

İçindekiler / Contents

Makaleler / Articles

- 1- Araştırma Makalesi / Research Article
Candaş TOPAL, Yılmaz MAHMUTOĞLU
İstanbul'da Zayıf Jeolojik Ortamlarda Metro Tüneli Kazılarının Neden Olduğu Oturma Teknesindeki Değişimler
Changes in Settlement Troughs Induced by Subway Tunnel Excavations in Weak Geological Environments in Istanbul
- 17- Araştırma Makalesi / Research Article
Ahmet ORHAN
Enerji Nakil Hattını Etkileyen Çevreli Köyü (Mersin) Heyelanının İncelenmesi ve İyileştirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi
Investigation of Çevreli Village (Mersin) Landslide Affecting the Energy Transmission Line and Evaluation of Stabilization Methods
- 41- Araştırma Makalesi / Research Article
Ali ELMAS
Van Gölü ve Civarının Sığ Kabuk Yapısının WGM2012 Bouguer Gravite Verileriyle İncelenmesi
Shallow Crustal Structure of Lake Van and Its Surroundings with WGM2012 Bouguer Gravity Data
- 51- Araştırma Makalesi / Research Article
Yıldız GÜNEY
Türkiye'deki Kırgıbayırların Jeosit Potansiyeli
The Potential of Badlands in Turkey as Geosites



EDİTÖR / EDITOR

Dr. 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

Dr. Müge AKIN
Abdullah Gül Üniversitesi
Müh. Fak. İnşaat Müh. Bölümü
Sümer Kampüs 38080
Kocasinan /KAYSERİ
E-posta : muge.akin.jmd@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 : Haziran 2022
Baskı Adedi : 500

Yayın Kurulu / Editorial Board

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

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

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

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

Hüseyin ALAN
Yüksel METİN
Faruk İLGÜN
D. Malik BAKIR
M. Emre KIBRIS
Gonca ŞAHİN
Buket YARARBAŞ ECEMİŞ

Başkan / President
İkinci Başkan / Vice President
Yazman / Secretary
Sayman / Treasurer
Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities
Sosyal İlişkiler Üyesi / Member of Social Affairs
Yayın Üyesi / Member of Publication

Jeoloji Mühendisliği Dergisi JMO yayını olup para ile satılmaz.



Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Journal of Geological Engineering

Cilt - Volume 46

Sayı - Number 1

Haziran / June 2022

İçindekiler / Contents

Makaleler / Articles

-
- 1- Araştırma Makalesi / *Research Article*
Candaş TOPAL, Yılmaz MAHMUTOĞLU
İstanbul'da Zayıf Jeolojik Ortamlarda Metro Tüneli Kazılarının Neden Olduğu Oturma Teknesindeki Değişimler
Changes in Settlement Troughs Induced by Subway Tunnel Excavations in Weak Geological Environments in Istanbul
- 17- Araştırma Makalesi / *Research Article*
Ahmet ORHAN
Enerji Nakil Hattını Etkileyen Çevreli Köyü (Mersin) Heyelanının İncelenmesi ve İyileştirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi
Investigation of Çevreli Village (Mersin) Landslide Affecting the Energy Transmission Line and Evaluation of Stabilization Methods
- 41- Araştırma Makalesi / *Research Article*
Ali ELMAS
Van Gölü ve Civarının Sığ Kabuk Yapısının WGM2012 Bouguer Gravite Verileriyle İncelenmesi
Shallow Crustal Structure of Lake Van and Its Surroundings with WGM2012 Bouguer Gravity Data
- 51- Araştırma Makalesi / *Research Article*
Yıldız GÜNEY
Türkiye'deki Kırgıbayırların Jeosit Potansiyeli
The Potential of Badlands in Turkey as Geosites



Araştırma Makalesi / Research Article

İstanbul'da Zayıf Jeolojik Ortamlarda Metro Tüneli Kazılarının Neden Olduğu Oturma Teknesindeki Değişimler

Changes in Settlement Troughs Induced by Subway Tunnel Excavations in Weak Geological Environments in Istanbul

Candaş TOPAL^{1,*} , Yılmaz MAHMUTOĞLU¹ 

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü-İstanbul

Geliş (Received): 10 Nisan (April) 2022, Düzeltme (Revised): 15 Mayıs (May) 2022, Kabul (Accepted): 24 Mayıs (May) 2022

ÖZ

Kentlerde artan nüfusun beraberinde getirdiği toplu taşıma problemleri pek çok modern şehirde, toplu taşıma sistemlerinin yeraltına taşınmasıyla çözülmeye çalışılmaktadır. Bu kapsamda yeni metro hatlarını oluşturabilmek için pek çok lokasyonda, geometri ve erişimle ilgili proje kriterleri sınırlamaları gereği sığ ve zayıf jeolojik ortamlarda, birbirine yakın çoklu yeraltı kazıları gerçekleştirilmektedir. Bu kazılar neticesinde, etkileşim alanı içerisinde kalan bölgedeki yapılarda ciddi hasarlara sebep olacak oturmalar gerçekleşmektedir. Çalışma kapsamında İstanbul'un Avrupa yakasında kazısı gerçekleştirilmiş olan Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro Hattı üzerinde bulunan 4, Ataköy-İkitelli Metro Hattı üzerinde ise 2 farklı lokasyonda kazı sürecini takip amacıyla ölçülen yüzey deformasyonu izleme verileri değerlendirilmiştir. Toplam 12 kesit üzerinde tünel kazılarının yüzeyde oluşturduğu oturma şekilleri incelenmiştir. İzleme verilerinden elde edilen çıktılardan analizinden, benzer jeolojik ortamda, aynı geometriye ve tünelcilik yöntemine sahip ardıl açılan tünellerden, önde ilerletilen tünelin geçtiği jeolojik ortamı örselediği, aynı kesitten geçen ikinci tünelin bu durum neticesinde yüzeyde artan ve asenkron gelişen bir oturma şekli oluşturduğu anlaşılmıştır. Bu sonuç, eksenleri yakın ve sığ derinliklerde açılan ikiz metro tünellerinde oturma teknesinin büyüklüğünü etkileyen malzeme parametresinin (*K*), tünel kazıları sonrası tekne oturma şeklinin kanatlarında farklı değerler aldığı ve bu durumun da yüzey oturma teknesinin şeklini değiştirdiği anlamına gelmektedir. Kayaç litolojisine bağlı olan "*K*" malzeme parametresindeki bu değişimin önceden kestiriminin, özellikle sığ derinliklerde ve zayıf jeolojik ortamlarda açılan çoklu tünellerin tasarım aşamalarında ileride doğabilecek riskleri azaltmak adına önemli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İkiz Tünel, İstanbul Metrosu, Jeoteknik İzleme, Oturma Teknesi

ABSTRACT

Due to increasing urban populations, many modern cities attempt to solve problems associated with the increasing demand for public transportation by constructing these systems underground. To create new metro lines, multiple underground excavations must be carried out in several locations; these are often close to each other in shallow and weak geological environments due to geometric limitations as well as access-related restrictions. Settlement troughs can occur as a result of these excavations, potentially causing serious damage to the structures within the settling area. This study evaluated the data collected by monitoring the extent of surface deformation during the excavation process in four different locations on the Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro Line as well as two different locations on the Ataköy-İkitelli Metro Line; all of these sites were located on the European side of Istanbul. The geometry of the surface settlement troughs that formed due to these tunnel excavations was examined; a total of 12 sections were investigated in this study. An analysis of the monitoring data reveals that, in similar

geological environments, successively excavated tunnels with the same geometry and tunnelling methods can disturb the geological environment through which the tunnels are constructed; in particular, if the second tunnel passes through the same section, this results in the formation of an increasing and asynchronous surface settlement trough. This result indicates that the material parameter (K), which affects the size of the settlement trough formed in scenarios with twin subway tunnels with close axes and that are excavated at shallow depths, has different values at the wings of the settlement trough that forms after the tunnels have been excavated, and that this change in K influences the shape of the surface settlement trough. This study suggests that predicting any changes in K , which is dependent on the characteristics of the surrounding rock, is important in order to mitigate any potential risks, especially at the design stage of any project that requires the excavation of multiple tunnels at shallow depths and in weak geological environments.

Keywords: *Twin Tunnel, Istanbul Metro, Geotechnical Monitoring, Settlement Trough*

NOTASYON

| | |
|---------------------------|---|
| β | : Sınır Açısı |
| ϕ, ϕ' | : Efektif İçsel Sürtünme Açısı |
| γ_n | : Doğal Birim Hacim Ağırlık |
| σ_s | : Yapı veya Trafik Yükünden Kaynaklanan İlave Yük Miktarı |
| a, d | : Tünel Eksenleri Arasındaki Mesafe |
| BMP | : Bina Oturma Ölçüm Noktası (Building Measurement Settlement Point) |
| D | : Tünel Kazı Çapı |
| E | : Elastisite Modülü |
| EPB-TBM | : Pasa Basıncılı Tünel Delme Makinası (Earth Pressure Balance Tunnel Boring Machine) |
| H | : Örtü Kalınlığı |
| i | : Gauss Eğrisi Dönüm Noktası |
| i₁ | : Birinci Tünel Kazısı Sonrası Oluşan Gauss Eğrisi Dönüm Noktası |
| i_{2(btd)} | : İkinci Tünel Kazısı Sonrası Oluşan Gauss Eğrisi Dönüm Noktası- (Birinci Tünel Tarafı) |
| i_{2(btu)} | : İkinci Tünel Kazısı Sonrası Oluşan Gauss Eğrisi Dönüm Noktası (İkinci Tünel Tarafı) |
| i_{3(btd)} | : İki Tünel Kazısı Sonrası Oluşan Toplam Oturmaya Göre Gauss Eğrisi Dönüm Noktası (Birinci Tünel Tarafı) |
| i_{3(btu)} | : İki Tünel Kazısı Sonrası Oluşan Toplam Oturmaya Göre Gauss Eğrisi Dönüm Noktası (İkinci Tünel Tarafı) |
| K | : Oturma Teknesi Genişlik Parametresi (Yer Malzemesi Parametresi) |
| K₁ | : Birinci Tünel Kazısı Sonrası Elde Edilen Oturma Teknesi Genişlik Parametresi |
| K_{2(btd)} | : İkinci Tünel Kazısı Sonrası Elde Edilen Oturma Teknesi Genişlik Parametresi- Birinci Tünel Tarafı |
| K_{2(btu)} | : İkinci Tünel Kazısı Sonrası Elde Edilen Oturma Teknesi Genişlik Parametresi- Birinci Tünel Tarafından Uzaklaşan |
| K_{3(btd)} | : İki Tünel Toplam Kazısı Sonrası Elde Edilen Oturma Teknesi Genişlik Parametresi- (Birinci Tünel Tarafı) |
| K_{3(btu)} | : İki Tünel Toplam Kazısı Sonrası Elde Edilen Oturma Teknesi Genişlik Parametresi (İkinci Tünel Tarafı) |
| KH | : Kesit Hattı |
| S | : Tünel Merkez Hattından Belirli Bir Yatay Mesafede Oluşan Yüzey Oturması |
| S_{max} | : Maksimum Yüzey Oturması |
| SMP | : Yüzey Oturma Ölçüm Noktası (Surface Settlement Measurement Point) |
| TBM | : Tunnel Boring Machine (Tünel Açma Makinası) |
| x | : Tünel Merkez Hattından Yatay Mesafe |
| YASS | : Yeraltısuyu Seviyesi |
| Z₀ | : Eşdeğer Tünel Eksen Derinliği |

GİRİŞ

Megakentlerde artan kent nüfusunun, ulaşım problemleri üzerinde büyük ve olumsuz etkisinin olduğu açıktır. Bu problemi çözebilmek için pek çok gelişmiş şehirde toplu ulaşım sistemleri yeraltına taşınmaktadır. Bu sayede daha fazla kişi uzak mesafelere hızlı ve ekonomik olarak şehir trafiğini zorlamadan taşınırken, ulaşım konforu da beraberinde arttırılmaktadır. Bu sebeple, metro hatlarının inşaatı sırasında birbirine yakın çoklu kazıların yapılması kaçınılmaz hale gelmektedir.

Özellikle sığ derinliklerdeki zayıf ortam koşullarında açılan yeraltı kazıları, kent altyapısında ve yüzeydeki yapılarda hasarlara neden olabilmektedir. Bu sorunlar, proje maliyeti ile çevre sağlığı ve güvenliği açılarından ciddi yükleri ve riskleri de beraberinde getirmektedir.

Bu riskleri en aza indirmek amacıyla, son yıllarda modern teknolojik imkanlar kullanılarak, kazı aynasında ve kazı çeperindeki örtü yükünü dengeleyen makinalı (EPB-TBM) kazılar yapılmakta, kazıların yüzeye yansıyabilecek etkileri önceden projelendirilen noktalarda yapılan periyodik ölçümlerle denetlenmektedir.

Kazı bağımlı oluşan düşey deformasyonların, tekil kazılar ile olan ilişkisi değişik jeolojik ortamlar için literatürde kapsamlı olarak ele alınmıştır ve konuyla ilgili ampirik ve analitik çözümler önerilmiştir. Ancak uygulamada kent içi ulaşımına yönelik çift hatlı, birbirine paralel ve yakın mesafelerde açılmakta olan tüneller için, literatürde sunulan tekil ve çoğul kazılar için geliştirilen yaklaşımların geçerli olmayabileceği sıkça yaşanan vakalardan anlaşılmaktadır.

Tünellerin açımı sırasında çoğu zaman teorik açıdan benzer ikiz tünel kazılarından biri önden diğeri arkadan yürütülmektedir. Proje karakteristikleri nedeniyle tünel kazıları arasındaki yatay mesafe olabildiğince sınırlı

tutulmaktadır. Dolayısıyla bu tür çoklu kazılar birbiri ile gecikmeli de olsa etkileşmektedir. Yapılan çalışmalar, önde yürütülen kazının jeolojik ortamda örselenmeye neden olduğunu, dolayısıyla arkadan gelen tünelin açıldığı ortam aynı olsa bile, teorik olarak önden ilerletilen kazı nedeniyle örselendiği, bu nedenle de ortamın jeomekanik parametrelerinde negatif yönde bir değişimin olduğunu göstermektedir. Arkadan gelen tünelin önde yürütülen tünelin etki alanı içerisinde kalması durumunda daha zayıf bir ortamdan geçmesi söz konusu olmaktadır. Bu durum tünel kazılarına bağlı gelişen yüzey oturma şekilleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Genel şekliyle birinci tünelin kazısı sonrası yüzeyde oluşan oturma teknesi en kesiti Gauss Eğrisi ile tanımlanmaktadır. İkinci tünelin kazısından sonra bu teknenin şekli, eğrinin birinci tünele yakın olan tarafı ile ikinci tünele yakın olan tarafı üzerinde farklılaşarak asimetric bir hal almaktadır. Bu sonuç, tünellerin yüzeyde oluşturdukları etki alanlarının birinci ve ikinci tüneller için farklı bölgeleri etkilediğini göstermektedir.

Art arda, aynı kotta açılan, yatayda birbirine yakın tünel kazıları sırasında, önde ilerletilen kazının jeolojik ortamda geçerli sınır koşullarında kötüleşmeye neden olduğu, dolayısıyla arkadan gelen ikinci tünelin önde ilerletilen tünelin örselenmiş olduğu ortamlarla etkileştiği belirlenmiştir (Mahmutoğlu, 2011; Wang vd., 2018). Bu nedenle, birinci tüpün oluşturduğu maksimum yüzey oturmasının, aynı çap ve kazı geometrisine sahip ikinci tüpün geçişi sonrasında arttığı ve oturma teknesinin ikinci tünelin üzerine doğru asimetric olarak kaydığı görülmüştür. Araştırma bulguları maksimum oturmanın ikinci tünelin üzerinde geliştiğini, oturma teknesinin ise kayda değer oranda büyüdüğünü ortaya koymuştur. Martos (1958), maden kazılarına bağlı gelişen yüzey

deformasyonlarının oturma şeklinin Gauss Eğrisi (normal dağılım) ile tanımlanabileceğini önermiştir. Schmidt ve Peck (1969)'da aynı şeklin tek tüpten oluşan tünel kazıları üzerinde oluşabileceğini belirtmiştir. O'Reilly ve New (1982) Gauss modelini geliştirerek tek tüplü tünel kazılarına bağlı gelişen yüzey oturma profilinin Şekil 1'de gösterilen biçimde gelişeceğini belirtmiş, oturma (S) miktarının kestirimi için Eşitlik 1'de verilen bağıntıyı önermiştir. Eşitlikte, S_{max} maksimum yüzey oturmasına, x yataydaki mesafeye, i oturma eğrisi dönüm noktasına karşılık gelmektedir.

$$S = S_{max} \cdot e^{-\left(\frac{x^2}{2i^2}\right)} \quad (1)$$

Burada; $i = K \cdot Z_0$ oturma eğrisinin dönüm noktası, K ise zemin türüne ve özelliklerine bağlı oturma teknesi genişlik parametresi olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle projelendirmede yeraltı kazılarının yüzeyde etkileyeceği alanın genişliğinin önceden kestirilmesi açısından K parametresinin doğru seçilmesi önem

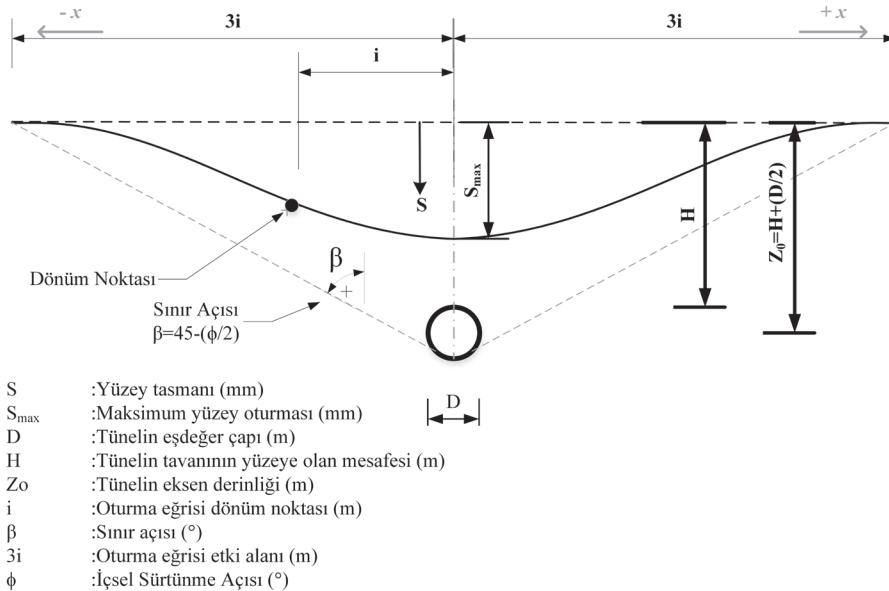
kazanmaktadır. Çizelge 1'de önceki çalışmalarda farklı zemin türleri için önerilmiş olan K değerleri belirtilmiştir.

Çizelge 1. Farklı zemin türleri için önerilen K parametresi değerleri.

Table 1. K values proposed by previous researchers for different ground types.

| Zemin Türü | K | Kaynak |
|----------------------------------|-----------------------------|---|
| Katı Killer | 0.4 | O'Reilly ve New, 1982 |
| Kumlu Katı Killer | 0.38- 0,51 (0.82- 0.86)* | Mahmutoğlu, 2011 |
| Yumuşak Siltli Killer | 0.7 | Glossop, 1978 |
| Kil ve Granüler Karışık Zeminler | 0.2-0.3 | Rankin, 1988 |
| Bütün Zeminler Ortalama | 0.5 | O'Reilly ve New, 1982, Glossop, 1978 |

* İkinci tüpün geçişinden sonra elde edilen değer



Şekil 1. Yeraltı kazılarına bağlı gelişen enine oturma teknesine ait tanımlamalar.

Figure 1. Definitions of the settlement trough induced by underground excavations.

Peck (1969)'in önerisine göre eğer iki tünel birbirine komşu olarak kazılırsa, ilk tünelin inşası sırasında meydana gelen gerilme boşalmasından dolayı, ikinci tünelin inşası aşamasında, ikinci tünelin kazısı sonucu yaratılan boşluğa doğru zemin hareketi daha büyük bir oranda gerçekleşmesi beklenir.

İkiz tünel kazılarına bağlı gelişen yüzey deformasyonlarının kestirimi çoğunlukla, iki ayrı tünelin (birinci ve ikinci tünel) yüzeyde oluşturduğu deformasyonların üst üste getirilerek hesaplanması üzerine kurgulanmıştır. Eşitlik 2 ve 3'te O'Reilly ve New (1982) ve Arioğlu (1992)'un ikiz tünel kazıları sonucu oluşan yüzey oturmalarının tahmini için geliştirdikleri yaklaşımlar sırasıyla belirtilmiştir. Bunlara ek olarak Herzog (1985); Fang vd. (1994); Addenbrooke ve Potts (2001); Hunt (2005); Chakeri ve Ünver (2013); Ağbay ve Topal (2020) tarafından da ikiz tünel kazılarına bağlı gelişen yüzey deformasyonlarının kestirimi çalışılmıştır.

$$S = S_{max} \left[\exp\left(\frac{-x_A^2}{2i^2}\right) + \exp\left(\frac{-(x_A - d)^2}{2i^2}\right) \right] \quad (2)$$

$$S_{max} = 4.71(\gamma_n Z_0 + \sigma_s) \left(\frac{D^2}{(3i + a)E} \right) \quad (3)$$

Çalışma kapsamında İstanbul'un Avrupa yakasında kazısı gerçekleştirilmiş olan Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro Hattı üzerinde bulunan dört, Ataköy-İkitelli Metro Hattı üzerinde ise iki farklı lokasyonda kazı sürecini takip amacıyla ölçülen yüzey deformasyonu izleme verileri değerlendirilmiştir.

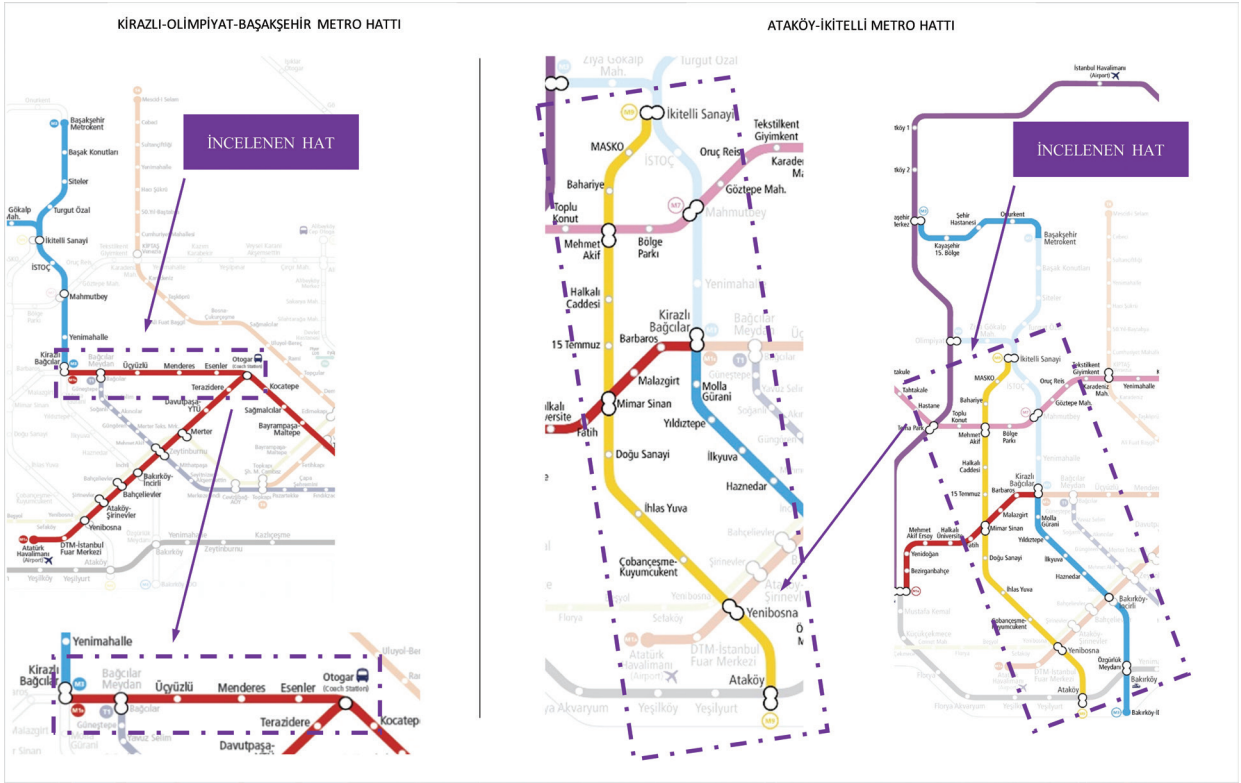
İNCELEMAYA KONU METRO HATLARI

Metro Hatlarının Konumu ve Değerlendirilen İzleme Kesitleri

Çalışma kapsamında, İstanbul ili içerisinde inşası gerçekleştirilmiş ve gerçekleştirilmekte olan Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro Hattı (km 0+900.00-1+000.00, km 1+850.00-1+900.00, km 4+360.00-4+470.00 ve km 9+800.00-9+740.00) ve Ataköy-İkitelli Metro Hattı (km 8+760.00-8+860.00, km 9+740.00-9+800.00)'na ait yüzey deformasyonu izleme verileri değerlendirilmiştir (Şekil 2).

