamdan Area, NW Sana'a, Yemen**
- 175- Araştırma Makalesi / Research Article  
**C. Bertan GÜLLÜDAĞ, Mehmet ALTUNSOY**  
**Türkiye'de CBS Tabanlı Kömür Maden Bilgi Sistemi (KMBS) Kurulmasında Kullanılacak Bazı Kriterler**  
*Some Criteria For Creating GIS Based Coal Mine Information System (CMIS) in Turkey*
- 191- Derleme / Review Paper  
**Hasibe KÖRBALTA**  
**"Kula Volkanik Jeoparkı Yönetim Planı" İçin Öneriler**  
*Recommendations for Kula Volcanic Geopark Management Plan*
- 215- Derleme / Review Paper  
**Bahattin Murat DEMİR, Sami ERCAN, Mustafa AKTAN, Harun ÖZTAŞKIN**  
**Türkiye'nin Asbest Profili ve Asbest Güvenliği Sorunu**  
*Turkey's Asbestos Profile and Safety Problem of Asbestos*