Bu lokasyonlar, İstanbul ilinin Avrupa yakasında, nüfus yoğunluğu fazla olan semtlere ulaşımı sağlayan hatlara karşılık gelmektedir. Bu bölgelerin araştırma için seçilmelerindeki temel neden, bölgelerde zayıf zemin şartlarının geçerli olması ve sığ tünel kazılarının neden olacağı yüzey deformasyonlarının kentsel alanda hasar riski oluşturmasıdır.

Kazılar sırasında oluşan olumsuz etkileşim, özellikle zayıf zemin koşulları ve sığ tünelcilik faaliyetlerinin gerçekleştirildiği Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro hattında karşılaşılmıştır. Şekil 3'te bu hattın farklı lokasyonlarında karşılaşılan yüzey deformasyonlarının neden olduğu hasarlardan bazıları örnek olarak gösterilmiştir. Bu metro hattında özellikle kazıların sığ olduğu dört lokasyonda (km 0+900.00 - 1+000.00, km 1+850.00 - 1+900.00, km 4+360.00 - 4+470.00 ve km 9+800.00 - 9+740.00) izin verilebilir oturma miktarları (< 25 mm) aşılmıştır. Yer yer 100 mm'yi aşan oturmalarla karşılaşılmış, oluşan hasarlar proje maliyetinde kayda değer oranda artışa neden olmuştur.



Şekil 2. Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir ve Ataköy-İkitelli Metro Hat güzergahları.

Figure 2. Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir and Ataköy-İkitelli Metro Line routes.

Jeolojik-Jeoteknik Özellikler ve Tünel Açım Yöntemi

İncelenen hatların plandaki konumları, ölçüm kesitleri ve bu bölgede açılan sondajların logları Şekil 4 ve Şekil 5'te belirtilmiştir.

İstanbul'un batı kesiminin büyük bir bölümü, kumtaşı, siltaşı ve şeyl ardalanmasından oluşan ve konglomera katmanları içeren Alt Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu ile kaplıdır. Formasyon içerisinde farklı kalınlıklarda andezit dayklar yaygındır. Avrupa yakasının güney kesimindeki, metro hatlarının geçtiği güzergahın temelini, marn, kil ve bazı zayıf çamurtaşları ile kalın tabakalı kalkerlerden oluşan Kırklareli Formasyonu oluşturmaktadır. Kırklareli Formasyonu, uyumsuz olarak, dayanımı düşük

kayalardan oluşan yeterince pekişmemiş Miyosen yaşlı Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy üyelerinden oluşan Çekmece Grubu yer alır (Aric, 1955). İncelenen hatlarda tünel kazıları genellikle Miyosen yaşlı birimler içerisinde açılmıştır.

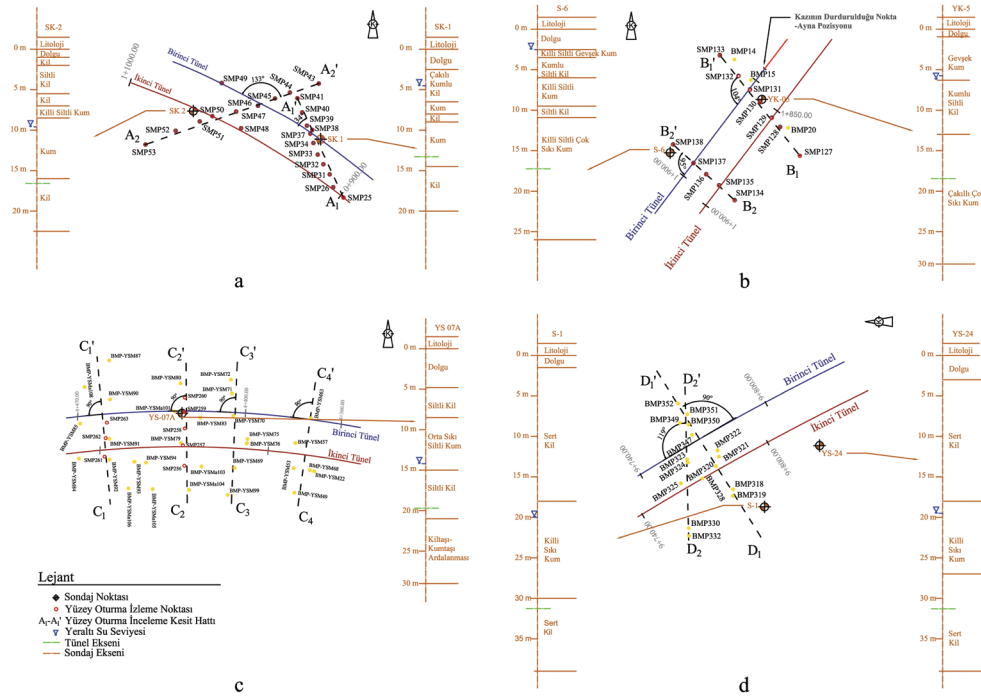
Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro hattının incelenen kesitlerinde, tünel kazıları çapı 6.5 m olan Herrenknecht ve Lovat marka EPB tip TBM makineleri ile gerçekleştirilmiştir. Ataköy-İkitelli Metro hattının incelenen kesitlerinde, tünel kazıları Tünel kazı çapı 6.57 m olan Herrenknecht marka EPB tip TBM makineleri ile gerçekleştirilmiştir. İncelenen bölgelerin jeoteknik özellikleri Çizelge 2'de belirtilmiştir.



Şekil 3. Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro hattındaki ikiz tünel kazılarının yüzeye ulaşan etkileri.

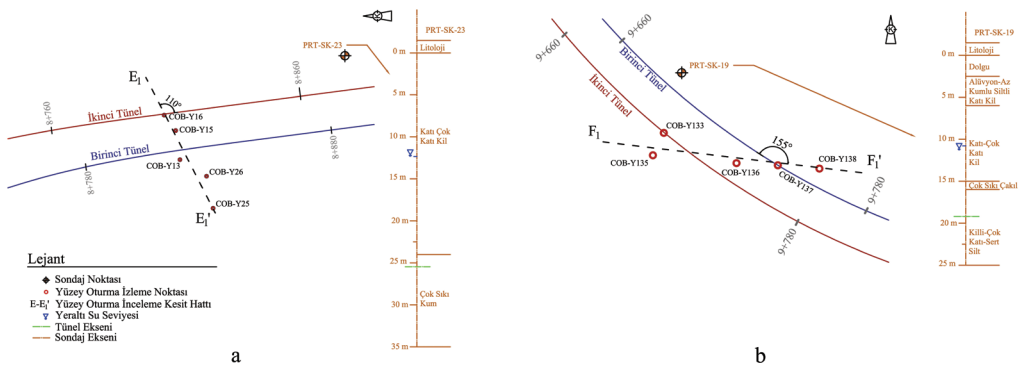
Figure 3. Typical hazards caused by twin tunnel excavations along the Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro line.

Topal, Mahmutoğlu



Şekil 4. Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro Hattı incelenen kesitler ve sondaj logları ((a) km 0+900.00-1+000.00, (b) km 1+850.00-1+900.00, (c) km 4+360.00-4+470.00 ve (d) km 9+800.00-9+740.00).

Figure 4. Borehole logs and cross-sections of Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro Line ((a) km 0+900.00-1+000.00, (b) km 1+850.00-1+900.00, (c) km 4+360.00-4+470.00 and (d) km 9+800.00-9+740.00).



Şekil 5. Ataköy-İkitelli Metro Hattı incelenen kesitler ve sondaj logları ((a) km 8+760.00-8+860.00, (b) km 9+740.00-9+800.00).

Figure 5. Borehole logs and cross-sections of Ataköy-İkitelli Metro Line ((a) km 8+760.00-8+860.00, (b) km 9+740.00-9+800.00).

Çizelge 2. Tünel eksenleri arası mesafe (x), aks derinlikleri (Z_0), yeraltı su seviyeleri (Y_{ASS}) ve incelenen kesitlerin detay tanımlamaları.
Table 2. Distance between tunnel axes (x), axis depths (Z_0), groundwater levels (Y_{ASS}) and detailed descriptions of the monitoring arrays.

| Lokasyon | Hat | | Litoloji | Açıklama |
|--|--------------------------|-------------|--|---|
| | Başlangıçta Olan Uzaklık | Kesit Hattı | | |
| Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro Hattı | km 0+900 - km 1+000 | A_1A_1' | Killi Siltli Kum | Bölgede gerçekleştirilen kazılarda, kazı emniyeti açısından birinci tünel, ikinci tünelin yaklaşık 80 m önünde iletilemiştir. Değerlendirilen en kesitlerden önce birinci tünel, yaklaşık 40 gün sonra ise ikinci tünel geçirilmiştir. Bu bölge, Erçelebi vd. (2011) tarafından da sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak incelenmiştir. |
| | | A_2A_2' | | |
| | km 1+850 - km 1+900 | B_1B_1' | Kum-Kumlu Siltli Sert Kil | Anahat tünelin sağ derinliklerden geçtiği bu kesimde, ($Z_0/D \approx 2.8$) aşırı oturmalarla karşılaşmıştır. Bu bölgede birinci tünel üzerindeki oluşan göçük nedeniyle tünel kazısı durdurulmuş ve ikinci tünel kazısına devam edilmiştir. Bu sebepten dolayı, izleme verileri analizinin sonucu tek tünel kazısı için değerlendirilmiştir. |
| | | B_2B_2' | | |
| Ataköy İkitelli Metro Hattı | km 4+360 - km 4+470 | C_1C_1' | | Hattın bu kesiminden (km 4+300.00 - km 4+500.00) eski ve küçük bir akarsu yatağı geçmektedir. Bölgede gerçekleştirilen tünelcilik faaliyetleri neticesinde, projede öngörülen maksimum oturma değerinin (İşveren teknik şartnamelerine göre kabul edilebilir limit değer <25 mm) çok üzerinde yüzey oturmaları ile karşılaşmıştır. Oturma bağımlı hasarları sınırlandırmak için inceleme bölgesinde derinliği 15-25 m arasında değişen 248 adet zemin iyileştirme amaçlı enjeksiyonu sondajı açılmıştır. Bu sondajlarda su/çimento oranı 1 olan çimento enjeksiyonu 2 barlık basınç altında uygulanmış olup, iki aya yakın zaman alan uygulamada toplam 135.2 ton çimento kullanılmıştır (Güven, 2008). |
| | | C_2C_2' | | |
| | km 9+740 - km 9+800 | C_3C_3' | Kil-Sıkkı Siltli Kum | Bölgede gerçekleştirilen tünelcilik faaliyetlerinde birinci tünelin kazısında kullanılan makine ikinci tünelin aynasının yaklaşık 70 m önünde iletilemiştir. Tünelin aynı kesit hattından geçişleri arasında yaklaşık 12 günlük bir fark bulunmaktadır. Bu alanda tünel kazısı sonrası gelişen yüzey oturmaları Demir (2018) tarafından da değerlendirilmiş ve D1-D1' kesiti için, birinci ve ikinci tünel için K parametreleri sırasıyla 0.29 ve 0.50 olarak belirtilmiştir. |
| | | C_4C_4' | | Yüzey oturma bulonları uygun alanlar seçilerek tesis edilmiş olduğundan incelenen kesit ile tünel güzergâhları arasında açılacak farklılıklar oluşmuştur. E1-E1' kesiti tünel hattını 110 derecelik açıyla kesmektedir. İnceleme bölgesinden önce birinci tünel, yaklaşık 46 gün sonra ise ikinci tünel geçmiştir. |
| Ataköy İkitelli Metro Hattı | km 8+760 - km 8+860 | D_1D_1' | Sıkkı Killi Sıkkı Kum | Yüzey oturma bulonları uygun alanlar seçilerek tesis edilmiş olduğundan incelenen kesitler ile tünel güzergâhları arasında açılacak farklılıklar oluşmuştur. F1-F1' kesiti tünel hattını 155 derecelik açıyla kesmektedir. İnceleme bölgesinden önce birinci tünel, yaklaşık 20 gün sonra ise ikinci tünel geçmiştir. |
| | | D_2D_2' | Katı-Çok Katı Kil | |
| Ataköy İkitelli Metro Hattı | km 9+740 - km 9+800 | E_1-E_1' | Katı-Çok Katı Kil | Yüzey oturma bulonları uygun alanlar seçilerek tesis edilmiş olduğundan incelenen kesitler ile tünel güzergâhları arasında açılacak farklılıklar oluşmuştur. F1-F1' kesiti tünel hattını 155 derecelik açıyla kesmektedir. İnceleme bölgesinden önce birinci tünel, yaklaşık 20 gün sonra ise ikinci tünel geçmiştir. |
| | | F_1-F_1' | Katı-Çok Katı Kil, Az Kumlu Siltli Kil | |

Topal, Mahmutoğlu

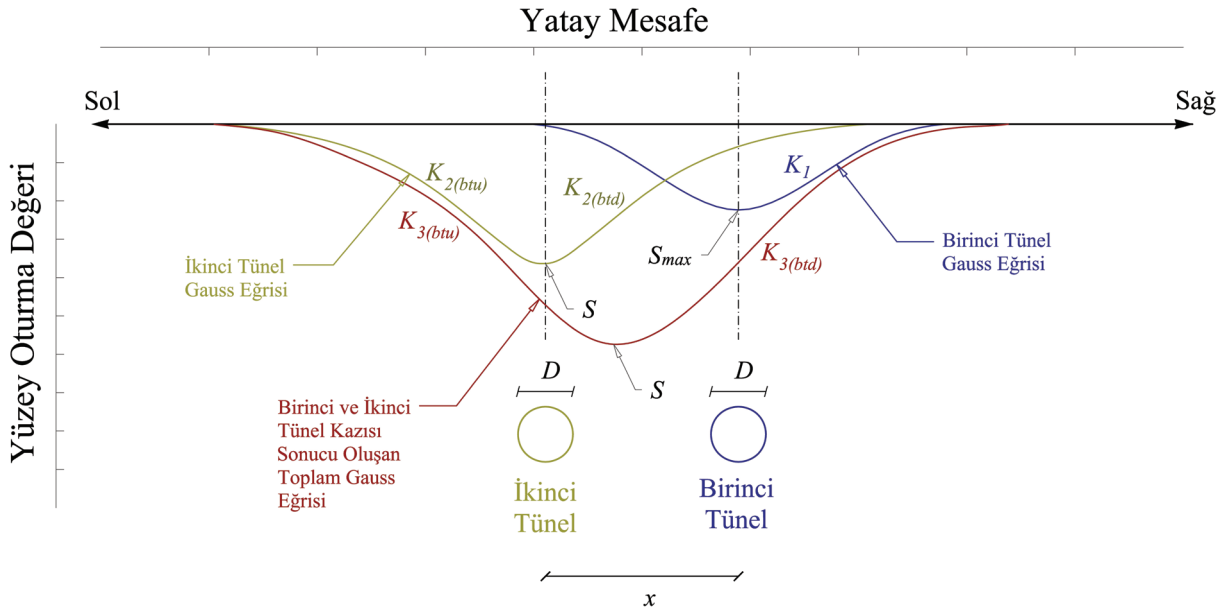
Çizelge 3. Gerçek saha verilerinden elde edilen yüzey oturma eğrisi (i) dönüm noktası ve yer malzemesi (K) parametrelerinin karşılaştırması.

Table 3. Values of the inflection point (i) and dimensionless trough width parameter (K) obtained for the monitoring arrays

| Lokasyon | Hat | Başlangıcına Olan Uzaklık | Örtü Tabakası | KH | YASS (m) | x (m) | Z ₀ (m) | Z ₀ /D | Sadece Birinci Tünel | | | Sadece İkinci Tünel | | | İki Tünel Toplam | | |
|--|----------------|---------------------------|-----------------------------------|-------|----------|-------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| | | | | | | | | | i ₁ (m) | K ₁ | i _{2(bud)} (m) | K _{2(bud)} | i _{2(bud)} (m) | K _{2(bud)} | i _{3(bud)} (m) | K _{3(bud)} | i _{3(bud)} (m) |
| Kirazlı-Olimpiyat-Başakşehir Metro Hattı | Km 0+900-1+000 | Killi Siltli Kum | A ₁ -A ₁ ' | -4.5 | 14.3 | 14.5 | 2.23 | 5.38 | 0.371 | 11.54 | -1 | 0.796 | -1 | 12.00 | -1 | 0.828 | -1 |
| | | | A ₂ '-A ₂ ' | -9.5 | 14.3 | 16.6 | 2.55 | 7.69 | 0.463 | 10.00 | 6.92 | 0.602 | 0.417 | 14.62 | 10.46 | 0.880 | 0.630 |
| | Km 1+850-1+900 | Kum-Kumlu Siltli Sert Kil | B ₁ -B ₁ ' | -5.8 | 14.8 | 17.3 | 2.66 | 8.46 | 0.489 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| | | | B ₂ -B ₂ ' | -2.5 | 14.8 | 17.3 | 2.66 | 9.23 | 0.534 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| | Km 4+360-4+470 | Kil-Sıkı Siltli Kum | C ₁ -C ₁ ' | -14.2 | 14.8 | 20.8 | 3.20 | 11.54 | 0.555 | 10.77 | 10.40 | 0.518 | 0.500 | 19.69 | 11.08 | 0.947 | 0.533 |
| | | | C ₂ -C ₂ ' | -14.2 | 14.8 | 20.2 | 3.11 | 10.77 | 0.533 | 10.00 | 9.23 | 0.495 | 0.457 | 19.23 | 10.15 | 0.952 | 0.503 |
| | | | C ₃ -C ₃ ' | -14.2 | 14.8 | 20.0 | 3.08 | 10.77 | 0.538 | 10.00 | 8.92 | 0.500 | 0.446 | 18.31 | 9.69 | 0.915 | 0.485 |
| | | | C ₄ -C ₄ ' | -14.2 | 14.8 | 19.4 | 2.98 | 10.77 | 0.555 | 9.23 | 8.77 | 0.476 | 0.452 | 17.69 | 8.92 | 0.912 | 0.460 |
| | Km 9+800-9+740 | Sıkı Kil-Killi Sıkı Kum | D ₁ -D ₁ ' | -20.0 | 15.0 | 31.3 | 4.82 | 7.69 | 0.246 | 8.46 | 8.46 | 0.270 | 0.270 | 13.85 | 11.54 | 0.442 | 0.369 |
| | | | D ₂ -D ₂ ' | -20.0 | 15.0 | 31.3 | 4.82 | 6.92 | 0.221 | 9.23 | 7.69 | 0.295 | 0.246 | 14.62 | 12.31 | 0.467 | 0.393 |
| | | | E ₁ -E ₁ ' | -12.3 | 15.0 | 25.4 | 3.91 | 16.62 | 0.654 | 11.54 | -1 | 0.454 | -1 | 21.54 | -1 | 0.848 | -1 |
| | | | F ₁ -F ₁ ' | -10.8 | 15.7 | 19.2 | 2.95 | 9.23 | 0.481 | 9.54 | 8.46 | 0.497 | 0.441 | 17.23 | 10.00 | 0.897 | 0.521 |
| Ataköy İkitelli Metro Hattı | Km 8+760-8+860 | Katu-Çok Katı Kil | E ₁ -E ₁ ' | -12.3 | 15.0 | 25.4 | 3.91 | 16.62 | 0.654 | 11.54 | -1 | 0.454 | -1 | 21.54 | -1 | 0.848 | -1 |
| F ₁ -F ₁ ' | | | -10.8 | 15.7 | 19.2 | 2.95 | 9.23 | 0.481 | 9.54 | 8.46 | 0.497 | 0.441 | 17.23 | 10.00 | 0.897 | 0.521 | |

¹ Bu kesimde yüzey oturma noktalarının yerleşimine uygun lokasyonlar bulunmaması nedeniyle Gauss eğrisi elde edilememiştir² Bu lokasyonda sadece tek tünel ilerletilmiştiri = KZ₀

Tünel Kazı Çapı (D) = 6.5 m



Şekil 6. Tünel kazılarına bağlı değişen Gauss eğrilerinin şematik gösterimi.

Figure 6. Schematic representation of varying Gaussian curves induced by tunnel excavations.

İZLEME VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İzleme verileri aşağıda belirtilen adımlar izlenerek değerlendirilmiştir.

1. Projede izin verilebilir oturmaların aşıldığı veya kritik değerlere ulaştığı bölgeler seçilmiş, izleme noktalarının konumları (SMP, BMP vb.) mevcut planlar üzerinde gösterilmiştir.
2. Bu planlar göz önünde tutularak analiz edilecek kritik en kesitler belirlenmiştir.
3. Kritik en kesitler üzerindeki oturmalar, birinci ve ikinci tünellere karşılık gelen kazılar dikkate alınarak zamana bağlı olarak ilişkilendirilmiştir.
4. Oluşturulan en kesitler üzerinde, birinci ve ikinci tünelin geçişi sırasında oluşan oturma teknesi (Gauss eğrisi), izleme verilerinden hareketle belirlenmiş ve değerlendirilmiştir (Şekil 6).
5. Birinci ve ikinci tünellerin geçişleri sonrası oluşan enine oturma eğrisi dönüm noktaları, $i=KZ_0$ (O'Reilly ve New, 1982) eşitliğinden hareketle aşağıda belirtilen adımlar izlenerek belirlenmiştir.
 - a. Birinci tünelle kazılması sonrası oluşan yüzey oturma eğrisi, Eşitlik 2.1'den elde edilen Gauss eğrisi ile karşılaştırılarak ilk tünelle için oturma eğrisi dönme noktası (i_1) ve oturma teknesi genişlik parametresi (K_1) değerleri belirlenmiştir.
 - b. Sadece ikinci tünelin kazılması sonucu oluşan oturma eğrisinin analizi için, iki tünelin kazılması neticesinde oluşan toplam oturma eğrilerinden birinci tünelin oluşturduğu oturma miktarları çıkarılarak ikinci tünelin tek başına oluşturduğu oturma eğrisi bulunmuştur. Elde edilen oturma teknesi şeklinin sağ ve sol kanatlarında asimetrik bir yapı olduğu görülmüştür. Bu aşamada ikinci tünelin neden olduğu oturma

eğrisi dönme noktası (i_2) ve tekne genişlik parametresi (K_2) değerlerinin bulunması için, Eşitlik 2.1 ile elde edilen Gauss eğrisi, sağ ve sol kanatlar için ayrı ayrı oluşturularak ikinci tünelin oluşturduğu oturma profili ile karşılaştırılmıştır.

- c. İki tünelin toplam oturması sonucu oluşan nihai i_3 ve K_3 değerleri ise oluşan eğrilerin sağ ve sol kanatları ayrı ayrı teorik Gauss eğrileri ile karşılaştırılarak belirlenmiştir.

Belirlenen enine oturma teknesi dönüm noktası (i) ve zemin türünü temsil eden K parametrelerinin aldığı değerler Çizelge 3'te topluca verilmiştir.

Şekil 7 üzerinde D_1-D_1' ve D_2-D_2' kesitlerinden elde edilen sonuçlar kapsam dışı tutularak K ve Z_0/D değerlerinin tünel kazılarının farklı kademeleri için karşılaştırılmıştır. Oturma teknesi en kesitleri incelendiğinde, $K_{2(btd)}$ ve K_1 arasındaki oranın, kazı derinliği arttıkça azaldığı, Z_0/D 'nin 4'e yaklaştığı yerlerde bu oranın 0.69'a düştüğü, sığ derinliklerde ise bu oranın arttığı gözlenmektedir (Şekil 7a). Bu durum, sığ derinliklerde ikiz tünel kazılarının birbirleri üzerindeki etkisinin daha belirgin olduğu göstermektedir.

Şekil 7b, Çizelge 3 ile birlikte göz önünde tutulduğunda, sadece ikinci tünellerin neden olduğu oturma teknesi en kesitine ait $K_{2(btu)}$ ve $K_{2(btd)}$ değerlerinde asimetric bir farklılaşma olduğu görülmektedir. $K_{2(btd)}$ için elde edilen en büyük değer 0.8 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, Z_0/D oranının 3.5'e yaklaştığı artan derinlik ile kademeli olarak $K_{2(btu)}$ 'ye yaklaşarak 0.45 düzeylerine düştüğü anlaşılmıştır.

Şekil 7c üzerinde, birinci ve ikinci tünellerin geçişi sonrası oluşan toplam oturma profillerinden elde edilen K_3 değerleri ile sadece

tek tünelin kazısına karşılık gelen K_1 değerleri Z_0/D oranı göz önüne alınarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma neticesinde ikinci tünel kazılarına bağlı olarak gelişen oturma eğrilerinin kanatlarında asimetriye bağlı farklılaşma olduğu anlaşılmaktadır (Topal ve Mahmutoğlu 2021; Topal, 2021).

SONUÇ VE ÖNERİLER

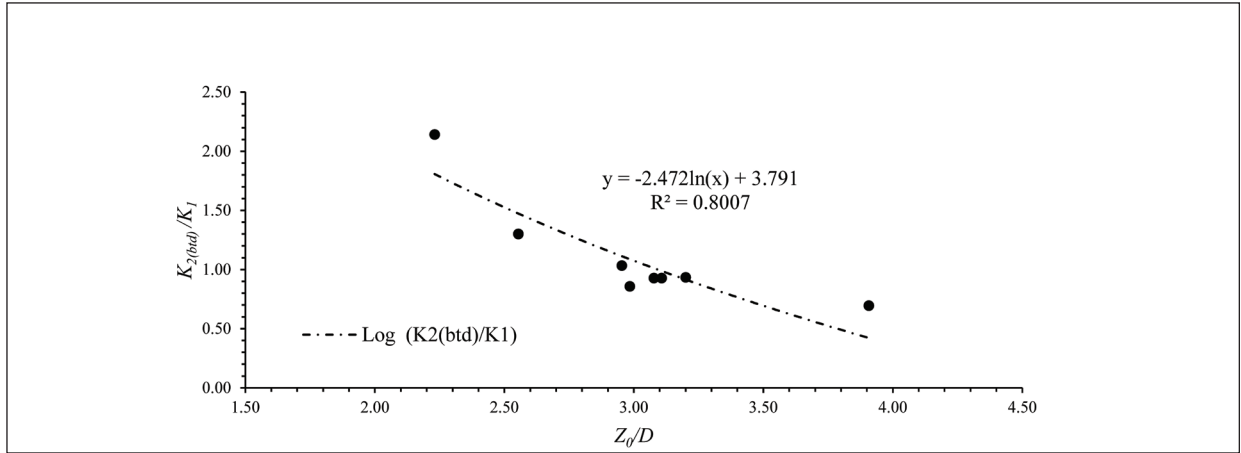
Ortaya konan sonuçlar, teorik olarak birbirine yakın, sığ ve zayıf ortamlarda aynı kotta açılan çoklu kazıların etkilediği alanların kısmen de olsa çakıştığını göstermektedir. İkinci tünelin yüzeyde etkilediği alanın büyümesi, önde ilerletilen tünelin neden olduğu örselenmeyle ilişkili olumsuz bir durum olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle, kent içi yeraltı kazılarının tasarımı, hasar riski taşıyan etkileme bölgelerinin tanımlanması ve izleme ağının oluşturulmasında bu sonucun göz önünde tutulmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Konvansiyonel ve mekanize tünel açma yöntemlerinde, jeolojik ortamda meydana gelen deformasyonların minimize edilebilmesi amacıyla kazı boşluğu kontrollü bir şekilde oluşturulmalı ve desteklenmelidir.

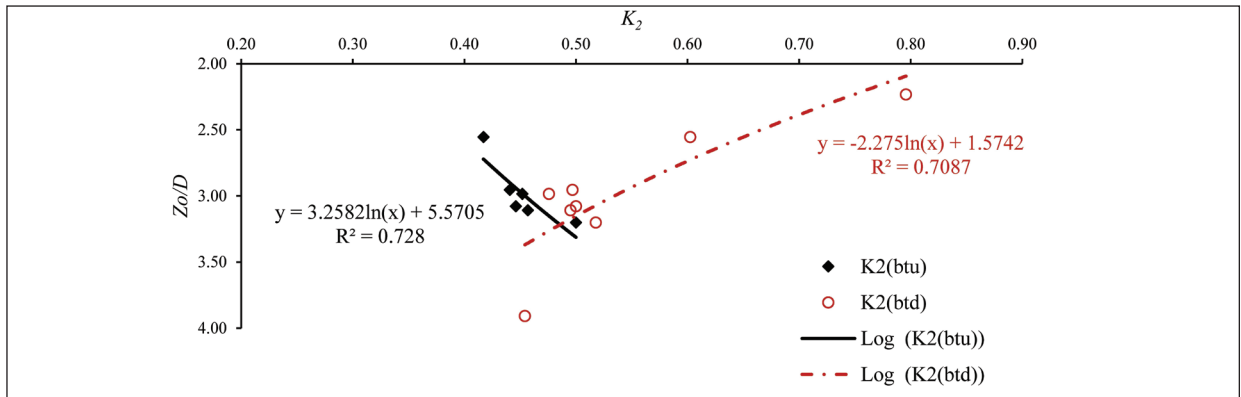
Kazı ve destek çalışmaları sırasında aşağıda belirtilen hususların dikkatli bir şekilde yönetilmemesi durumunda kazı açıklığı çevresinde oluşan deformasyonların artarak yüzeye yansıtacağı ve bu durumda proje emniyeti, süresi, bütçesi üzerinde olumsuz etkilerin oluşacağı görülmüştür.

Deformasyon kontrolü açısından öne çıkarılması gerekli hususlar;

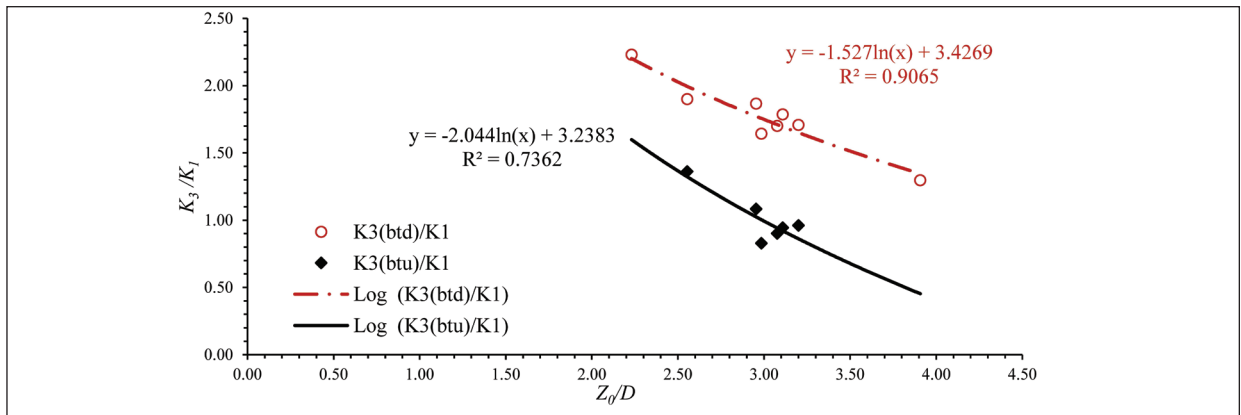
- 1) Proje güzergahının jeolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik sınır koşulları dizayn aşamasından önce ayrıntılı şekilde araştırılmalıdır.



a



b



c

Şekil 7. K ve Z_0/D değerlerinin tünel kazılarının farklı kademeleri için karşılaştırılması.

Figure 7. Correlation of K values vs Z_0/D , corresponding to various stages of the twin tunnel excavations.

- 2) Jeolojik açıdan riskli bölgeler belirlenmeli ve risk analiz çalışmaları gerçekleştirilmelidir.
- 3) Risk analizleri dahilinde dizayn çalışmalarına başlanmalıdır.
- 4) Proje güzergahında kritik görülen yapılara hangi tür deformasyon izleme cihazlarının kaçar adet yerleştirileceği belirlenmelidir.
- 5) Proje uygulama aşamasında, tünel içi jeolojik izleme çalışmaları sürekli ve uzmanlar kontrolünde gerçekleştirilmelidir.
- 6) Tünel içi ve yüzey deformasyon izleme ağı ve izleme programları saha şartlarına ve risk analizlerine uygun olarak proje süresince modifiye edilmeli ve sistem bütünlüğü korunmalıdır.

KAYNAKLAR

- Addenbrooke, T. I., Potts, D.M., 2001. Twin tunnel interaction: surface and subsurface effects. *International Journal of Geomechanics*, 1(2), 249–271.
- Ağbay, E., Topal, T., 2020. Evaluation of twin tunnel-induced surface ground deformation by empirical and numerical analyses (NATM part of Eurasia tunnel, Turkey). *Computers and Geotechnics*, 119, 103367.
- Ariç, C., 1955. Haliç-Küçükçekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi. (Doktora Tezi), İ.T.Ü Maden Fakültesi, İstanbul, 45 s.
- Arioglu, E., 1992. Surface movements due to tunnelling activities in urban areas and minimization of building damages. short course, Istanbul Technical University, Mining Engineering Department (in Turkish).
- Chakeri, H., Ünver, B., 2013. A new equation for estimating the maximum surface settlement above tunnels excavated in soft ground. *Environmental Earth Sciences*, 71, 3195–3210. DOI 10.1007/s12665-013-2707-2.
- Demir, S., 2018. İstanbul Metrosu Kirazlı-İkitelli Arasında İkiz Tünel Kazılarına Bağlı Oluşan Yüzey Oturmalarının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Ercelebi, S. G., Copur, H., Ocak, I., 2011. Surface settlement predictions for Istanbul Metro tunnels excavated by EPB-TBM. *Environmental Earth Sciences*, 62(2). <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0530-6>.
- Fang, Y. S., Lin, J. S., Su, C. S., 1994. An estimation of ground settlement due to shield tunnelling by the Peck-Fujita method. *Canadian Geotechnical Journal*, 31(3), <https://doi.org/10.1139/t94-050>.
- Glossop, N.H., 1978. Soil Deformation Caused by Soft Ground Tunneling, PhD Thesis, University of Durham.
- Güven, G., 2008. İstanbul Metrosu Otogar-Kirazlı-1 Arasının Mühendislik Jeolojisi ve Tünel Kazılarına Bağlı Oluşan Deformasyonların Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Herzog, M., 1985. Die Setzungsmulde über saicht liegenden Tunneln. *Bautechnik (Berlin)*, 62(11), 375–377.
- Hunt, D., 2005. Predicting the ground movements above twin tunnels constructed in London Clay (Doctoral dissertation, University of Birmingham).
- Mahmutoğlu, Y., 2011. Surface subsidence induced by twin subway tunneling in soft ground conditions in Istanbul. *Bulletin of Engineering Geological Environment*, 70, 115–131, DOI 10.1007/s10064-010-0289-8.
- Martos, F., 1958. Concerning an approximate equation of the subsidence trough and its time factors. In: *International Strata Control Congress, Leipzig. Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Section für Bergbau. Berlin*, 191–205.
- O'Reilly, M. P., New, B. M., 1982. Settlements above tunnels in the UK—Their magnitude and prediction. *Proc., Tunnelling'82, IMM, London*, 173–181.

- Peck, R. B., 1969. Deep Excavations and Tunneling in Soft Ground. 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 7(3).
- Rankin, W. J., 1998. Ground Movements Resulting from Urban Tunneling: Prediction and Effects. Engineering Geology of Underground Movements, Eds (F G Ball ve Ark.) Geological Society Publication, No.5.
- Schmidt, B., 1969. Settlements and ground movements associated with tunnelling in soil. PhD Thesis.
- Topal, C., Mahmutoğlu, Y., 2021. Assessment of surface settlement induced by tunnel excavations for the Esenler-Başakşehir (Istanbul, Turkey) Subway Line. Environmental Earth Sciences, 80(5), 1–16, <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09509-6>.
- Topal, C., 2021. Prediction of the Surface Deformations Induced By Shallow and Multiple Underground Excavations (Istanbul Subway) In Weak Geological Environments. Phd Thesis (in Turkish), Istanbul Technical University, Graduate School, Istanbul, Turkey.
- Wang, Z., Yao, W., Cai, Y., Xu, B., Fu, Y., Wei, G., 2018. Analysis of ground surface settlement induced by the construction of a large diameter shallow-buried twin-tunnel in soft ground Tunnelling and Underground Space Technology.



Araştırma Makalesi / Research Article

Enerji Nakil Hattını Etkileyen Çevreli Köyü (Mersin) Heyelanının İncelenmesi ve İyileştirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

*Investigation of Çevreli Village (Mersin) Landslide Affecting the Energy Transmission Line and
Evaluation of Stabilization Methods*

Ahmet ORHAN 

Nevşehir HBV Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Nevşehir

Geliş (Received): 06 Haziran (June) 2022 / Düzeltme (Revised): 20 Haziran (June) 2022 / Kabul (Accepted): 24 Haziran (June) 2022

ÖZ

Çalışmanın amacı Mersin ili, Tarsus İlçesi Çevreli Köyü'nde yer alan Kadıncık II HES'e ait 2 nolu elektrik direğini etkileyen heyelanın incelenmesi ve farklı iyileştirme yöntemlerinin karşılaştırmalı analizini gerçekleştirmektir. İnceleme sahasında ağırlıklı olarak kıltaşı, kıltaşı-siltaşı ve marn arakatkılı Güvenç formasyonu gözlenirken, üst kotlarda Kuzgun formasyonu'na ait çamurtaşı-kıltaşı arakatkılı konglomera, çakıllı kumtaşı ve kaba taneli kumtaşı seviyeleri gözlenmektedir. Söz konusu lokasyonda gerçekleşen duraysızlık sorunu, zamanla genişleyerek enerji nakil hattını içerisine alan büyük bir heyelana dönüşme potansiyeli taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında mevcut heyelan incelenerek yenilme mekanizması ortaya konulmuş ve ayrıca elektrik direğini etkileyecek olası duraysızlıkların engellenmesi için alternatif iyileştirme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu kapsamda inceleme alanında elektrik direği yakın çevresinde mühendislik jeolojisine yönelik sondaj çalışmaları yapılarak laboratuvar analizleri için örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmıştır. Diğer taraftan geriye dönük analizlerle heyelan malzemesinin makaslama dayanım parametreleri belirlenmiştir. Bununla birlikte, mevcut durum ve ıslah önerilerinin suya doygun ve/veya dinamik koşullar altındaki performansları değerlendirilmiştir. Olası kaymaların önlenmesi için kaya dolgu ve fore kazık uygulaması alternatifleri limit denge analizleriyle incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda değerlendirilen iyileştirme yöntemlerinin farklı koşullarda duraylılığı sağlayabileceği ve yüksek maliyete sahip 2 nolu elektrik direğinin risk altında olmayacağı ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Geri Analiz, Heyelan, İyileştirme Önerileri, Kıltaşı, Tarsus

ABSTRACT

The aim of the study is to examine the landslide affecting the electricity pole of Kadıncık II HEPP located in Çevreli Village of Tarsus District of Mersin Province and to perform a comparative analysis of different stabilization methods. While the Güvenç formation with claystone, claystone-siltstone and marl intercalations is observed in the study area, mudstone-claystone intercalated conglomerate, pebbly sandstone and coarse-grained sandstone levels are observed in the Kuzgun formation at the upper elevations. The instability problem in the mentioned location has the potential to expand into a large landslide that encompasses the energy transmission line over time. Within the scope of this study, the existing landslide was examined, and its failure mechanism was revealed, and alternative stabilization methods were developed to prevent possible instabilities that would affect the electricity pole. In this context, drilling studies for engineering geology were carried out in the vicinity of the electricity pole in the study area and disturbed and undisturbed samples were taken for laboratory analysis. On the other hand, shear strength parameters of the failed material were determined by means of back-analyses. Thus, the current situation and the

performance of the stabilization suggestions under saturated and/or dynamic conditions were evaluated. In order to prevent possible failures, alternatives of backfill and bored pile application were investigated by limit equilibrium analysis. As a result of the analyses, it has been revealed that the stabilization methods evaluated can provide stability in different conditions and that the high-cost electricity pole # 2 will not be at risk.

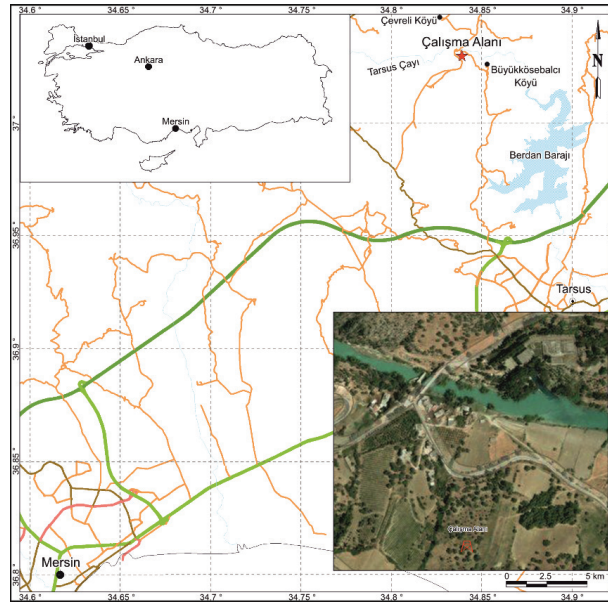
Keywords: Back-Analysis, Landslide, Stabilization Suggestions, Claystone, Tarsus

GİRİŞ

Heyelanlar, diğer doğal afetler arasında daha yaygın olarak karşılaştığımız kütle hareketlerinden biri olup, dönem dönem ciddi can ve mal kayıplarına yol açtığı bilinmektedir. Özellikle yağışlı dönemlerin ardından doğal yamaçlarda veya şevlerde yenilmeler ülkemizde olduğu gibi dünyanın birçok yerinde de yoğun bir şekilde yaşanmaktadır. Birçok uluslararası araştırmacı özellikle yağışların tetiklediği heyelanlar ile ilgili çalışmalar yürütmüşlerdir (Canuti vd., 1985; Finlay et al., 1997; Polemio ve Sdao, 1999). Ülkemizde de yağışların tetiklediği heyelanlar ile ilgili çalışmalar mevcut olup, Barkın (2004) ve Taga vd. (2015)

yapmış oldukları çalışmada benzer litolojik özelliklere sahip yamaç ve şevlerin duraylılığını değerlendirmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında Mersin ili, Tarsus ilçesi Çevreli köyü ile Büyükkösebalcı köyü arasında kalan TEİAŞ'a ait 154 Kw Kadıncık II HES-Akbelen Deltası'nın 2 nolu elektrik direğini etkileyen heyelanın incelenmesi ve farklı iyileştirme yöntemlerinin karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilecektir. İnceleme alanı Mersin ili Tarsus İlçesi Mersin N33-c4 1/25000 ölçekli topografik paftasında yer almakta olup, Mersin il merkezine 40 km, Tarsus ilçe merkezine yaklaşık 15 km mesafede ve Kadıncık II HES'in 1 km güneyinde yer almaktadır (Şekil 1 ve Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

İnceleme alanında ağırlıklı olarak kıltaşı, kıltaşı-siltaşı ve marn ara katkılı Güvenç formasyonu gözlenirken, üst kotlarda Kuzgun formasyonu'na ait çamurtaşı-kıltaşı ara katkılı konglomera, çakıllı kumtaşı ve kaba taneli kumtaşı seviyeleri gözlenmektedir. Güvenç formasyonu'nun suya aşırı doygun ayrılmış üst seviyelerinde çalışma konusunu oluşturan ve 2 nolu enerji nakil hattı direğini tehdit eden dairesel bir kayma gerçekleşmiştir. Bölgede benzer küçük ölçekli dairesel kayma ve akma şeklinde bazı duraysızlıklar da zaman zaman gözlenmektedir. Söz konusu lokasyonda gerçekleşen duraysızlık sorunu, zamanla genişleyerek enerji nakil hattını içerisine alan büyük bir heyelana dönüşme potansiyeli bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında mevcut heyelan incelenerek mekanizması ortaya konulmuş ve ayrıca elektrik direğini etkileyebilecek olası duraysızlıkların engellenmesi için alternatif ıslah yöntemleri geliştirilmiştir.

MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada tamamlanmıştır. Birinci aşamada inceleme alanında elektrik direği yakın çevresinde mühendislikjeolojisine yönelik sondaj çalışmaları yapılmıştır. Derinliği 15-25 m arasında değişen beş adet karotlu sondaj açılarak, laboratuvar analizleri için örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmıştır (Şekil 3). Ulaşım sorunu nedeniyle heyelanın üzerinde sondaj çalışmaları gerçekleştirilememiştir. Laboratuvar deneyleri kapsamında, zemin ve kaya bileşenleri sınıflamaya yönelik sınıflandırma ve indeks deneylerin yanı sıra dayanım deneyleri TS 1500 / TS 1900-1-2/TS EN ISO 17892-1/ASTMD 5731 / ASTM D 2434 –ASTM D5856 standartlarına göre yapılmıştır. Çalışmanın üçüncü aşamasında, heyelanın ve önerilen ıslah uygulamalarının analitik çözümleri, laboratuvar ve arazi verileri temel alınarak yapılmıştır. Böylece mevcut durum ve iyileştirme projelerinin farklı koşullar altındaki performansları incelenmiştir.



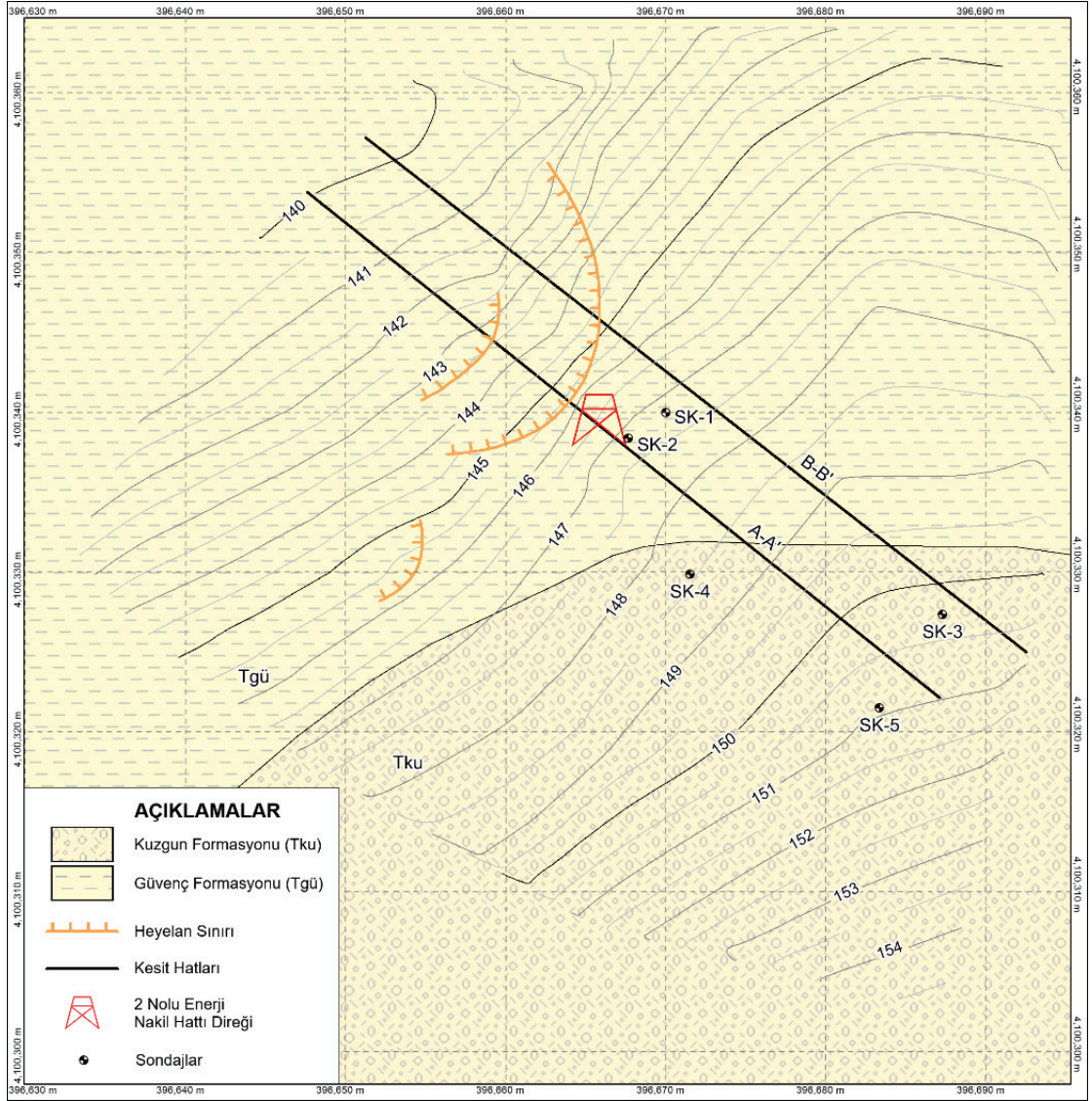
Şekil 2. Çalışma konusunu oluşturan elektrik direğinin genel görünümü.

Figure 2. General view of the studied electricity pole.

İnceleme Alanının Jeolojisi ve Depremsellik Durumu

İnceleme alanında Alt-Orta Miyosen yaşlı Güvenç formasyonu ve Üst Miyosen yaşlı

Kuzgun formasyonu gözlenmekte olup, iki birimin geçişli dokanağı 2 nolu elektrik direğinin hemen üst kotlarından geçmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışma alanı mühendislik jeolojisi haritası.

Figure 3. Engineering geology map of the study area.

Güvenç formasyonu Adana Baseni'nde; silttaşı, kumtaşı ara tabakalı, bol mikro-fauna ile kısmen piritli, % 80-90 oranında mavimsi gri-gri şeyl içeren birim ilk kez Schmidt (1961) tarafından Güvenç şeyli olarak isimlendirilmiş olup, birim daha sonraki araştırmacılar tarafından Güvenç formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim altta Karaisalı Kireçtaşı, üstte ise Kuzgun formasyonu ile yanal ve düşey geçişli olup, birimin kalınlığı konusunda farklı görüşler olmakla birlikte yaklaşık olarak 200 metre olduğu tahmin edilmektedir. Resif önü, sığ–derin deniz ortamlarında çökelen Güvenç formasyonu, tabanda killi kireçtaşı – marnlar ile temsil edilirken, üst seviyeleri daha çok kiltası-siltası ile temsil edilmektedir (Sevimli, 2003). Çok ince tabakalı kiltası-siltası tabakaları sarımsı gri ve yeşilimsi gri renklerle temsil edilmektedir (Şekil 4). Çalışma alanında kiltası-siltası litolojilerinin yoğun olarak gözlemlendiği Güvenç formasyonu üst kesimlerinde derin ayrışma profilleri sergilemektedir. Bu ayrışma zonu içerisinde oluşan dairesel kaymalardan biri incelenen enerji nakil hattı direğini duraylılık açısından olumsuz olarak etkilemektedir.

Kuzgun formasyonu, çalışma alanında elektrik direğinin üst kotlarında (güneyinde) gözlenmekte olup, konglomera tabakaları ile Güvenç formasyonu üzerine gelmektedir. Karasal, sığ denizel ve deltayik sediman aralanmasından oluşan Kuzgun formasyonu ilk kez Schmidt (1961) tarafından adlandırılmıştır. Ünlüenç (1986) birimi tabanda menderesli nehir çökelleriyle başlayıp sığ denizel çökellere geçen Kuzgun üyesi, bunun üzerine Salbaş Tüfü üyesi ve en üstte de yukarı doğru giderek kabalaşan ve başlıca deltayik çökellerden ibaret Memişli üyesi olmak üzere 3 üyeye ayırmıştır. İlgili birimin Güvenç formasyonu üzerinde düşük açılı açısız uyumsuzlukla bulunduğunu belirtmiştir. Çalışma alanında konglomera tabakaları ve kırmızımsı kahverenkli çamurtaşı-kum ara katlı çakıllı kumtaşı ve kaba taneli kumtaşı şeklinde gözlenmektedir (Şekil 5). Güvenç formasyonu içerisinde gözlenen zemin deformasyonları iki birim dokanağında da gerilme çatlakları şeklinde gelişmektedir.



Şekil 4. Güvenç formasyonu'nun yakın görünümü.

Figure 4. Close-up view of the Güvenç formation.



Şekil 5. Kuzgun formasyonu'na ait konglomeraların görünümü (sağda).

Figure 5. View of the conglomerates of Kuzgun formation (right).

Çalışma alanı, Doğu Anadolu Fay Sistemi, Ecemiş Fay Zonu ve Helen Kıbrıs Yayısı gibi aktif tektonik yapılar arasında sismik açıdan etkin bir alanda yer almaktadır. Dolayısı ile bölgenin depremselliği yukarıda belirtilen ana aktif yapılar ve bunların kolları tarafından denetlenmektedir. Bununla birlikte, Andırın kuzeydoğusundan başlayıp Ceyhan'a, oradan da Yumurtalık ilçesine uzanan ve Misis Fayı olarak adlandırılan fay, Çukurova Bölgesi'ni kuzeydoğu-güneybatı yönünde boydan boya kat eden bir fay olup, bölgenin aktivitesini denetleyen en etkin yapılardan biri sayılabilir. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin bir kolu ya da etkisinde oluşmuş bir yapı olarak değerlendirilebilecek aktif bir fay olan bu sismik kaynak 1945 yılında 6.0 büyüklüğünde bir deprem üretmiş; daha sonra 1998 yılında 6.3 büyüklüğündeki Adana-Ceyhan depremi de yine bu kırık üzerinde meydana gelmiştir. Bu iki deprem de büyük olasılıkla aynı fay tarafından üretilmiş olup, Çukurova Bölgesi'nde yıkıcı

hasara neden olmuştur. 1997 yılında Hatay'da meydana gelen 5.7 büyüklüğündeki deprem ve 2001 yılında Dört Yol (Hatay)'da meydana gelen 5.4 büyüklüğündeki deprem bölgede meydana gelen önemli sismik olaylar olarak kayıtlara geçmiştir. Bunların dışında, çalışma alanını batıdan sınırlayan önemli bir fay zonu da yaklaşık olarak kuzey-güney uzanımlı olan Ecemiş Fay zonudur. İnceleme alanının yenilenen interaktif Türkiye Deprem Haritası'na göre 0.154 g'lik bir maksimum yatay yer ivmesine maruz kalabileceği belirlenmiştir (AFAD, 2018).

Şev Duraysızlık Problemi

İnceleme alanının deniz seviyesinden yüksekliği 140-150 m kotları arasındadır. Saha tarım arazisi niteliğinde olup, içerisinde bağcılık, zeytin gibi farklı tarım uygulamaları yapılmaktadır. Arazinin eğimi kuzeybatı yönünde olup, heyelanın meydana geldiği bölgede 35-45

derecelik bir topoğrafik eğim söz konusudur. Saha mevsim gereği (Nisan ayı) suya doymun olup, heyelan içerisinde küçük su birikintileri gözlenmektedir (Şekil 6). Ayrıca heyelan sahasının 100 metre güneydoğusunda (Heyelanın üst kotunda) tabakalar arasından gelen suların toplandığı sulama amaçlı açılan toprak havuzlar da dikkat çekmektedir. Bu lokasyonlarda yamaç eğimi güneydoğu yönünde olup, heyelanlı saha ile zıt eğim yönüne sahiptir.

Sahadaki jeolojik yapıyı tanımlayabilmek için her biri 15 ile 25 m arasında değişen derinliğe sahip beş adet zemin sondajı açılmıştır. Bu sondajlardan SK-1 ve SK-2 olarak adlandırılan sondajlar 2 nolu direğin hemen üzerinde 147.2 m kotlarında açılmıştır (Bkz. Şekil 3). Her iki sondajda da ağırlıklı olarak kiltası-silttaşı birimi izlenmiş olup, farklı ayrışma derecelerine sahip olmaları dikkati çekmektedir (Şekil 6). En üstte yaklaşık 1.0 metrelik bitkisel topraktan sonra kalınlığı 3.0 ile 4.0 m arasında değişen sarımsı kahverengi renkte ileri derecede ayrışmış kiltası, daha sonra 10.0 ile 12.0 metre derinliğe kadar az

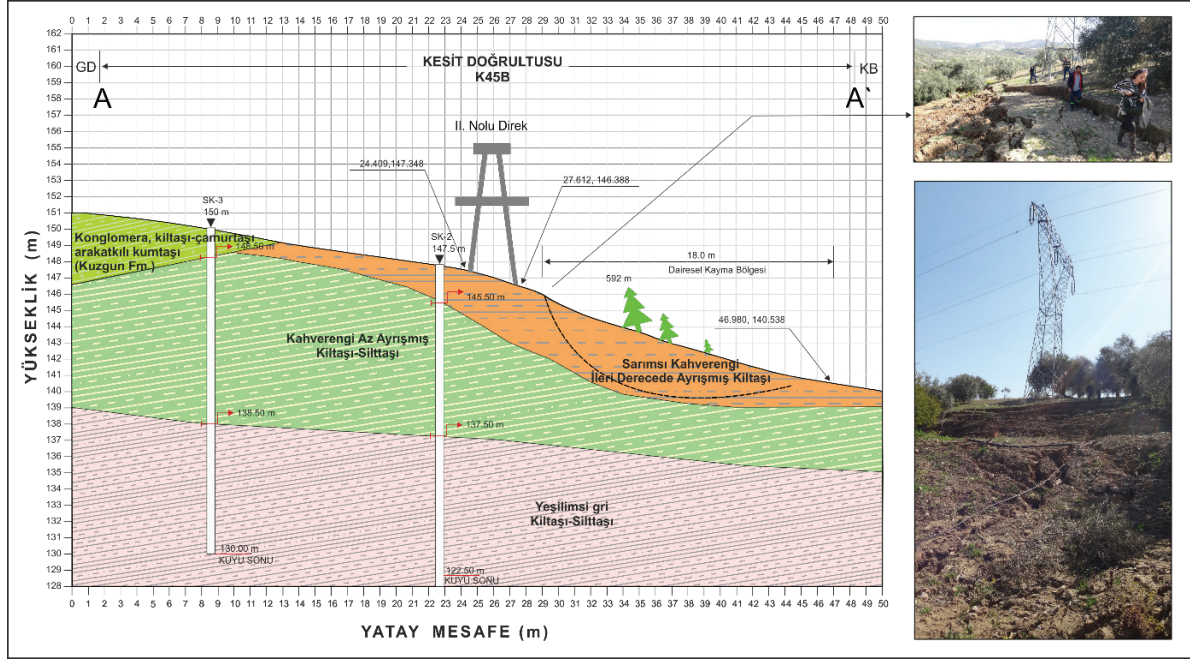
ayrışmış kiltası-silttaşı ve bu seviyeden sonra taze ayrışmamış yeşilimsi gri renkli kiltası-silttaşı gözlenmiştir. 146.0 m kotunun altında yani heyelan kütlesi üzerinde, ulaşım sorunundan, yüksek su içeriğinden ve koşullar uygun olmadığından sondaj çalışması yapılamamış olup, heyelan çevresinde açılan kuyular ve gözlemler sonucu hazırlanan jeolojik kesit Şekil 7’de verilmiştir.

Proje sahasındaki kaymalar Güvenç formasyonu’nun ileri derecede ayrışmış üst zonunda dairesel kayma şeklinde gerçekleşmektedir. 146.0 m kotunda başlayan dairesel kaymanın ayna kısmı 2 nolu elektrik direğine yaklaşık 1.0 ile 1.5 metrelik bir mesafede yer almakta olup, ayna uzunluğunun yanal yöndeki izi 20.0 m civarındadır (Şekil 8 ve Şekil 9). Söz konusu heyelanın topuğuna ait izler 140.0 ile 141.0 m kotlarına kadar gözlenmektedir. Heyelanın topuk ve taç kesimi de dikkate alındığında kayma dairesi derinliğinin ortalama olarak 3.0 ile 4.0 arasında değiştiği tahmin edilmektedir (Şekil 7).



Şekil 6. Heyelan kütlesi içinde su varlığının görünümü.

Figure 6. Close-up view of the presence of water in the landslide mass.



Şekil 7. İnceleme alanına ait jeolojik kesit.

Figure 7. Geological cross section of the study area.

İleri derecede ayrılmış kilitaşı, aşırı yağışlı mevsimin etkisiyle önemli derecede suya doygun duruma ulaşmış ve bu durum eğimin azaldığı kotlarda aşırı boşluk suyu basıncının oluşmasına neden olmuştur. Farklı noktalarda boşluk suyu basıncının makaslama dayanımı üzerinde yarattığı olumsuz etki, doruk makaslama dayanımının aşılmasına ve artık makaslama dayanımlarının gelişmesine neden olmaktadır. Yani doygun koşulların ileri derecede ayrılmış kilitaşının makaslama dayanımında neden olduğu azalma, kaymanın oluşmasında başlıca faktör olarak öne çıktığı düşünülmüştür. Kaymaya neden olan diğer faktörler ise ayrışma derinliği ve yamaç eğimidir. Kayma söz konusu elektrik direğinin 3.0 m'lik betonarme temelinin hemen önünde başlamıştır (Şekil 8). Ancak, önlem alınmaması durumunda direk önündeki toprak yükünün boşalmasından sonra geriye doğru ötelenmeli ve daha derin kaymalar beklenmektedir.

DURAYLILIK ANALİZLERİ

Kayma Dayanımı Parametrelerinin Belirlenmesi

Duraylılık analizinde kullanılan parametreler laboratuvar deney sonuçları ve geri analizler yapılarak elde edilmiştir. Stabilitate sorunu ağırlıklı olarak kilitaşı-silttaşı litolojilerinden oluşan Güvenç Formasyonu içerisinde oluşmaktadır. Fakat zayıf kaya karakterindeki kilitaşı farklı ayrışma derecelerinden dolayı farklı mühendislik özellikleri/davranışları göstermektedir. İnceleme sahasındaki ileri derecede ayrılmış kilitaşlarının plastisite indeksi genelde %30'dan büyük olup, yüksek plastisiteli olduğu görülmektedir. Özellikle kayan kütlelerin doğal su içeriği (%45) likit limit sınırına oldukça yaklaşmış durumdadır. Suya doygun killerde deformasyonların artması doruk makaslama dayanım parametrelerinde önemli bir azalmaya neden olabilmektedir (Skempton, 1964). Bu

durumun yumuşak kaya niteliğindeki kilttaşları içinde geçerli olduğu Noble (1973) ve Grefsheim (1988) tarafından belirtilmiştir. Kilttaşlarında kısa süreli duraylılığın yüksek olduğu ancak uzun vadede önemli duraysızlık sorunlarının ortaya çıkabildiği bilinen bir gerçektir (Durgunoğlu, 1990). Bundan dolayı ileri derecede ayrıışmış kilttaşları içerisinde meydana gelen duraysızlık sorunlarının değerlendirilmesinde boşluk suyu basıncını dikkate alarak efektif rezidüel parametrelerin kullanıldığı uzun dönem analizler daha gerçekçi sonuç vermektedir. Bundan dolayı bu çalışmada toplam gerilme analizlerine yer

verilmemiş, kullanılan parametreler efektif gerilme analizine uygun olarak seçilmiştir.

İnceleme alanında, konglomera-kumtaşı-kilttaş, kilttaş, az ayrıışmış kilttaş-silttaş, ileri derecede ayrıışmış kilttaş-silttaş olmak üzere dört farklı litoloji tanımlanmıştır (Şekil 7). Kütle hareketinin meydana geldiği ileri derecede ayrıışmış kilttaş-silttaş birimi hariç diğer birimlerin dayanım parametreleri laboratuvar test sonuçları (Çizelge 1) ve RocProb v5 (Rocscience, 2014) veri tabanındaki veriler göz önünde bulundurularak yaklaşık olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Heyelan aynasının genel görünümü.

Figure 8. General view of the landslide crown.



Şekil 9. Heyelanın genel görünümü ve yayılımı (Fotoğraf yönü batıya doğrudur).

Figure 9. General view and spread of the landslide (Photo direction is westward).

Orhan

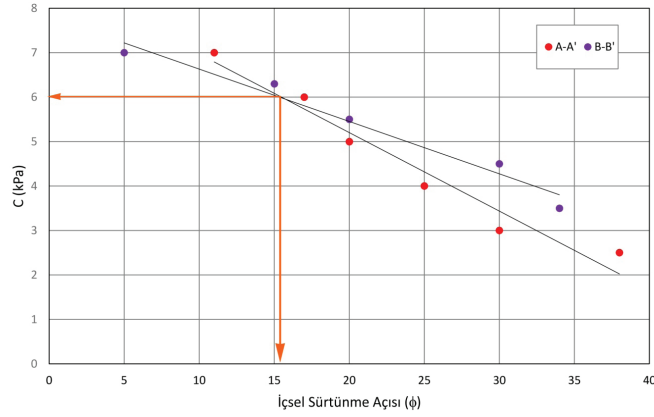
Çizelge 1. Laboratuvar deney sonuçları.

Table 1. Laboratory test results.

| Sondaj No | Derinlik (m) | Doğal b.h.a γ_n kN/m ³ | Serbest Basınç Dayanımı kN/m ² (qu) | Kohezyon kN/m ² (c) | İçsel Sürtünme Açısı (ϕ) | Litoloji-Formasyon |
|-----------|--------------|--|--|--------------------------------|---------------------------------|---|
| SK1 | 3.00-3.50 | 19.52 | 345 | 55.49 | 17.30° | Kahverengi Az Ayrışmış Kilitaşı-Silttaşı |
| SK1 | 9.00-10.50 | 24.61 | 280 | - | - | Kahverengi Az Ayrışmış Kilitaşı-Silttaşı |
| SK2 | 1.50-2.00 | 17.18 | 176 | 55.49 | 14.40° | Sarımsı Kahverengi İleri Derecede Ayrışmış Kilitaşı |
| SK2 | 12.50-14.00 | 25.20 | 294 | 77.82 | 16.10° | Yeşilimsi Gri Kilitaşı-Silttaşı |
| SK3 | 3.50-4.00 | 18.77 | 216 | 52.00 | 14.20° | Kahverengi Az Ayrışmış Kilitaşı-Silttaşı |
| SK3 | 15.50-17.00 | 25.30 | 260 | - | - | Yeşilimsi Gri Kilitaşı-Silttaşı |
| SK4 | 3.00-3.50 | 19.37 | 285 | 66.84 | 15.40° | Sarımsı Kahverengi Aşırı Ayrışmış Kilitaşı |
| SK4 | 18.50-20.00 | 24.83 | 320 | - | - | Yeşilimsi Gri Kilitaşı-Silttaşı |
| SK5 | 2.50-3.00 | 24.50 | 319 | 70.15 | 18.10° | Kuzgun Formasyonu |
| SK5 | 12.50-14.00 | 24.76 | 300 | - | - | Yeşilimsi Gri Kilitaşı-Silttaşı |

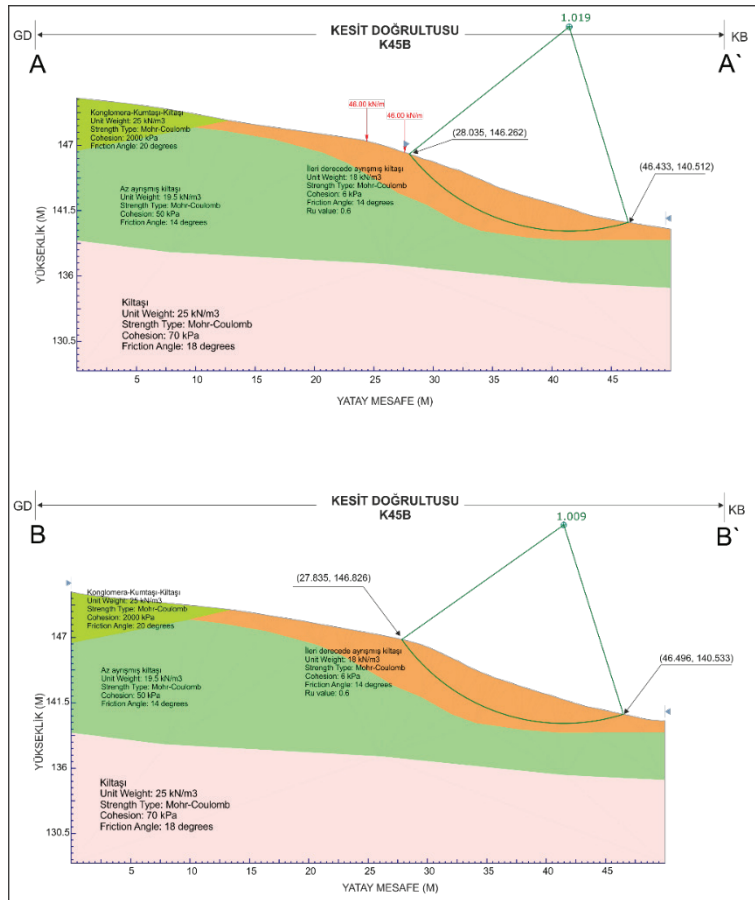
Buna göre, analizlerde Kuzgun formasyonu'nu temsil eden konglomera-kumtaşı-kilitaşı ve 139.0 metre kotunun altında görülen kilitaşı-silttaşı için birim hacim ağırlık (γ_n) 25 kN/m³, kohezyon (c') 70 kPa ve içsel sürtünme açısı (ϕ') 18 derece olarak seçilmiştir. Az ayrışmış kilitaşı-silttaşı için birim hacim ağırlık (γ_n) 19.5 kN/m³, kohezyon (c') 50 kPa ve içsel sürtünme açısı (ϕ') 14 derece olarak seçilmiştir. 2 nolu direğin temel zemini olan ve dairesel kaymanın içerisinde gerçekleştiği ileri derecede ayrışmış kilitaşı için birim hacim ağırlık (γ_n) 18 kN/m³ olarak belirlenirken, birimin makaslama dayanım parametreleri geri analizler yapılarak belirlenmiştir. Geriye dönük analizlerde güvenlik katsayısı (F=1) koşulunu sağlayan c- ϕ veri çift değerleri deneme-yanımla

yöntemiyle araştırılır. Böylece kayma yüzeyi boyunca etkin olacak c- ϕ değerleri belirlenir. Bu amaç için gerçekleşen heyelanı kesen A-A' ve B-B' kesitleri için c- ϕ çiftleri belirlenmiştir (Şekil 3 ve Şekil 10). Her iki kesit için F=1 koşulunu sağlayan kayma daireleri ve zemin koşulları Şekil 11'de verilmiştir. Analizlerde boşluk suyu basıncı dikkate alınmış olup, efektif gerilme koşulları değerlendirilmiştir. Şekil 10'da görüleceği üzere her iki kesit için elde edilen c- ϕ zarflarının kesişme noktasının bileşenleri ileri derecede ayrışmış kilitaşı için makaslama dayanım (c- ϕ) parametreleri olarak kabul edilmiştir. Buna göre geriye dönük analizler sonucunda ileri derecede ayrışmış kilitaşı için kohezyon (c') 6 kPa ve içsel sürtünme açısı (ϕ') 16 derece olarak seçilmiştir.



Şekil 10. Geriye dönük analiz sonuçları.

Figure 10. Back analysis results.



Şekil 11. Geriye dönük analizlerde $F=1$ koşulunu sağlayan kayma dairesi ve litoloji koşulları.

Figure 11. Slip circle and ground conditions satisfying the $F=1$ condition in the back analyses.

Durgunoğlu (1990) benzer karakterdeki kilitte efektif gerilme koşulları için pik kohezyon (c_p) 30 kPa ve içsel sürtünme açısı (ϕ_p) 26 derece, rezidüel kohezyon (c_r) 5-10 kPa ve içsel sürtünme açısı (ϕ_r) 22 derece olarak belirlemiştir. Buna göre, bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen geriye dönük analizlerin sonuçları ile literatürde önerilen sonuçlar birbiriyle uyumludur.

Duraylılık analizlerinde boşluk suyu basıncı oranı (ru) kullanılmış olup, ru 'nun formülü aşağıdaki gibidir.

$$ru = \frac{\gamma_w \cdot H_w}{\gamma_s \cdot H_s} \quad (1)$$

Burada; γ_w ve γ_s sırasıyla su ve zeminin birim hacim ağırlıkları; H_w ve H_s ise sırasıyla şev yüzeyi ile kayma yüzeyi arasında kalan su ve zemin kalınlığı olarak tanımlanmıştır. Analizlerde boşluk suyu basıncı olmaması koşulu için $ru=0$, maksimum boşluk suyu basıncı (doğru koşullar) için $ru=0.6$ olarak kabul edilmiştir.

Duraylılık Analizlerinde Değerlendirilen Farklı Koşullar

Duraylılık analizlerinde güvenlik katsayısını etkileyecek farklı koşullar dikkate alınmış olup, analizlerde kullanılan bu koşulların açıklaması Çizelge 2'de verilmiştir. Bu çizelgede verilen koşulların tümünde şev üzerinde (Yatay Mesafe: 24.409; Kot: 147.348 ve Yatay Mesafe: 27.612; Kot: 146.388) iki farklı lokasyonda 2 nolu direğin ağırlığından kaynaklanan 46 kN'luk noktasal yükün iki noktada etkin olacağı

düşünülmüştür. Bu değer yaklaşık 4.6 tonluk bir ağırlığa denk gelmektedir. Pseudostatik analizlerde, deprem etkileri yatay, düşey veya her iki yön için geçerli olan ve sabit ivmeler vasıtasıyla etkiyen kuvvetler olarak göz önüne alınır (Kramer, 1996). Deprem ivmesinin yatay bileşeni kaymaya karşı koyan kuvvetleri azaltırken, kaydırıcı kuvvetleri artırır. Düşey bileşeni ise etkidiği yöne göre iki kuvveti birden artırır veya azaltır. Bundan dolayı, pseudostatik analizlerde düşey bileşen ihmal edilmektedir. Pseudostatik analizler, düzlemsel, dairesel veya dairesel olmayan kayma yüzeylerinin geçerli olduğu stabilite hesaplarında kullanılır (Kramer, 1996). Pseudostatik ivme katsayısının seçimi duraylılık analizlerinin en önemli aşamasıdır. Çünkü doğrudan kayan kütleyle etkiyen atalet kuvvetlerini değiştirecektir. Şev malzemesinin rijit olması durumunda o anki ivmeye eşit olacaktır. Fakat şev malzemesi rijit olmadığı için maksimum ivme sadece kısa bir süre için geçerli olacaktır. Bu yüzden yarı-statik katsayısı, maksimum deprem ivmesinin çok altında alınabilir. Bu konuda farklı görüşler olmasına rağmen, yatay bileşen değeri olarak maksimum yer ivmesinin yarısının alınması yaygın olarak tercih edilmektedir. Marcuson ve Franklin (1983) 1'in üzerindeki güvenlik katsayıları için maksimum yer ivmesinin 1/3 veya 1/2 alınmasını önermişlerdir. Aynı şekilde, Hynes vd. (1984) maksimum yer ivmesinin 1/2'sinin alınmasını önermişlerdir. Bu çalışmanın konusunu oluşturan heyelanın yer aldığı çalışma alanında AFAD (2018)'e göre oluşacak maksimum yatay yer ivmesi 0.154 g'dir. Yukarıdaki açıklamalar ışığında bu çalışma kapsamındaki pseudostatik duraylılık analizlerinde şev etkiyen yatay ivme bileşeninin 0.08 g alınması uygun bulunmuştur.

Çizelge 2. Bu çalışma kapsamındaki duraylılık analizlerinde dikkate alınan farklı koşullar.

Table 2. Different conditions considered in the stability analyses within the scope of this study.

| Koşul No | Tanımlama | Açıklamalar |
|----------|--|--|
| #001 | Statik Koşul-Kuru | Mevcut şevde herhangi bir dinamik kuvvet ve boşluk suyu basıncı göz önüne alınmamıştır. Şevin tamamen kuru olduğu düşünülmüştür. 2 nolu direktten kaynaklanan yükler değerlendirmeye alınmıştır. |
| #002 | Statik Koşul-Maksimum Boşluk Suyu Basıncı | Mevcut şevde herhangi bir dinamik kuvvet göz önüne alınmamıştır. Şevin tamamen suya doygun olduğu kabul edilerek, duraylılığı olumsuz olarak etkileyecek en yüksek boşluk suyu basıncı olarak ru katsayısı 0.6 olarak alınmıştır. Kaya dolgu uygulamasında ana kaya ve kaya dolgu arasına yapılacak drenaj görevi görececek granüler malzemede maksimum yeraltı suyu seviyesinin üstünde kalacağı düşünülmüş olup, kaya dolgu için ru=0 alınmıştır. |
| #003 | Dinamik Koşul-Kuru | Mevcut şevde olası bir depremin oluşturacağı dinamik kuvvet pseudostatik kuvvet olarak düşünülerek, maksimum yatay yer ivmesinin yatay bileşeni 0.08 g alınmıştır. Şevin tamamen kuru olduğu ve böylece herhangi bir boşluk suyu basıncı göz önüne alınmamıştır (ru=0). 2 nolu direktten kaynaklanan yükler değerlendirmeye alınmıştır. |
| #004 | Dinamik Koşul-Maksimum Boşluk Suyu Basıncı | Mevcut şevde olası bir depremin oluşturacağı dinamik kuvvet pseudostatik kuvvet olarak düşünülerek, maksimum yatay yer ivmesinin yatay bileşeni 0.08 g alınmıştır. Şevin tamamen suya doygun olduğu kabul edilerek, stabilizeyi olumsuz olarak etkileyecek en yüksek boşluk suyu basıncı olarak ru katsayısı 0.6 olarak alınmıştır. Kaya dolgu uygulamasında ana kaya ve kaya dolgu arasına yapılacak drenaj görevi görececek granüler malzemede maksimum yeraltı suyu seviyesinin üzerinde kalacağı düşünülmüş olup, kaya dolgu için ru=0 alınmıştır. |

Mevcut yamacın iyileştirilmesi ve yüksek maliyete sahip enerji nakil hattı direğinin duraylılığının sağlanması için iki ayrı iyileştirme önlemi değerlendirilmiş olup, analiz sonuçları ilerleyen bölümlerde detaylı olarak tartışılmıştır. Arazi modellenmesi Şekil 3'te verilen hali hazır harita kullanılarak yapılmıştır. Mevcut arazinin

doğal konumu dikkate alınarak ve Bishop yöntemi kullanılarak, Slide v5.0 (Rocscience, 2010) programı aracılığıyla duraylılık analizleri Çizelge 2'de verilen koşullar dahilinde yapılmıştır. Her analiz model olarak isimlendirilmiştir ve açıklamaları Çizelge 3'de verilmiştir.

Orhan

Çizelge 3. Duraylılık analizlerinde kullanılan modellerin açıklaması.

Table 3. Description of models used in the stability analyses.

| Açıklamalar | Uygulanan Duraylılık Analizleri |
|-----------------------------|---|
| Mevcut yamacın doğal durumu | Statik Koşul Kuru/Doygun, Dinamik Koşul Kuru/Doygun |
| Fore kazık | Statik Koşul Kuru/Doygun, Dinamik Koşul Kuru/Doygun |
| Kaya dolgu | Statik Koşul Kuru/Doygun, Dinamik Koşul Kuru/Doygun |

Mevcut Yamacın Doğal Durum Analizi

Mevcut yamacın doğal konumunda duraylılığı incelenmiştir. Mevcut durumda 146.0 m kotunun hemen altında dairesel bir kayma meydana gelmiş ve kayan kütle 140.0 m kotuna kadar ulaşmıştır. Mevcut durumda 2 nolu direğin önündeki kütle göreceli olarak azaldığından kaymanın direği içine alarak geriye doğru genişlemesi muhtemeldir. Şekil 7’de verilen kesitte ileri derecede ayrılmış kiltasının duraylılığı için, duraylılık analizleri merkezi (20.211 m, 189.336 m) ve (52.920 m, 156.626 m) koordinatları ile tanımlanan alanda yer alan dairesel kayma merkezleri için yapılmıştır. Bu merkezlerin olası kayma daireleri 139.0 m kotuna teğet geçmektedir. Çizelge 2’de verilen koşullara göre analiz sonuçları Çizelge 4’te ve farklı koşullar için analiz edilen olası kayma daireleri ise Şekil 12’de verilmiştir.

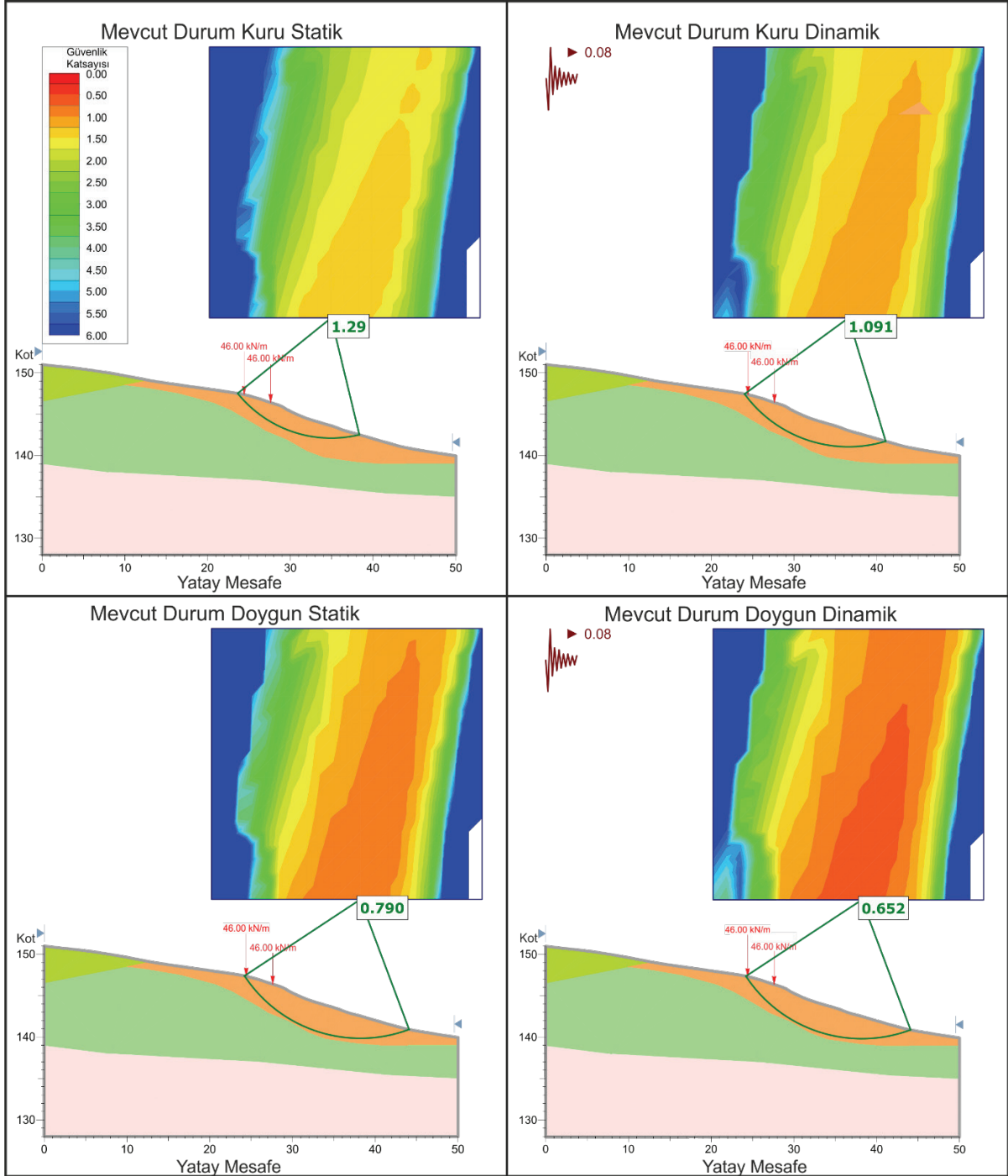
Çizelge 4’ten ve Şekil 12’den de görüleceği gibi güvenlik katsayısı yamacın mevcut durumu için kuru-statik/dinamik koşul hariç 1.0 değerinin altında çıkmaktadır. Kuru statik ve dinamik koşulda güvenlik katsayısı sırasıyla 1.290 ve 1.091 olarak limit denge koşulunun üzerindedir. Diğer koşullarda yamaçta bir hareketin beklenmesi kaçınılmazdır.

Her ne kadar güncel şev duraysızlığı şu an için mevcut direği içine almasa da, herhangi bir önlem alınmadığı takdirde ilerleyen zamanla birlikte söz konusu duraysızlığın geriye doğru öteleneceği ve elektrik direğinin stabilitesini tehlikeye atacağı açıktır. Bu nedenle bu aşamada enerji nakil hattı direğinin duraylılığının sağlanması amacıyla iki farklı iyileştirme önerisi limit denge analizleri ile değerlendirilmiştir.

Çizelge 4. Mevcut yamacın doğal durumu için yapılan duraylılık analizi sonuçları.

Table 4. Stability analysis results for the natural state of the existing slope.

| Koşul No | Tanımlama | Minimum Güvenlik Katsayısı (GS) |
|----------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 001 | Statik Koşul-Kuru | 1.290 |
| 002 | Statik Koşul-Maksimum Boşluk Suyu | 0.790 |
| 003 | Dinamik Koşul-Kuru | 1.091 |
| 004 | Dinamik Koşul- Maksimum Boşluk Suyu | 0.652 |



Şekil 12. Mevcut yamacın doğal durumu için yapılan duraylılık analizlerinden görünümür.

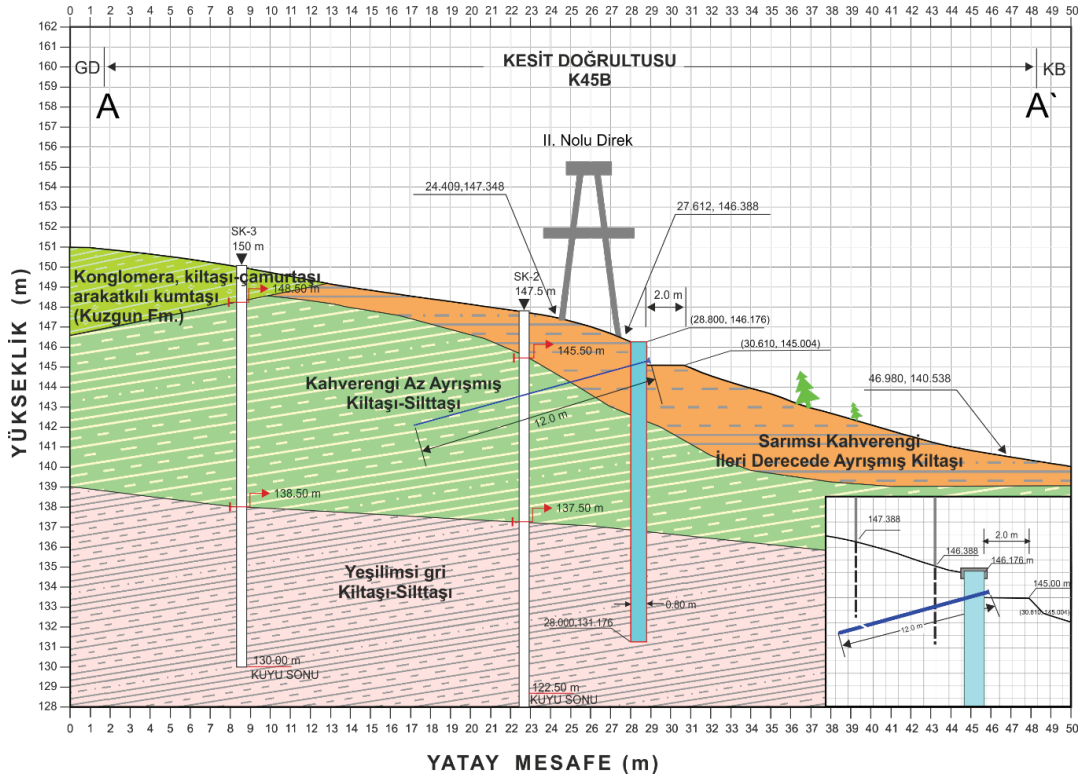
Figure 12. Views from the stability analyses for the natural state of the existing slope.

İyileştirme Önerileri

Fore Kazık İmalatı Önerisi

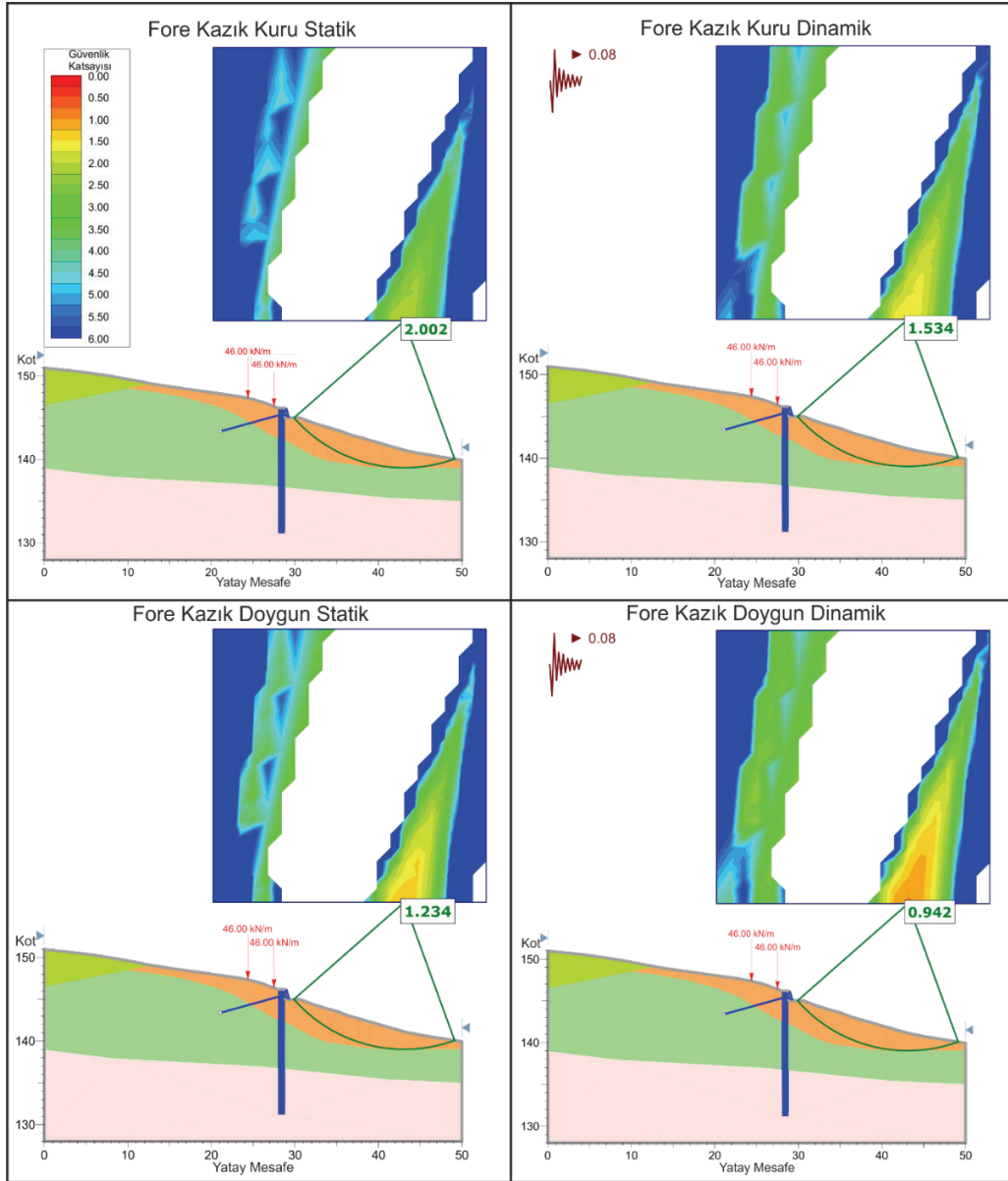
İlk aşamada mevcut sahada elektrik direğinin önünde imal edilebilecek fore kazıkların, yamacın ve dolayısıyla elektrik direğinin duraylılığı üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Bu kapsamda herhangi bir sıyırma kazısı yapılmadan yapılacak bu uygulama, mevcut direğin fonksiyonunu ve direğin bulunduğu arazinin özel mülk olma durumu değerlendirildiğinde çevreyi daha az etkileyecek bir iyileştirme yöntemidir. Fore kazık uygulamasında kazıkların en az 15.0 m boyunda olması planlanmıştır. Buna göre, kazıklar ileri derecede ayrılmış kıltaşı ve az ayrılmış kıltaşı-silttaşı seviyelerini geçerek ayrılmamış yeşilimsi gri renkli kıltaşı-silttaşı içine yerleşecektir (Şekil 13).

Şekil 13'te verilen kesit için yamacın duraylılığı, stabilite merkezi (20.211m, 189.336m) ve (52.920m, 156.626m) koordinatları ile tanımlanan alanda yer alan 400 dairesel kayma merkezi için yapılmış ve sonuçlar Şekil 14'te verilmiştir. Şekil 14 incelendiğinde, fore kazıkların ön bölümündeki şevde dinamik ve suya doymun koşullarda duraysızlıkların devam edebileceği (GS=0.94) öngörülmektedir. Ayrıca hem direğin üst kotlarında hem de alt kotlarında bir drenaj sisteminin uygulanması, yüzey sularının yamaç içerisine nüfuz etmesini engelleyecektir. Böylece oluşacak boşluk suyu basınçları azaltılabilir ve alt kotlarda suya doymun ve dinamik koşullarda olması beklenen duraysızlıklar engellenebilir.



Şekil 13. Fore kazık yapılarak önerilen iyileştirme çalışması.

Figure 13. Proposed slope stabilization with bored piles.



Şekil 14. Fore kazık ile yapılan iyileştirme önerisi için yapılan duraylılık analizi sonuçları.

Figure 14. Stability analysis results for the proposed slope improvement by bored piles.

Şekil 14'te olası kayma daireleri kazık uygulamasının gerisinde ve yamaç aşağı yönde odaklanmaktadır. Kazığın yamaç aşağısında olan kaymalara herhangi bir etkisi olmadığı için bu kesimde suya doymun dinamik koşullarda güvenlik katsayısının yer yer 1.0

altında kaldığı görülmektedir. Ancak burada oluşacak kaymaların direği etkilemesini kazık uygulaması önleyecektir. Kazık kotu altında ileride oluşabilecek lokal kaymaların kazıklardaki deplasman etkisini azaltmak için kazık üst kotundan 1.0 m aşağıda 15

derecelik eğimle 12 metre uzunluğunda ankraj ile kazıkların desteklenmesi önerilmektedir. Bu uygulama yapılırken, elektrik direği temellerinin kesilmemesine dikkat edilmelidir. Ayrıca, 146.0 metre kotunun altında drenaj uygulanarak yüzey sularının şev içerisine nüfuz etmesi engellenmelidir. Dinamik doygun koşul hariç güvenlik katsayısı 1.0 üzerinde olacaktır (Çizelge 5) ve şev topuğunda herhangi bir kayma olması beklenmemektedir. Çizelge 2’de verilen koşullara göre fore kazık uygulamasına ait analiz sonuçları Çizelge 5’te verilmiştir.

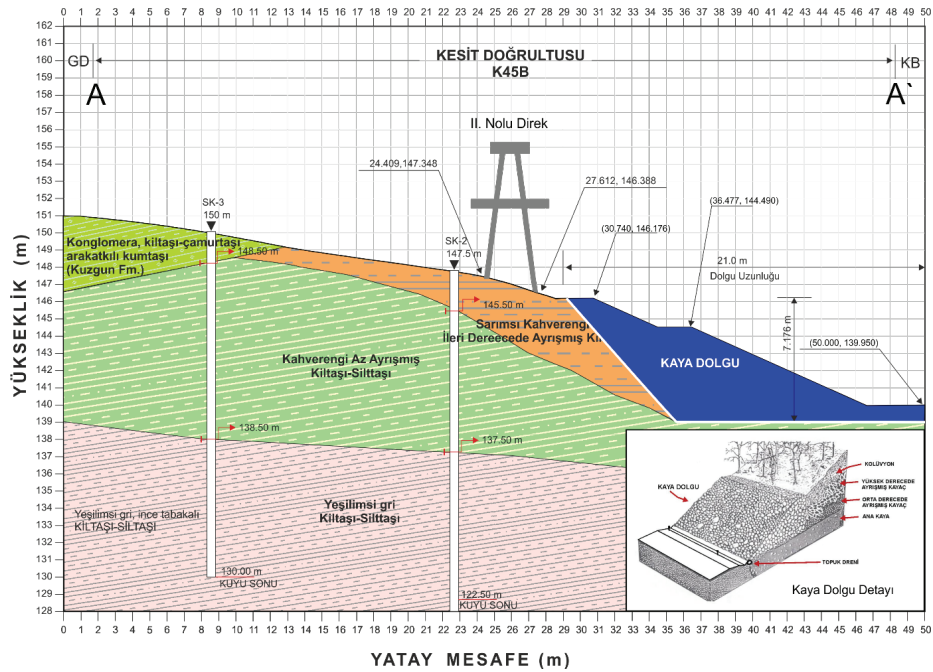
Çizelge 5. Fore kazık ile yapılan duraylılık analizi sonuçları.

Table 5. Stability analysis results with bored pile.

| Koşul No | Tanımlama | Minimum Güvenlik Katsayısı (GS) |
|----------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 001 | Statik Koşul-Kuru | 2.002 |
| 002 | Statik Koşul-Maksimum Boşluk Suyu | 1.234 |
| 003 | Dinamik Koşul-Kuru | 1.534 |
| 004 | Dinamik Koşul- Maksimum Boşluk Suyu | 0.942 |

Kaya Dolgu İmalatı Önerisi

Mevcut sahanın iyileştirilmesi için ikinci bir yöntem olarak önerilen kaya dolgu, ileri derecede ayrılmış kiltaşının 146.0 m kotu başlayarak sıyırılması ve yerine kaya dolgu yapılması esasına dayanmaktadır. Yapılacak dolgunun tasarımı mevcut sahanın modellenerek enine kesitler için duraylılık analizleri yapılması ile ortaya konmuştur (Şekil 15 ve 16).



Şekil 15. Kaya dolgusu yapılarak önerilen şev duraylılık uygulaması.

Figure 15. Slope stabilization by rock backfill.

Kaya dolgu imalatında, ileri derecede ayrılmış kiltaşında 146.176 m kotundan 139.0 m kotuna kadar 48 derecelik şev oluşturacak şekilde kazı yapıldıktan sonra yatay olarak topuğa kadar devam edilmelidir. Böylece sondaj verilerine ve arazi gözlemlerine dayandırılarak belirlenen ileri derecede ayrılmış kiltaşu zonu şev topuğundan tamamen kaldırılmış olacaktır. Kaldırılan ileri derecede ayrılmış kiltaşının yerine kaya dolgu yapılması iyileştirme önerisinin temelini oluşturmaktadır (Şekil 15). Kaya dolgu genel olarak iki basamak şeklinde tasarlanmış olup, 146.176 m kotundan 144.90 m kotuna kadar olan birinci basamak genişliği 2.0 metre, şev eğimi 24 derece olarak belirlenmiştir. İkinci basamak 144.90 m kotundan başlayıp, 139.950 m kotuna kadar 24 derecelik şev eğimi ile başlayıp, basamak genişliği 5.0 olarak (M: 50.00; Y:139.950) devam etmektedir. Ana kaya (ileri derecede ayrılmış kiltaşu-silttaşu ve az ayrılmış kiltaşu-silttaşu) ve dolgular arasında granüler malzeme ile yapılacak drenaj tabakası (filtre) kalınlığı 0.25-0.50 m kalınlığında olmalıdır. Dolgu ile aynı anda yapılacak bu filtre şev tepesinden (146.176 m kotu) dolgu topuğuna kadar yapılarak, dolgu içinde ve sızan suların drene olmasını sağlayacaktır (Şekil 15).

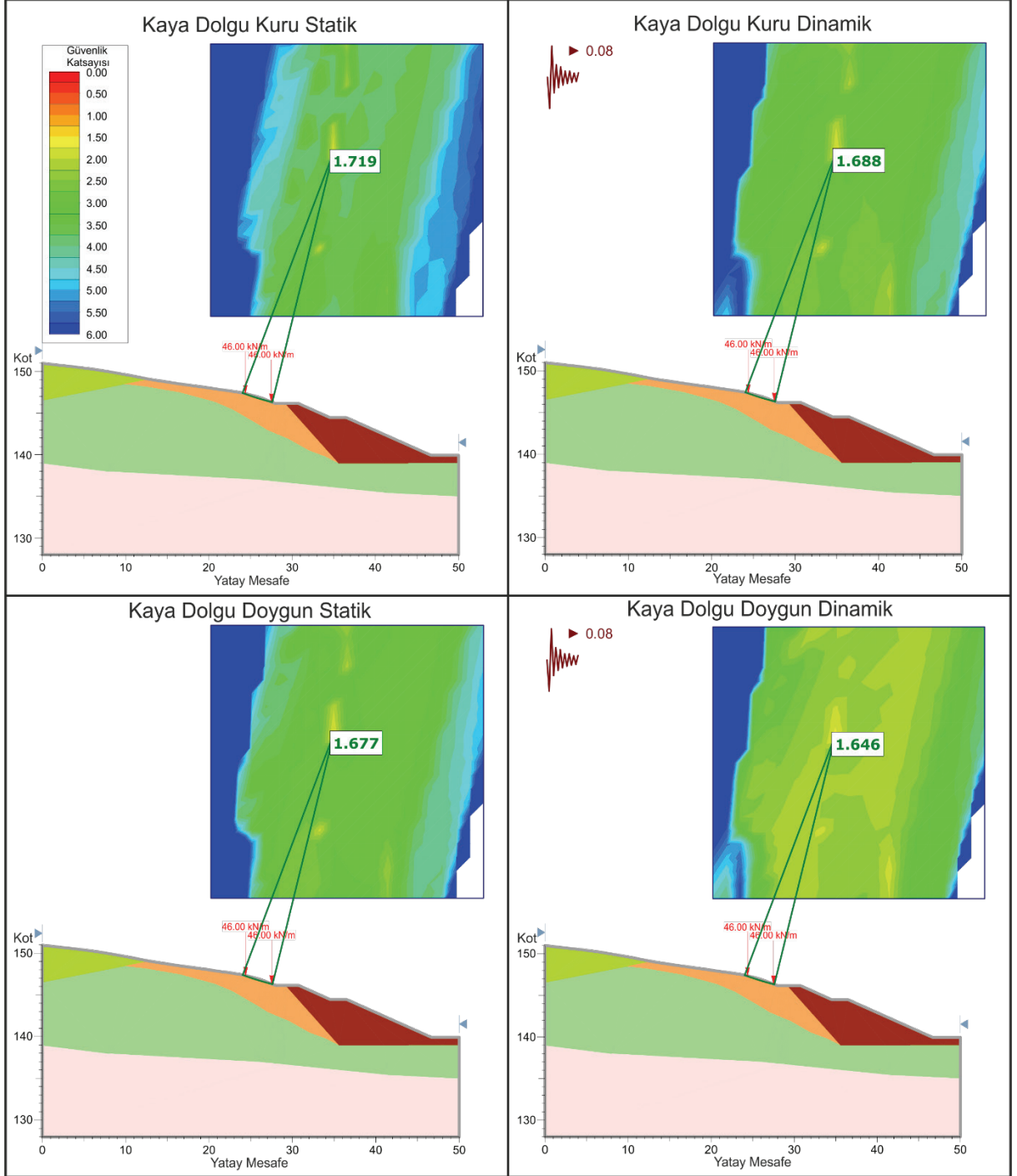
İleri derecede ayrılmış kiltaşının sıyırılması sırasında zeminin doygunluk derecesine bağlı olarak elektrik direği önünde bir takım zemin deplasmanları gerçekleşebilir. Bu durum projenin uygulama noktasında bazı aksaklıklara neden olabilir. Fakat proje tamamlandıktan sonra kaya dolgunun ve mevcut yamacın güvenlik katsayısı her koşulda 1.0'ın üzerinde kalmaktadır (Şekil 16).

Şekil 15'te verilen kesit için kontrollü dolgu uygulamalı yamacın duraylılığı için, duraylılık merkezi (20.211m, 189.336m) ve (52.920m, 156.626m) koordinatları ile tanımlanan alanda yer alan 400 dairesel kayma merkezi için yapılmıştır. Kayma dairelerinin bir kısmı kaya dolgu içerisinde bir kısmı kaya dolgunun üst kotlarında olup, en düşük güvenlik katsayısı suya doygun dinamik koşul için 1.646 olarak belirlenmiştir (Şekil 16). Maksimum yeraltı suyu seviyesinin uygulanacak filtre tabakası ile ana kaya ve dolgular arasında kalacağı düşünülmüştür. Bundan dolayı analizlerde kaya dolgu içerisinde boşluk suyu basıncı oluşmadığı kabul edilmiştir. Çizelge 2'de verilen koşullara göre analiz sonuçları Çizelge 6'da ve analiz edilen olası kayma daireleri Şekil 16'da görülmektedir.

Çizelge 6. Kaya dolgu için yapılan duraylılık analizi sonuçları.

Table 6. Stability analysis results with rock backfill.

| Koşul No | Tanımlama | Minimum Güvenlik Katsayısı (GS) |
|----------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 001 | Statik Koşul-Kuru | 1.719 |
| 002 | Statik Koşul-Maksimum Boşluk Suyu | 1.677 |
| 003 | Dinamik Koşul-Kuru | 1.688 |
| 004 | Dinamik Koşul- Maksimum Boşluk Suyu | 1.646 |



Şekil 16. Kaya dolgu için yapılan duraylılık analizi sonuçları.

Figure 16. Stability analysis results for rock backfill.

TARTIŞMA

Yukarıda detayları verilen iyileştirme önerilerinin tümünde farklı koşullarda 2 nolu direğin bulunduğu sahanın şev duraylılık katsayısı fore kazık uygulamasındaki dinamik koşul ve maksimum boşluk suyu durumu hariç 1.2'nin üzerindedir. Bu durum yamacın duraylılığının önerilen uygulamalardan biri ile sağlanacağını göstermektedir (Çizelge 7). Genel olarak en düşük güvenlik katsayısı değeri maksimum dinamik yükleme ve maksimum boşluk suyu basıncı koşulunun ($r_u=0.6$) aynı anda oluşması durumunda gerçekleşmektedir. Gerçek koşullarda bu tip kuvvetlerin en yüksek değerlerinde aynı anda oluşumları daha düşük olasılıktadır.

Kaya dolgu iyileştirme önerisi saha ve uygulama açısından bazı dezavantajlara sahiptir. Kaya dolgu projesi için belirlenen güvenlik katsayısı 1.2 üzerinde olmasına rağmen ileri derecede ayrılmış kiltaşının şev topuğundan sıyrılması sırasında oluşan kazı şevlerinin suya doymuş koşullarda duraysızlık sorunu çıkarması

beklenebilir. Bu durum uygulamada bazı aksamalara neden olabilecek niteliktedir. Bunun için projeye ilave maliyet getirecek geçici istinat yapılarının oluşturulması gerekebilir. Diğer bir husus ise sahanın özel mülk ve aktif olarak tarım yapıyor olması (damla sulama sistemlerinin varlığı arazide gözlenmiştir) büyük kazı-dolgu işlerinin yapılmasında sınırlandırmalar getirebilir. Fore kazık uygulaması kaya dolgu projesine göre daha sınırlı bir alanda yapılabilir ve uygulama sonrası arazi tekrar kullanılabilir. Dinamik koşul ve maksimum boşluk suyu koşulunda yaşanabilecek duraysızlık sorununu bertaraf etmek için ilave iyileştirme çalışması yapılması (topukta dolgu veya ikinci sıra fore kazık) ile çözülebileceği düşünülebilir. Ancak bu durum doğal olarak iyileştirme maliyetini de artıracaktır.

Burada iyileştirme önerilerinin uygulama noktasında çevresel ve zemin koşullarının yaratabileceği olumsuzluklar belirtilmiş olup, her iki iyileştirme önerisi de gerçekleştirildikten sonra enerji nakil direğinin duraylılığını sağlayabileceği görülmektedir.

Çizelge 7. Farklı iyileştirme önerileri için elde edilen güvenlik katsayılarının karşılaştırılması.

Table 7. Comparison of factor of safety values obtained for different stabilization suggestions.

| Açıklamalar | Güvenlik Katsayısı (GS) | | | |
|--------------|------------------------------|---|-------------------------------|--|
| | Koşul 1 Statik Koşul-Kuru | Koşul 2 Statik Koşul- Maksimum Boşluk Suyu | Koşul 3 Dinamik Koşul-Kuru | Koşul 4 Dinamik Koşul- Maksimum Boşluk Suyu |
| Mevcut durum | 1.290 | 0.790 | 1.091 | 0.652 |
| Fore kazık | 2.002 | 1.234 | 1.534 | 0.942 |
| Kaya dolgu | 1.719 | 1.677 | 1.688 | 1.646 |

SONUÇLAR

Bu çalışma Mersin ili, Tarsus ilçesi Çevreli köyü ile Büyükkösebalcı köyü arasında yer alan TEİAŞ'a ait 154 Kw Kadıncık II HES-Akbelen Diltaş'ın 2 nolu direğini etkileyen heyelanın incelenmesi ve bir iyileştirme yönteminin önerilmesi amacıyla yapılmış olup, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Çalışma alanında ağırlıklı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı kiltası, kiltası-silttaşı arakatlı Güvenç formasyonu ve Üst Miyosen yaşlı çamurtaşı-kiltası ara katlı konglomera, çakıllı kumtaşı ve kaba taneli kumtaşı seviyelerinden oluşan Kuzgun fomasyonu gözlenmektedir.
- Çalışma alanı, Doğu Anadolu Fay Sistemi, Ecemiş Fay Zonu ve Helen Kıbrıs yayı gibi aktif tektonik yapılar arasında sismik açıdan etkin bir alanda yer almakta olup, AFAD tarafından yenilenen interaktif "Türkiye Deprem Tehlike Haritası" na göre 0.154 g lik bir maksimum yatay yer ivmesine maruz kalabilecektir.
- Sahadaki jeolojik yapıyı tanımlayabilmek için her biri 15 ile 25 m arasında değişen derinliğe sahip beş adet araştırma sondajı açılmıştır. Sondajlarda ağırlıklı olarak yüksek plastisiteli kiltası-silttaşı birimi izlenmiş olup, farklı ayrışma derecelerine sahip olmaları dikkati çekmektedir.
- Zemin profili genel olarak en üstte yaklaşık 1.0 metrelik bitkisel topraktan sonra kalınlığı 3.0 ile 4.0 m arasında değişen sarımsı kahverengi renkte ileri derecede ayrılmış kiltası, daha sonra 10.0 ile 12.0 metre derinliğe kadar az ayrılmış kiltası-silttaşı ve bu seviyeden sonra taze-ayrışmamış yeşilimsi gri renkli kiltası-silttaşıdan oluşmaktadır.
- Güvenç formasyonu'nun aşırı doymun ayrılmış üst seviyelerinde 2 nolu direği tehdit eden dairesel bir kayma gerçekleşmiştir. Söz konusu stabilite sorunu, zamanla genişleyerek enerji nakil hattını içerisine alan büyük bir heyelana dönüşme potansiyeli taşımaktadır.
- İleri derecede ayrılmış kiltası, yağışların etkisiyle önemli ölçüde suya doymun duruma ulaşmış olup, heyelan kütlelerinde doğal su içeriği %40'tan fazladır. Suya doymun koşulların ileri derecede ayrılmış kiltasının makaslama dayanımında neden olduğu azalma, kaymanın oluşmasında başlıca faktör olarak öne çıkmaktadır.
- Yapılan duraylılık analizlerinde mevcut durumun güvenlik katsayısı kuru-statik koşul hariç 1.0 değerinin altında çıkmaktadır. Sadece kuru koşulda (statik ve dinamik) güvenlik katsayısının sırasıyla 1.290 ve 1.091 olarak limit denge koşulunun hemen üzerinde olduğu görülmektedir. Doymun koşullarda yamaçta bir hareketin beklenmesi kaçınılmazdır. Zaten incelenen yamaçtaki duraysızlık sorunu da yamacı oluşturan malzemedeki suya doymunluğun artması ilke başlamıştır.
- Olası kaymaların enerji nakil direğini etkilememesi için kaya dolgu ve fore kazık uygulaması olmak üzere iki adet alternatif iyileştirme yöntemi değerlendirilmiştir. Kaya dolgu; ileri derecede ayrılmış kiltasının sıyırılması ve yerine kaya dolgu yapılması esasına dayanmaktadır. 15 m derinliğindeki fore kazıklar ise büyük boyutta kazı yapılmadan uygulanabilecek niteliktedir.
- Önerilen iyileştirme yöntemlerinin her ikisinde de her türlü koşulda 2 nolu direğin bulunduğu sahanın kaymaya karşı

güvenlik katsayısı (fore kazık uygulaması dinamik koşul-maksimum boşluk suyu koşulu hariç) 1.2'nin üzerindedir. Bu durum yamacın duraylılığının önerilen iyileştirme yöntemleri ile sağlanabileceğini ve yüksek maliyete sahip 2 nolu direğin risk altında olamayacağını göstermektedir. Genel olarak en düşük güvenlik katsayısı değeri maksimum dinamik yüklemelerle (0.08 g yatay ivme bileşeni) ve maksimum boşluk suyu basıncı oluşumunun ($r_u=0.6$) aynı anda olması ile gerçekleşmektedir. Gerçek koşullarda bu tip kuvvetlerin en yüksek değerlerinde aynı anda oluşumları oldukça düşük olasılıktadır. Sonuç olarak, her iki iyileştirme önerisi de enerji nakil hattı direğinin duraylılığını sağlayacak niteliktedir.

KATKI BELİRTME

Laboratuvar deneylerinin yapılmasında ZEMKA Yapı Malzemeleri Zemin Araştırmaları Laboratuvarı personellerine, makalenin son haline gelmesinde verdikleri desteklerden dolayı Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinden Prof. Dr. İsmail DİNÇER ve Prof. Dr. Mutluhan AKIN'a teşekkürü bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

- AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası.
- AİGM-DADB, 1996. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- ASTM D2434-68, 2006. Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head) (Withdrawn 2015). ASTM International, West Conshohocken, PA.

- ASTM D5731-16, 2016. Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D5856-15, 2015. Standard Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Porous Material Using a Rigid-Wall, Compaction-Mold Permeameter. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Barkın, N., 2004. Mersin-Tarsus Otoyolu Güney Şevlerinde Meydana Gelen Duraysızlıkların İncelenmesi. Y.L. Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, (yayınlanmamış).
- Bishop, A. W., 1955. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. *Geotechnique*, 5 (1), 7-17.
- Craig, R. F., 1992. *Soil Mechanics*. Chapman and Hall, 5th edition, London.
- Durgunoğlu, H.T., Kulaç F., Karadayılar T., Baştürk G., 1990. Yüksek plastisiteli Taban Zemini Killerin Projelendirme Kriteri. ZMTM Türk Milli Komitesi Bülteni, Zemin Mühendisliği, Cilt:1 Sy: 55-66.
- Finlay, P.J., Fell, R., Maguire, P.K., 1997. The relationship between the probability of landslide occurrence and rainfall. *Canadian Geotechnical Journal*, 34, 811-824.
- Grefsheim, F.D., 1988. Laboratory Testing for Slope Stability Desing Parameters in Overconsolidated Clay. *Proceedings of Landslide Conference*, 1, p: 123-130.
- Hynes-Griffin ME, Franklin AG., 1984. Rationalizing the seismic coefficient method. U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, Miscellaneous Paper GL-84-13, 21 pp.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 2007. *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006*. Suggested Methods R. Ulusay and J.A. Hudson (editors), Prepared by the Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics,

- Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group, Ankara, Turkey, 628 p.
- Kramer S.L., 1996. Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458, pp. 434-437.
- Marcuson W.F., Franklin A.G., 1983. Seismic Design, Analysis, and Remedial Measures to Improve the Stability of Existing Earth Dams. Corps of Engineers Approach”, in Seismic Design of Embankments and Caverns, T.R. Howard, Ed., New York, ASCE.
- Noble, H.L., 1973. Residual Strength and landslides in clay and shale. JSMFED, ASCE Vol: 99 No: SM9. Paper 10023, Semptember, p: 705-719.
- Polemio, M., Sdao, F., 1999. The role of rainfall in the landslide hazard: the case of the Avigliano urban area (Southern Apennines, Italy). Engineering Geology, 53(3-4), 297-309.
- Rocscience, 2010. Slide v5.0-2D limit equilibrium analysis. Rocscience Inc., Toronto, Cadana.
- Rocscience, 2014. RocProb v5.0-Rock Properties Database. Rocscience Inc., Toronto, Cadana.
- Schmidt, G. C., 1961. Stratigraphic nomenclature for the Adana Region. Petroleum District 7. Petroleum Administration Bulletin, 6, 47-63.
- Sevimli, U.İ., 2003. Demirhisar (Mersin KD’su) Civarının Jeolojisi ve Sedimantolojik Özellikleri. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 49 s., Adana (yayımlanmamış).
- Skempton, A.W., 1964. Long term stability of clay slope. Geotechnique, 14, 77-101.
- Taga, H., Turkmen, S., Kacka, N., 2015. Assessment of stability problems at southern engineered slopes along Mersin-Tarsus Motorway in Turkey. Bulletin Engineering Geological Environment, 74, 379-391.
- TS 1500, 2000. İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması. TSE, 16 s., Ankara
- TS 1900-1, 2006. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri- Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini. TSE, 99 s., Ankara
- TS 1900-2, 2006. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri- Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini. TSE, 68 s., Ankara
- TS EN ISO 17892-1, 2014. Geotechnical investigation and testing- Laboratory testing of soil - Part 1: Determination of water content (ISO 17892-1: 2014). Türk Standardları Enstitüsü, ANKARA
- Ünlügenç, U. C., 1986. Kızıldağ Yayla (Adana) Dolayının Jeolojik İncelemesi. Ç. Ü. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, 77s., Adana.



Araştırma Makalesi / Research Article

Van Gölü ve Civarının Sığ Kabuk Yapısının WGM2012 Bouguer Gravite Verileriyle İncelenmesi

Shallow Crustal Structure of Lake Van and Its Surroundings with WGM2012 Bouguer Gravity Data

Ali ELMAS 

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, TR-61080 Trabzon

Geliş (Received): 14 Haziran (June) 2021 / Düzeltme (Revised): 06 Aralık (December) 2021 / Kabul (Accepted): 01 Mart (March) 2022

ÖZ

Dünya Gravite Haritası'ndan (WGM2012) elde edilmiş Bouguer gravite verileri kullanılarak, Van Gölü ve civarının sığ kabuk yapısı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda gravite verilerinin düşey türev değerlerine toplam yatay türev ve eğim açısı yöntemleri uygulanarak bölgenin jeolojik birimlerinin sınırları araştırılmıştır. Bu süreksizlik sınırlarını ortaya çıkarırken, toplam yatay türevin maksimum genlik değerleri ve eğim açısının sıfır genlik değerlerinden yararlanılmıştır. Bu çalışmadaki sonuçlarla daha önceden yapılmış olan çalışmaların sonuçları arasında benzerlik olmasının yanı sıra, yeni süreksizlik sınırları da tespit edilmiştir. Bunun yanında çalışma alanının yumuşak/sert sediment, temel kaya ve Conrad topografyalarının ortalama derinlikleri genlik spektrumu ile hesaplanmıştır. Ayrıca ters çözüm ile bölgenin temel kaya topografyası hesaplanarak haritalanmıştır. Genlik spektrumu hesabı sonucu yumuşak-sert sediment, temel kaya ve Conrad arayüzeylerine ait ortalama derinlikler sırasıyla 3.1 km, 6.2 km ve 14.4 km olarak belirlenmiştir. Yoğunluk farkı sunan yapı sınırlarının belirlenmesinin yanı sıra, ters çözüm ile temel kaya topografyasının derinlik değerlerinin 5.6 - 6.7 km arasında değiştiği hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toplam Yatay Türev, Eğim açısı, Van Gölü, Birinci Düşey Türev, Yapısal Süreksizlik

ABSTRACT

Using the Bouguer gravity data obtained from the World Gravity Map (WGM2012), the shallow crustal structure of Van Lake and its vicinity has been studied in this study. In this context, it is aimed to investigate the lateral boundaries of the geological units of the region by applying total horizontal derivative and tilt angle methods to the vertical derivative values of the gravity data. The maximum amplitude values of the total horizontal derivative and zero amplitude values of the tilt angle were used to reveal the horizontal boundaries. In addition to the similarity between the results of this study and the results of previous studies, new discontinuity boundaries were determined. In addition, the average depths of the soft/hard sediments, basement and Conrad topographies were calculated with the amplitude spectrum in the study area. In addition, with the inverse solution, the basement topography of the region was calculated and mapped. As a result of the amplitude spectrum calculation, the average depths of soft/hard sediment, basement and Conrad interfaces were determined as 3.1 km, 6.2 km and 14.4 km, respectively. In addition to the determination of the mass boundaries that present a density difference, it has been calculated that the depth values of the basement topography vary between 5.6 and 6.7 km with the inverse solution.

Keywords: Total Horizontal Derivative, Tilt Angle, Van Lake, First Vertical Derivative, Structural Discontinuity

GİRİŞ

Jeolojik birimlerin süreksizlik sınırlarının bulunması işlemleri genellikle toplam yatay türev (TYT) ve eğim açısı (EA) metodları kullanılarak gravite verileriyle yapılır (Cordell ve Grauch, 1985; Nabighian, 1972; Miller ve Singh, 1994; Cooper ve Cowan, 2006; Altınoğlu vd., 2015; Pamukçu vd., 2015; Elmas, 2018). Kütle sınırlarını ve çizgisellikleri ortaya çıkarmak amacıyla EA tekniğinin, düşey türev verileriyle ilk kullanımı, Oruç (2010) tarafından yapılmıştır. Kütlelerin sınırlarını belirlemek için yapılan hesaplamalarda, doğrudan gravite verileri yerine gravitenin birinci düşey türevi kullanılarak yapılan hesaplamalar daha doğru sonuç vermektedir (Elmas, 2018). Bu çalışmada kullanılacak metodlar, bölgeye ait Bouguer gravite haritasının reyonel değerlerinin düşey türev verileri uygulanmıştır. Öncelikle alçak geçişli süzgeç kullanılarak, reyonel veri tespit edilmiştir. Daha sonra, bu veriden düşey türev değerleri hesaplanmıştır. Hem bu işlem için hem de çizgisellikleri belirlemek için, TYT ve EA sınır analiz yöntemlerini içeren POTENSOFT yazılımı (Arısoy ve Dikmen, 2011) kullanılmıştır. Van Gölü ve civarının jeolojik ve tektonik birimlerini ortaya çıkarmak için birçok çalışma yapılmıştır (Degens vd., 1984; Genç, 1984; Özvan vd., 2008; Acarlar vd., 1991; Kuzucuoğlu vd., 2010; Uner vd. 2010; Toker ve Şengör, 2011). Özvan vd., (2008), Van Gölü ve civarının jeoteknik özelliklerini sondaj çalışmalarıyla araştırmışlardır. Toker ve Şengör (2011), Van Gölü ve civarının tektonik yapısını, sismik yöntem ile değerlendirmişlerdir.

Bu çalışmada Van Gölü ve civarına ait Bouguer gravite verileri Dünya Gravite Haritası'ndan (WGM2012) (Bonvalot et al., 2012) elde edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan WGM2012 Bouguer gravite verileri ölçülen

veriler olup, 2'x2' çözünürlüğündedir (Bonvalot et al., 2012). Elde edilen verilerinden hesaplanan reyonel gravite değerlerinin düşey türev değerlerine TYT ve EA teknikleri uygulanarak, temel kaya seviyelerindeki yoğunluk farkı sunan yapı sınırları görüntülenmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte, yumuşak-sert sediment, temel kaya ve Conrad ara yüzey topografyalarının ortalama derinlikleri de genlik spektrumu ile hesaplanmıştır. Son olarak ta, ters çözüm hesaplamalarıyla bölgenin temel kaya topografyasındaki ondülasyonlar Parker-Oldenburg algoritması ile hesaplanmıştır (Parker, 1973; Oldenburg, 1974; Gomez-Ortiz ve Agarwal, 2005).

Bu çalışma kapsamında, genlik spektrumu hesabı sonucu yumuşak-sert sediment, temel kaya ve Conrad arayüzeylerine ait ortalama derinlikler sırasıyla 3.1 km, 6.2 km ve 14.4 km olarak belirlenmiştir. Yoğunluk farkı sunan yapı sınırlarının, bölgenin tektonik rejimi ile ilgili olduğu belirlenmiştir. Bir de, ters çözüm hesabı ile çalışma alanının temel kaya topografyasının derinlik değerlerinin 5.6 - 6.7 km arasında değiştiği hesaplanmıştır.

VAN GÖLÜ VE CİVARININ JEOLJİSİ

Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Van Gölü Arap-Avrasya plakalarının çarpışmasıyla oluşan sıkışma sonucunda zamanla oluşmuştur (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986). Van Gölü ve civarı Geç Pliyosen zamanında oluşmuştur ve Kuvaterner zamanında hüküm süren volkanizma hareketleriyle bu günkü şekline ulaşmıştır (Wong ve Finckh, 1978; Degens vd., 1984). Van Gölü ve civarındaki son tektonik olaylar Pliyo-Kuvaterner zamanlıdır (Koçyiğit vd., 2001). Çalışma bölgesinde, Arap-Avrasya plakalarının çarpışması sonucunda K-G doğrultulu sıkışma olayı, D-B doğrultulu ters faylar, GB-KD

doğrultulu sol yönlü ve GD-KB doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı faylar ve K-G doğrultulu genişleme olayları hakimdir (Koçyiğit vd., 2001; Koçyiğit, 2013). Van Gölü ve civarının tektonik yapısı Şekil 1'de görülmektedir (Şenel, 2008).

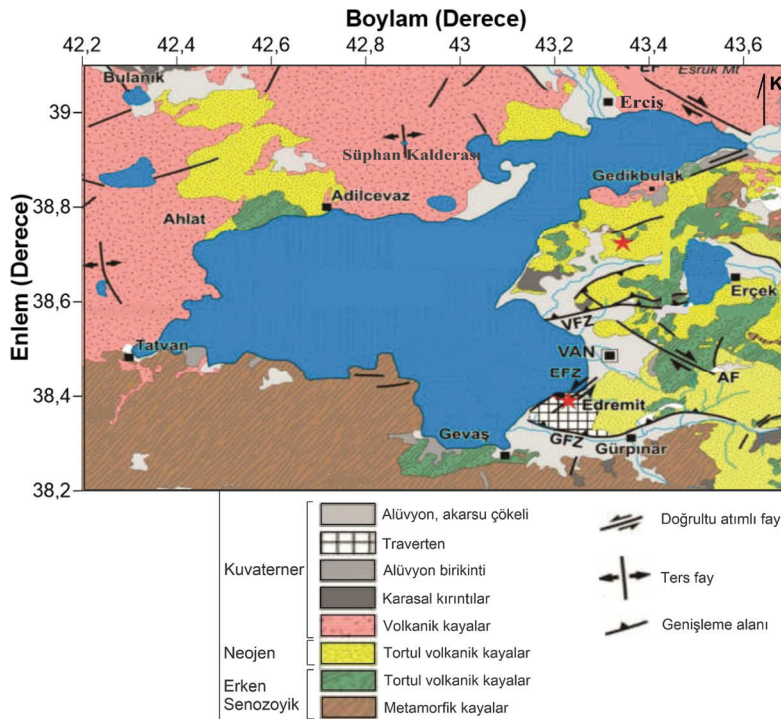
Van Gölü ve civarında çok sayıda aktif fay bulunmaktadır. Bölgenin tektonik yapısının yanı sıra, aktif fayları Şekil 2a'da görülmektedir (Emre vd., 2013).

Bu çalışma ile bölgeye ait Bouguer gravite verisinden alçak geçişli süzgeç ile hesaplanan rejyonal gravitenin düşey türevi kullanılarak, bölgenin tektonik yapı sınırları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, çalışma alanının ara yüzey topoğrafyalarının ortalama derinlikleri de logaritmik genlik spektrumu ile hesaplanmıştır. Son olarak, ters çözüm yöntemi ile bölgenin temel kaya topoğrafyası belirlenmiştir. Tüm bu

çalışmalardan sonra bölge'nin güncel tektonik yapısı elde edilen verilerle değerlendirilmiştir.

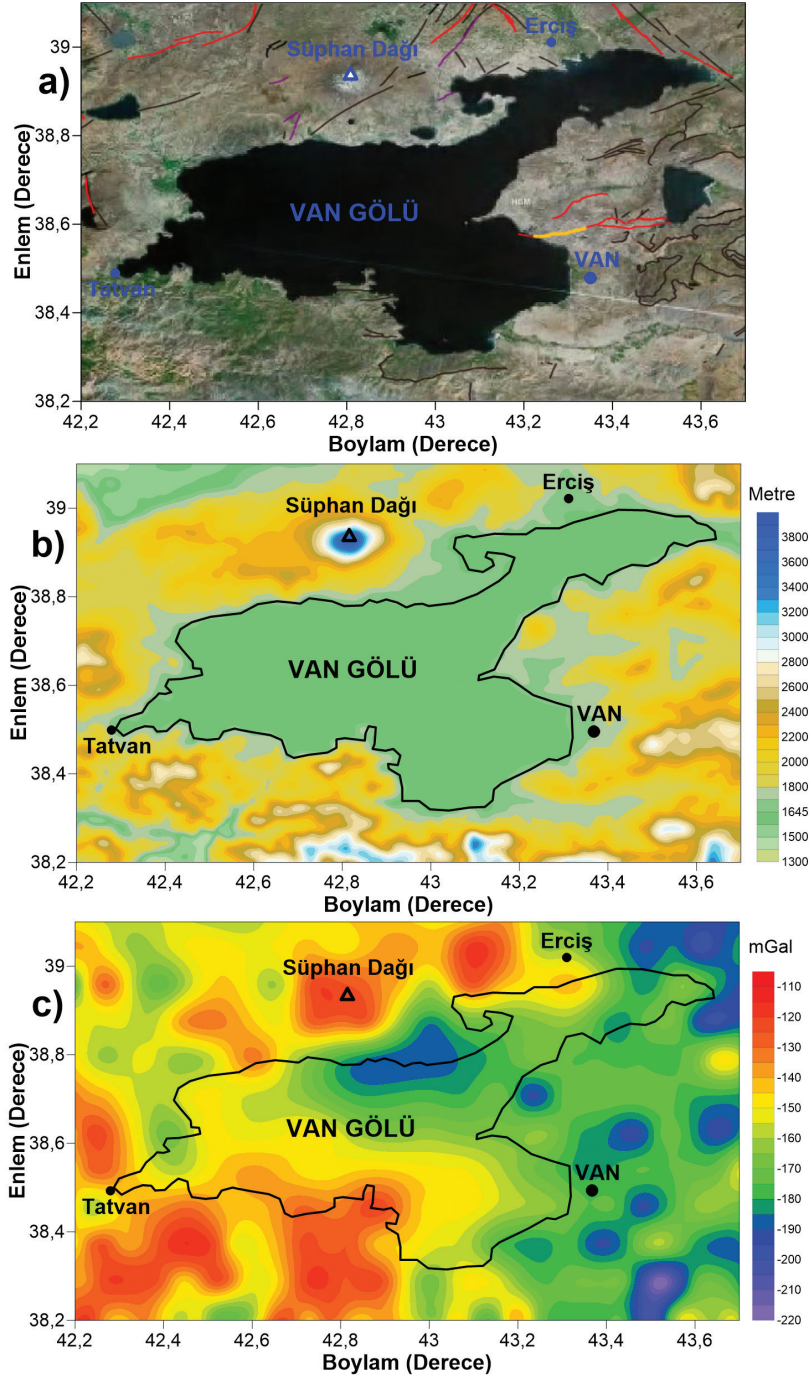
YÖNTEM VE HESAPLAMALAR

Şekil 2b'de verilmiş olan bölgeye ait topografya verisi USGS (1998)'dan alınmıştır. Şekil 2c'de bölgeye ait Bouguer gravite haritası görülmektedir (Bonvalot et al., 2012). Bölgedeki ara tabaka yüzeylerinin ortalama derinlik değerleri, Bhattacharyya'nın (1967) geliştirdiği radyal ortalama genlik spektrum tekniğinden faydalanılarak hesaplanmıştır. İşlemler sonunda üç adet derinlik değeri hesaplanmıştır (Şekil 3). Genlik spektrumu hesabı sonucu yumuşak-sert sediment, temel kaya ve Conrad arayüzeylerine ait ortalama derinlikler sırasıyla 3.1 km, 6.2 km ve 14.4 km olarak belirlenmiştir.



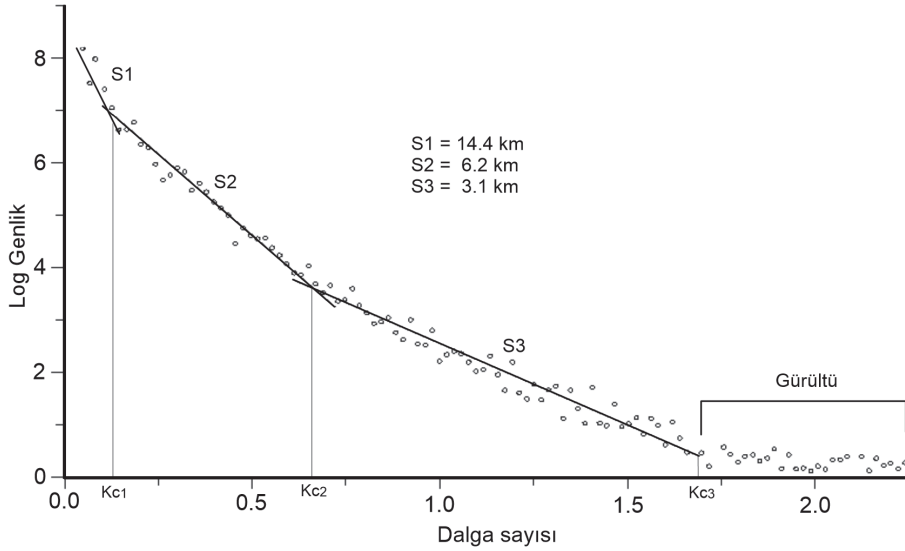
Şekil 1. Van Gölü ve civarının tektonik haritası (Şenel, 2008'den alınmıştır).

Figure 1. Tectonic outline of the Van Lake and its vicinity (after from Şenel, 2008).



Şekil 2. (a) Van Gölü ve civarının aktif fay (Emre vd., 2013'den alınmıştır), (b) topografya ve (c) WGM2012 Bouguer gravite anomali haritası.

Figure 2. (a) Active fault (after from Emre et al., 2013), (b) topography and (c) WGM2012 Bouguer gravity anomaly map of Van Lake and its vicinity.



Şekil 3. Çalışma alanının WGM2012 Bouguer gravitesinin genlik spektrumu ile ara tabakaların derinlikleri.

Figure 3. The amplitude spectrum of the Bouguer gravity of the study area and the depths of the intermediate layers.

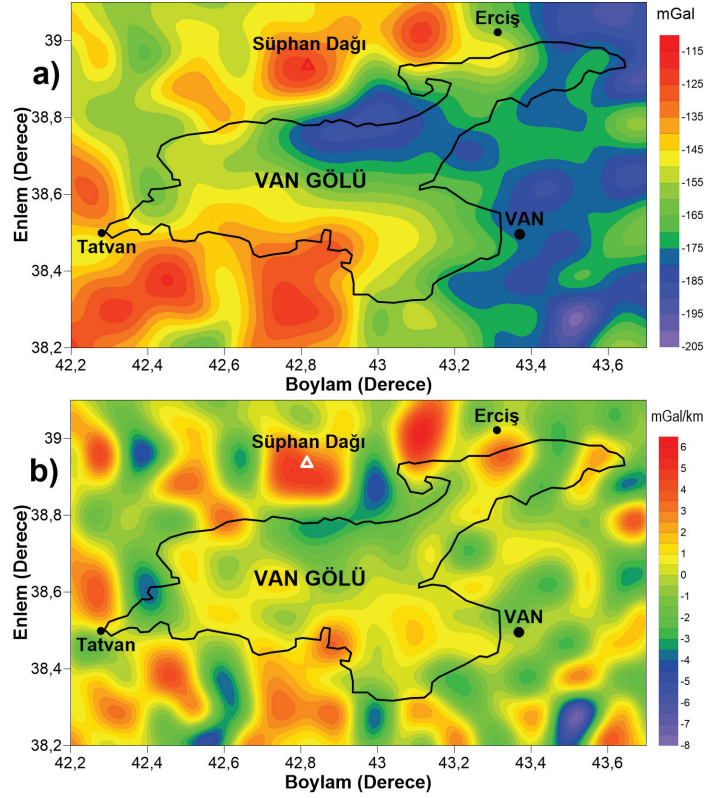
Cordell ve Grauch (1985) tarafından önerilen TYT tekniğini ile yapılan hesaplamalarda, yüksek genlikler kütle sınırlarında, bir bant şeklinde toplanırlar. Denklem 1'de düşey türev gravite değerinin tam yatay türev değeri verilmiştir (Cordell ve Grauch, 1985).

Bu çalışmada kullanılan sınır analiz tekniklerinden ikincisi EA yöntemidir (Miller ve Singh, 1994). Gravite verileri için Denklem 2 ile yapılan EA hesaplamalarında sıfır değerleri yanal süreksizlikleri temsil etmektedir (Miller ve Singh, 1994). Denklem 2'de düşey türev değerlerinin yatay türev değerleri kullanılmıştır (Oruç, 2010).

Bölgeye ait rejyonel gravite ve rejyonel gravitenin düşey türev değerleri Şekil 4a ve 4b'de verilmiştir. WGM2012 Bouguer gravite

verilerine, genlik spektrumundan elde edilmiş kesme dalga sayısı ile alçak geçişli süzgeç uygulanarak bölgenin rejyonel gravite değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4a). Rejyonel gravitenin düşey türevinden hesaplanan TYT haritasının maksimum değerleri ve EA haritasının sıfır değerleri bölgedeki yapısal süreksizliklere karşılık gelen çizgisellikleri belirtir (Şekil 5a ve 5b).

Bölgenin tektonik yapısı da göz önünde bulundurularak Şekil 5a ve Şekil 5b'ye bakılacak olursa, süreksizlik sınırlarının genellikle kuzey - güney uzanımlı oldukları görülür. Ancak bunun yanı sıra, bu süreksizlik sınırlarının, bölgenin çeşitli yerlerinde farklı doğrultularda uzandıkları görülebilir. Bu durum, bölgenin tektonik rejiminin bir sonucudur (Pamukçu vd., 2007; Pamukçu vd., 2015).

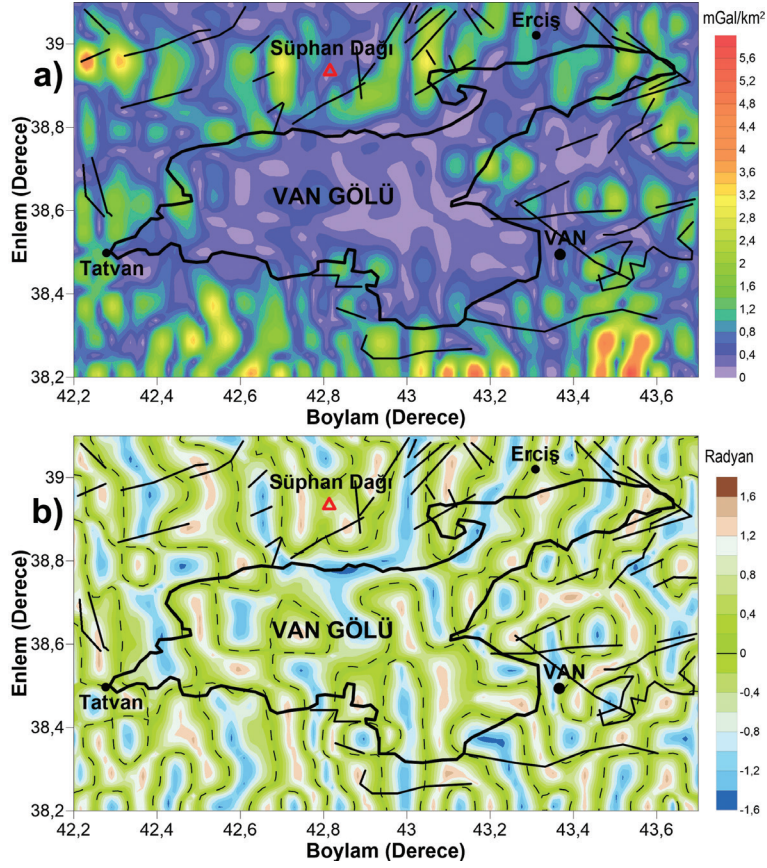


Şekil 4. (a) Rejyonel gravite ve (b) rejyonel gravitenin düşey türev anomali haritaları.

Figure 4. (a) Regional gravity and (b) vertical derivative anomaly maps of regional gravity.

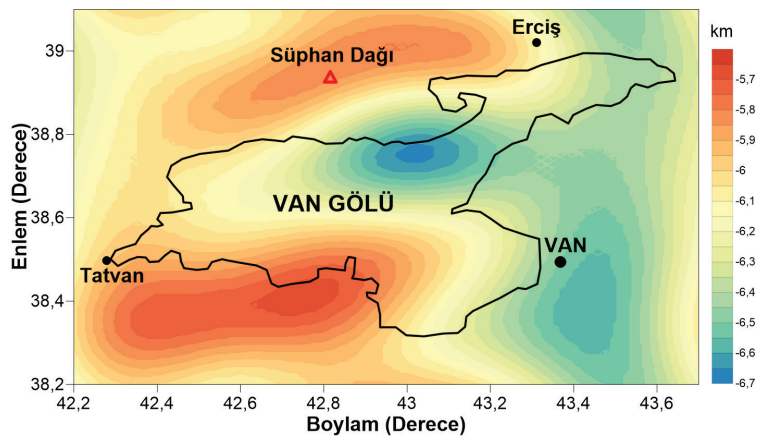
Ayrıca bu süreksizlikler bazı kısımlarda eski ve diri fayları kesmektedir. Son olarak, çalışma alanına ait temel kaya topografyası Parker-Oldenburg algoritmasını kullanan ters çözüm tekniği ile hesaplanmıştır (Parker, 1973; Oldenburg, 1974). Temel kayadan kaynaklanan gravite dalga boylarını elde etmek için, genlik spektrumundan elde edilmiş dalgasayıları kullanılmıştır. WGM2012 Bouguer gravite verilerine, bu dalga sayılarının kullanımıyla bant geçişli süzgeç uygulayarak, temel kaya

topografyası için yapılacak ters çözüm hesabı için gravite verisi belirlenmiştir. Temel kaya topografya haritasına bakılacak olursa, temel kaya ara yüzey derinliğinin 5.6 - 6.7 km arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 6). Süphan Dağı civarında bu derinlikler 5.7 km civarında iken, gölün ortasına doğru derinleştiği görülmektedir. Ters çözüm yöntemiyle belirlenen derinlikler genlik spektrumu yöntemi ile hesaplanan değerlerden çok farklı değildir.



Şekil 5. (a) Rejyonel gravitenin birinci düşey türevin TYT ve (b) EA haritaları.

Figure 5. (a) TYT and (b) EA maps of the first vertical derivative of regional gravity.



Şekil 6. Van Gölü ve civarının temel kaya topoğrafyası.

Figure 6. Basement topography of Van Lake and its vicinity.

SONUÇLAR

Bu çalışmada iki farklı yöntem uygulanarak bulunan çizgisellik haritaları, EA haritasının sıfır konturları ve TYT haritasının maksimum genlik değerleri kullanılarak güncel tektonik yapısı belirlenmiştir. Çizgisellikleri ortaya çıkarmak için daha önce yapılmış çalışmalar çoğunlukla doğrudan gravite verisiyle hesaplanmıştır. Bu çalışmada ise çizgisellikleri belirlemek için bölgenin düşey türev gravite verileri kullanılmıştır. Çalışma alanındaki ana tektonik birimlerin sınırları daha önceki çalışmalarla belirlenmiş, ancak bu çalışma ile daha alt birimlere ait çizgisellikler belirlenmiştir. Ayrıca, bölgenin Bouguer gravite verilerinin genlik spektrumları hesaplanarak, bölgenin kabuk yapısında var olan yumuşak-sert sediment, temel kaya ve Conrad arayüzeylerine ait ortalama derinlikler sırasıyla 3.1 km, 6.2 km ve 14.4 km olarak bulunmuştur. Ayrıca, bölgeye ait temel kaya topografya derinliklerinin de 5.6 - 6.7 km arasında değiştiği bulunmuştur. İki farklı yöntem ile belirlenen derinlikler arasında çok büyük bir fark bulunmamaktadır. Diğer taraftan, bulunan sonuçların, bölgenin tektonik rejimiyle uyum içinde olduğu görülmüştür. Bölgedeki birimlerin yan birimlerle dokunaklarını faylardan ayırmak için daha farklı çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- Acarlar, M., Bilgin, E., Elibol, E., Erkal., T., Gedik, İ., 1991. Van gölü doğu ve kuzeyinin jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Arşiv No: 1061, Ankara.
- Altınöglü, F.F., Sarı, M., Aydın, A., 2015. Detection of lineaments in Denizli Basin of Western Anatolia Region using Bouguer gravity data. *Pure and Applied Geophysics*, 172, 415–425.
- Arısoy, M. Ö., Dikmen, Ü., 2011. Potensoft: MATLAB-based Software for potential field data processing, modelling and mapping. *Computer and Geosciences*, 37, 935–942.
- Bhattacharyya, B.K., 1967. Some general properties of potential fields in space and frequency domain: a review. *Geoexploration*, 5 (3), 127–143.
- Bonvalot, S., Balmino, G., Briais, A., M. Kuhn, Peyrefitte, A., Vales N., Biancale, R., Gabalda, G., Reinquin, F., Sarrailh, M., 2012. World Gravity Map. Commission for the Geological Map of the World. Eds. BGI-CGMW-CNES-IRD, Paris.
- Cooper, G. R. J., Cowan, D. R., 2006. Enhancing potential field data using filters based on the local phase. *Computers and Geosciences*, 32 (10), 1585-1591.
- Cordell, L., and Grauch, V.J.S., 1985. Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico, (Ed. Hinze, W.J.) The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps, *Society of Exploration Geophysicists*, 181–197.
- Degens, E. T., Wong, H. K., Kempe, S., Kurtman, F., 1984. A geological study of Lake Van, eastern Turkey. *Geologische Rundschau*, 73-2, 701–734.
- Doğan B., 2018. Active tectonics of Erçek Lake Basin and lithostratigraphy of basin deposits (Van, Turkey). *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 398-411.
- Elmas, A., 2018. Kıbrıs adasındaki yapısal süreksizliklerin EGM08 gravite verileri kullanılarak belirlenmesi, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 42, 17-32 (DOI: 10.24232/jmd.434135).
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F., 2013. Açıklamalı 1/1.250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30. Ankara- Türkiye.

- Genç, S., 1984. Bitlis Masifi kuzey kenarının kıvrımlı ve faylı yapısı, Küçüksu-Reşadiye (Tatvan, Bitlis) yöresi, Güneydoğu Türkiye. Karadeniz Üniversitesi Dergisi, 3 (1-2), 17-27.
- Gomez-Ortiz, D., Agarwal, B. N. P., 2005. 3DINVER.M: A MATLAB program to invert the gravity anomaly over a 3-D horizontal density interface by Parker-Oldenburg's algorithm. Computer Geosciences, 31, 513-520.
- Kocyiğit, A., 2013. New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian plateau, E. Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 62, 586-605.
- Kocyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kuloshvili, S., 2001. Neotectonic of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. Geodinamica Acta, 14, 177-195.
- Kuzucuoğlu, C., Christol, A., Mouralis, D., Doğu, A. F., Akköprü, E., Fort, M., et al., 2010. Formation of the Upper Pleistocene terraces of Lake Van (Turkey). Journal of Quaternary Sciences, 25 (7), 1124-1137.
- Miller, H. G., Singh, V., 1994. Potential field tilt -a new concept for location of potential field sources. Journal of Applied Geophysics, 32, 213-217.
- Nabighian, M. N., 1972. The Analytic Signal of two dimensional magnetic bodies with polygonal cross section: Its properties and use for automated anomaly interpretation. Geophysics, 37, 507-517.
- Oldenburg, D. W., 1974. The inversion and interpretation of gravity anomalies. Geophysics, 39, 526-536.
- Oruç, B., 2010. Edge detection and depth estimation using a tilt angle map from gravity gradient data of the Kozaklı-Central Anatolia Region, Turkey. Pure and Applied Geophysics, DOI: 10.1007/s00024-010-0211-0.
- Özvan, A., Şengül, M.A., Tapan, M., 2008. Van Gölü havzası neojen çökellerinin jeoteknik özelliklerine bir bakış: Erciş Yerleşkesi, Çukurova Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi (Geosound), 52, 297-310.
- Pamukçu, O. A., Akçığ Z., Demirbaş Ş., Zor, E., 2007. Investigation of crustal thickness in Eastern Anatolia using gravity, magnetic and topographic data. Pure and Applied Geophysics, 164(11), 2345-2358.
- Pamukçu, O., Gönenç, T., Çırmık, A.Y., Demirbaş Ş., Tosun S., 2015. Vertical and horizontal analysis of crustal structure in eastern Anatolia region. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 151(151), 217-229.
- Parker, R. L., 1973. The rapid calculation of potential anomalies. Geophysical Journal International, 31, 447-455.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., 1986. Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şenel, M., 2008. Scaled Geological Maps of Turkey (Van – K50 Quadrangle). 1:100.000. Publication of General Directorate of Mineral Research, Ankara (Turkey).
- Toker, M., Şengör, A.M.C., 2011. Van Gölü havzasının temel yapısal unsurları, tektonik ve sedimanter evrimi, doğu Türkiye. İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi/d mühendislik, 10 (4), 119-130.
- Uner, S., Yeşilova, C., Yakupoğlu, T., Uner, T., 2010. Pekişmemiş sedimanlarda depremlerle oluşan deformasyon yapıları (sismitler): Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu. Yerbilimleri, 31 (1), 53-66.
- U.S. Geological Survey, Digital Elevation Models GTOPO30, Virginia, 1998. http://webmap.ornl.gov/wcsdown/wcsdown.jsp?dg_id=10003_1, (Ziyaret tarihi: 11 Şubat 2020).
- Wong, H.K., Finckh, P., 1978. Shallow structures in Lake Van. in: The Geology of Lake Van, E.T. Degens and F. Kurtman (eds.), The Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Publication, No.169, pp. 20-28.



Araştırma Makalesi / Research Article

Türkiye'deki Kırgıbayırların Jeosit Potansiyeli The Potential of Badlands in Turkey as Geosites

Yıldız GÜNEY 

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İzmir

Geliş (Received): 05 Ocak (January) 2022 / Düzeltme (Revised): 01 Haziran (June) 2022 / Kabul (Accepted): 09 Haziran (June) 2022

ÖZ

Tarım ve hayvancılık amaçlı kullanılması mümkün olmayan, yer yer üzerinde yürünmesi bile imkansız olan kırgıbayır arazilerin turizm ve eğitim amaçlı kullanılması mümkündür. Dünyada turizm ve eğitim amaçlı kullanılmak üzere düzenlenmiş, her yıl binlerce insan tarafından ziyaret edilen kırgıbayır alanları mevcuttur. Türkiye'de de oldukça geniş alan kaplayan kırgıbayırlar hemen her bölgede çeşitli büyüklükte karşılaşılabılır. Türkiye jeosit potansiyeli açısından dünyadaki muadilleri ile yarışabilecek nitelikte kırgıbayır alanlarına sahiptir. Nitekim Şahin Sırtı (Çanakkale), Küpyar (Manisa), Nallıhan (Ankara), Şeytan Şehri (Sivas), Gökkuşluğu Tepeleri (Erzurum), Gökkuşluğu Tepeleri (İğdır) gibi bazı kırgıbayır alanları sahip oldukları ilginç görünüm ile insanların ilgisini çekmeyi başarmıştır. Fakat Türkiye kırgıbayırlarının jeosit potansiyeli ile ilgili bütüncül bir değerlendirme yapılmamıştır. Bu çalışmanın temel amacı Türkiye'de seçili bazı kırgıbayır alanlarının eğitim ve turizm amaçlı jeosit değerini belirlemek ve önce bunları kendi aralarında karşılaştırıp sonra dünyadaki örnekleriyle karşılaştırmaktır. Bunun için kantitatif jeosit değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Değerlendirme sonuçları araştırmaya konu olan kırgıbayırlar arasında Nallıhan kırgıbayırının sahip olduğu temel (eğitimsel ve bilimsel) ve ikincil (turistik ve fonksiyonel) değerleri ile Türkiye'nin jeosit potansiyeli en yüksek kırgıbayır alanı olduğunu ve dünyadaki örnekleri arasında yüksek jeoturizm değerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Jeosit potansiyeli açısından önemli kırgıbayır alanlarına sahip Türkiye'nin bu kırgıbayır alanlarını turizm ve özellikle eğitim amaçlı olarak yeterince iyi değerlendirmedeği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Anadolu, Jeomiras, Jeosit, Jeoturizm, Kırgıbayır

ABSTRACT

Badlands are areas that cannot be used for agricultural and animal husbandry purposes. It is even impossible to walk on some parts of them. However, they can be used for tourism and educational purposes. In the world, there are badlands used for tourism and educational purposes and visited by thousands of people every year. It is also possible to see badlands, which cover a large area, almost in any region of Turkey. Turkey has badlands that can compete with other badlands in the world in terms of geosite potential. Indeed, certain badlands such as Rhododendron Ridge, Küpyar Badland, Nallıhan Badland, Devil City Badland, Rainbow Hills (Erzurum) and Rainbow Hills (İğdır) have succeeded in attracting people's attention with their interesting features. However, no holistic assessment has been carried out regarding the geosite potential of the badlands in Turkey. The main purpose of this research is to determine the educational and touristic value of certain badlands in Turkey as a geosite and to compare these areas with their examples in the world. Accordingly, quantitative geosite assessment methods were used in the research. The results of the assessment revealed that Nallıhan Badland, which is one of the badlands subjected to assessment in the research, is the badland that has the highest geosite potential of Turkey with its main

(educational and scientific) and additional (touristic and functional) values. Also, this area has high geotouristic value among other examples in the world. It was concluded that Turkey, which has important badlands in terms of geosite potential, does not evaluate these badlands for tourism and especially educational purposes.

Keywords: Anatolia, Geoheritage, Geosite, Geotourism, Badlands

GİRİŞ

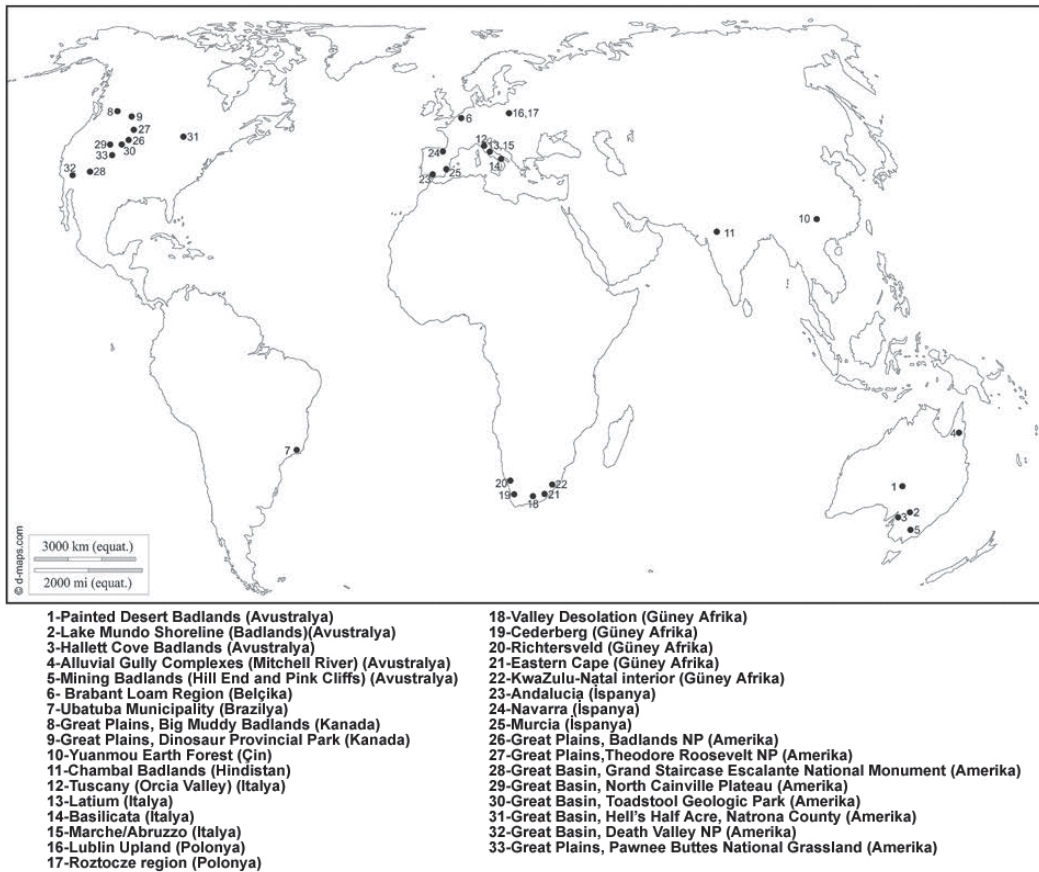
Kırgıbayırlar, bitki örtüsünün çok az olduğu veya hiç olmadığı, genellikle flüvyal kökenli, yoğun şekilde parçalanmış doğal oluşumlar olarak tanımlanmaktadır (Moreno-de las Heras ve Gallart, 2018). Aşınımına karşı düşük dirençli anakayalar ya da pekişmemiş sedimentler, yüksek erozyon oranları, yüksek drenaj yoğunluğu, rill ve gullyler kırgıbayırların karakteristik özellikleridir. Tüm bunlar bu tip arazilerde tarım ve hayvancılık faaliyetlerini imkansız hale getirmektedir (Bryan ve Yair, 1982). Kırgıbayırlarda tarımsal faaliyetleri engelleyen bitki örtüsünün yokluğu, dik yamaçlar, yüksek drenaj yoğunluğu, sığ veya var olmayan regolit ve yüksek erozyon oranları jeomorfoloğların ilgisini çeken özelliklerdir. Kırgıbayırlar, flüvyal morfojenetik bölgelerde hüküm süren aşınma, taşınma ve birikme süreçlerinin ve buna bağlı olarak gelişen yerçekillerinin çoğunun küçük bir mekânsal ölçekte daha kısa zaman aralığında geliştiği yerlerdir. Kurak bir görüntü uyandırır da bitki örtüsünün bulunmadığı veya tahrip edildiği erozyona dirençsiz sedimentlerin olduğu neredeyse her iklimde gelişebilirler (Howard, 2009). Tarım ve hayvancılık faaliyetlerini sınırlayan kırgıbayır sahaları ilginç görünimleri ve sahip oldukları bazı karakteristik özellikleri ile Türkiye'de fotoğrafçıların, ressamların, bilim insanlarının, doğa severlerin, motokrosçuların, macera tutkunlarının, sanat yönetmenlerinin ilgisini çekmeyi başarmıştır. İnsanların ilgisi sonucunda dünyada pek çok ülkede turizm ve eğitim amaçlı olarak düzenlenmiş ve kullanılan kırgıbayır sahaları mevcuttur (Şekil 1).

Ekolojik, jeolojik ve jeomorfolojik bilgileri insanlara aktarmanın ve kırgıbayır sahalarını korumanın en iyi yolu, buraları jeopark veya jeosit olarak değerlendirmekten geçmektedir. Zgłobicki vd. (2019) kırgıbayırların temel (eğitimsel ve bilimsel) ve ikincil (turistik ve fonksiyonel) değeriyle ilgili ülkeler ve şehirler arasında büyük farklılıklar olduğuna dikkat çekmiştir. Ayrıca Zgłobicki vd. (2018)'in dünyadaki kırgıbayır alanları ile ilgili yaptığı çalışma kırgıbayır alanlarının jeoturizm değerlerinin de oldukça farklı olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte bu konudaki çalışmalar etkileyici manzaraya sahip ve doğal arazi laboratuvarı özelliğindeki büyük kırgıbayırların tabiat parkları veya UNESCO miras alanları olarak resmi statüde korunması gerektiği sonucuna varmışlardır. Birçok araştırmacı kırgıbayırların bilim insanları ve öğrenciler için doğal saha laboratuvarı olarak hizmet veren etkileyici oluşumlar olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca bazı araştırmacılar koruma ve iyileştirme yöntemlerinin genellikle büyük kırgıbayırlar için etkili olmadığını savunmaktadır. Buna göre jeomorfoloğlar ve bilim insanları tarafından çalışılan belli kırgıbayırları beşerî müdahalelerden korumak ve doğal süreçlerin kendi seyrinde ilerlemesine izin vermek gerekmektedir. Bu noktada bilim insanları, kırgıbayırların paydaşları ve yönetimleri ile iş birliği yapmalıdır (Martínez-Murillo ve Nadal-Romero, 2018).

Türkiye'de jeolojik miras alanları ile ilgili ilk araştırmalar 1970'lerde başlamıştır ve daha çok jeolojik miras kavramı ile korunması üzerine yoğunlaşmıştır (Ketin, 1970; Canik, 1972;

Öngür, 1976). Sonraki yıllarda Türkiye'nin jeoturizm envanteri için önemli olan jeolojik ve jeomorfolojik miras unsurlarını ele alan araştırmaları pek çok araştırmacı tarafından yapılmış, 2000 yıllardan itibaren jeoturizm ve ilgili konularda daha kapsamlı araştırmalar, yayınlar yapılmaya devam etmiştir (Çiftçi ve Güngör, 2016). Bazı kuruluşların jeoturizm ile ilgili girişimleri bu konuya daha çok ilgi duyulmasında etkili olmuştur. Örneğin Jeolojik Mirası Koruma Derneği (JEMİRKO) 2000 yılında, Türkiye'de yer bilimleri açısından öneme sahip jeositleri ortaya çıkarmak, envantere kaydetmek ve tanıtmak için kurulmuştur. Bu

dernek Türkiye'de jeoturizm ve onunla ilgili jeosit, jeomiras, jeomorfolojik bilgi, jeokoruma, jeopark gibi konuların gelişmesinde önemli rol oynamıştır (Kazancı, 2010). Hâlihazırda JEMİRKO envanterinde, bir kısmı onay sürecinde (490), önemli yerleri ihbar edenlerle birlikte (325) toplam 815 jeosit bulunmaktadır (Kazancı vd., 2015). Güney (2020) JEMİRKO'nun Jeolojik Miras Envanteri'nde Türkiye'nin her bölgesinden oldukça çeşitli jeolojik ve jeomorfolojik oluşumların dahil etmesine rağmen hiç bir kırgıbayır alanına yer vermediğini belirtmiştir.



Şekil 1. Dünyada jeoturistik değeri olan bazı kırgıbayırların lokasyonu (Zgłobicki vd. (2018)'den düzenlenmiştir).
Figure 1. Location of some badlands having geotouristic value in the world (adapted from Zgłobicki et al. (2018)).

Türkiye'de mağaralar (Doğu vd., 1994; Kopar ve Toroğlu, 2014; Aylar vd., 2019), şelaleler (Ceylan, 2000; Koday ve Çelikoğlu, 2009), peribacaları (Ekinci ve Doğaner, 2012), paleo-peribacaları (Doğan vd., 2018), kanyonlar (Şengün ve Tonbul, 2005; Güney ve Yasak, 2018), kaldera ve maarlar (Somuncu vd., 2004; Yıldırım ve Koçan, 2008; Yıldırım ve Karadoğan, 2010), travertenler (Doğaner, 1997; Elmacı ve Sever, 2006), dolinler (Güldalı ve Şaroğlu, 1983; Doğan, 2001), lapyalar (Özşahin, 2013), lagünler (Gedik, 1977; Çalışkan ve Tosunoğlu, 2010), yarımada (Kurt, 2015), kıyı okları (Ekinci ve Doğaner, 2016), yalıtaşları (Öztürk, 2018), insan fosil ayak izleri (Arpat, 1976; Kayan, 1992), kuestalar (Garipağaoğlu Farımaç, 1996) gibi jeolojik ve jeomorfolojik miras kaynakları ile ilgili pek çok alan araştırması geçmişten günümüze yapılmıştır. Örneklerini daha da çoğaltmanın hiç zor olmadığı bu alan araştırmaları, Türkiye jeoturizm envanterine katkı sunduğu için önemlidir. Kırgıbayırların ise Kapadokya, Kula, Narman, Afyon bölgelerini içine alan bazı çalışmalarda peribacaları gibi jeomorfolojik oluşumlarla birlikte yüzeysel olarak ele alındığı görülmüştür (Doğaner, 1995; Garipağaoğlu Farımaç, 1996; Koçman, 2004; Özdemir, 2019; Bahadır ve Işık, 2021). Fakat bu sınırlı çalışmalarda ön plana çıkarılan her zaman volkanik şekiller veya peribacaları olmuştur. Bu durum Türkiye'de kırgıbayır sahalarının turizm ve eğitim amaçlı jeosit olarak değerlendirme konusunun göz ardı edildiğini göstermektedir.

Aslında kırgıbayırların eğitim ve turizm amaçlı kullanımı Türkiye için yeni bir fikir değildir. Ozaner (1988) Selendi-Kula yörelerinde gerçekleştirdiği araştırmasında bu yörelerdeki erozyonun çok aktif olarak devam ettiği, kırgıbayırın oluşum ve gelişimini kısa sürede önlemek mümkün olmadığı için en uygun yöntemin kırgıbayır arazilerinin doğa

turizmi kapsamında değerlendirilmesi olacağını belirtmiştir. Fakat konuyla ilgili uygulamalı bir alan araştırması ancak yıllar sonra Güney (2020) tarafından ortaya konulabilmiştir. Literatürdeki bu eksiklik sebebiyle dünyadaki kırgıbayırların jeoturizm değeri ile ilgili oldukça kapsamlı bir çalışma yapan Zglobicki vd. (2018) Türkiye'den hiç bir alanı çalışmasına dahil etmemiştir (Şekil 1). Güney (2020)'nin araştırması detaylı bir alan araştırması olması açısından önemli olmakla birlikte jeoturizm ve jeo eğitim anlamında kullanılacak pek çok kırgıbayırın olduğu Türkiye'de objektif kriterler doğrultusunda karşılaştırmalı bir çalışmaya ihtiyaç da vardır. Türkiye'de jeosit potansiyeli taşıyan kırgıbayır sahalarını bütünleşik bir bakış açısıyla objektif kriterler doğrultusunda değerlendirerek ortaya koymak gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı Türkiye'nin farklı bölgelerinde yer alan ve bir şekilde insanların dikkatini çekmeyi başarmış kırgıbayır alanlarını jeoturizm, jeosit değerlendirme prensipleri çerçevesinde objektif olarak değerlendirerek karşılaştırmaktır. Bu kapsamda Türkiye'de bilimsel, eğitimsel ve turistik açıdan önemi olan bazı kırgıbayır alanları tanıtılmış, jeosit değeri ortaya konulmuş ve bu jeosit değeri önce kendi aralarında karşılaştırılıp, sonra da dünyadaki örnekleri arasındaki yerleri değerlendirilmiştir.

Çalışmanın amacı Türkiye'deki bazı kırgıbayır alanlarının jeosit olarak potansiyelini değerlendirmek için dört aşamalı bir yaklaşımı sunmak, tartışmak ve uygulamaktır: (1) mevcut kırgıbayırların tespiti, envanteri ve haritalanması, (2) İncelenen kırgıbayırların temel (bilimsel ve eğitimsel) ve ikincil (fonksiyonel ve turistik) kriterlere göre puanlanarak jeosit ve jeoturizm değerlendirmesinin yapılması (3) Araştırma kapsamında jeosit değerlendirme kriterlerine göre objektif olarak puanlanan kırgıbayırların birbirleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmesi

(4) İncelenen kırgıbayırların dünyadaki diğer örnekleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmesi.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Kapsamında İncelenen Kırgıbayırlar

Saha çalışmalarına, dağcılık ve doğa sporları kulüplerinin etkinliklerine ve literatür taramalarına dayanarak bu çalışma için Türkiye’de bulunan 6 tipik kırgıbayır sahası

belirlenmiştir. Araştırma kapsamında incelenen kırgıbayırlar Batı, Orta ve Doğu Anadolu gibi Türkiye’nin fiziki ve beşeri coğrafya özellikleri açısından birbirinden farklı özelliklere sahip bölgelerinden seçilmiştir (Şekil 2, Çizelge 1). Klimatolojik, jeomorfolojik ve jeolojik özellikleri sebebiyle oyuntu erozyonu şekillerinin ve kırgıbayır oluşumunun tipik bir jeomorfolojik süreç olduğu bölgeler çalışmaya dahil edilmiştir. Çizelge 1’de çalışma kapsamında seçilen bölgelerin bazı özellikleri verilmiştir.



● İncelenen kırgıbayırlar

1- Şahin sırtı (Çanakkale)

2- Küpyar (Manisa)

3- Nallıhan (Ankara)

4- Şeytan şehri (Sivas)

5- Gökkuşluğu tepeleri (Erzurum)

6- Gökkuşluğu tepeleri (İğdır)

Altık Türkiye haritasının kaynağı:

https://www.d-maps.com/carte.php?num_car=15378&lang=en

Şekil 2. Çalışma kapsamında incelenen kırgıbayırların lokasyonları.

Figure 2. Location of the studied badlands in Turkey.

Güney

Çizelge 1. Çalışma kapsamında incelenen kırgıbayırların özellikleri (Jeolojik veriler MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü'nden, iklim ile ilgili veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir).

Table 1. Characteristics of the studied badlands in Turkey (Geological data were obtained from General Directorate of Mineral Research and Exploration's Geoscience Map Viewer and Drawing Editor (2022), and climate-related data were obtained from the Turkish State Meteorological Service).

| | Şahin Sırtı | Küpyar | Nallıhan | Şeytan şehri | Gökkuşluğu T. (Erzurum) | Gökkuşluğu T. (İğdır) |
|--------------------------------|--------------------|------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------|--|
| İl | Çanakkale | Manisa | Ankara | Sivas | Erzurum | İğdır |
| Jeolojik Devir | Miyosen | Pliyo-Kvarterner | Miyosen | Oligosen | Oligosen-Miyosen | Miyosen |
| Jeoloji | Karasal depolar | Karasal depolar | Gösel depolar | Karasal depolar | Gösel depolar | Gösel depolar |
| Litoloji | çakıl-kım-silt-kil | çakıl-kım-silt-kil | kiltaş-çamurtaş-marn-kumtaş-konglomera | konglomera-kumtaş-silttaş-çamurtaş | kiltaş-jips-kumtaş | konglomera-kumtaş-jips-kiltaş-çamurtaş |
| Yükselti (m) | 60 | 402 | 650 | 1611 | 1260 | 1050 |
| Topografya | Yamaç | Yamaç, keskin ve dik sırtlar | Dağlık | Yamaç | Dağlık | Dağlık |
| İklim | Akdeniz | Akdeniz | Soğuk yarı-kurak | Ilıman karasal | Nemli karasal | Soğuk yarı-kurak |
| Yıllık toplam yağış (mm) | 626 | 470 | 298 | 384 | 426 | 257 |
| Yıllık ortalama sıcaklık (°C) | 15.1 | 16.7 | 12.3 | 11.4 | 10.2 | 12.3 |
| En fazla yağışın olduğu mevsim | Kış | Kış | Kış | İlkbahar | İlkbahar | İlkbahar |

Bu çalışma kapsamında seçilen belli kırgıbayır sahaları, her bölgenin veya bir bütün olarak Türkiye'nin temsilcisi olmaktan ziyade, kırgıbayırların eğitim ve turizm için değerini gösteren örnekler olarak görülmelidir. Türkiye'deki kırgıbayır alanları şüphesiz bu çalışma kapsamında ele alınanlardan daha fazladır (Avcıoğlu vd., 2021). Ülkemizin pek çok yerinde kırgıbayırlar olmakla birlikte bunlar her zaman insanların dikkatini çeken turistik çekicilikler oluşturamamaktadır. Türkiye'de bir şekilde insanların dikkatini çekmeyi başarmış Şahin

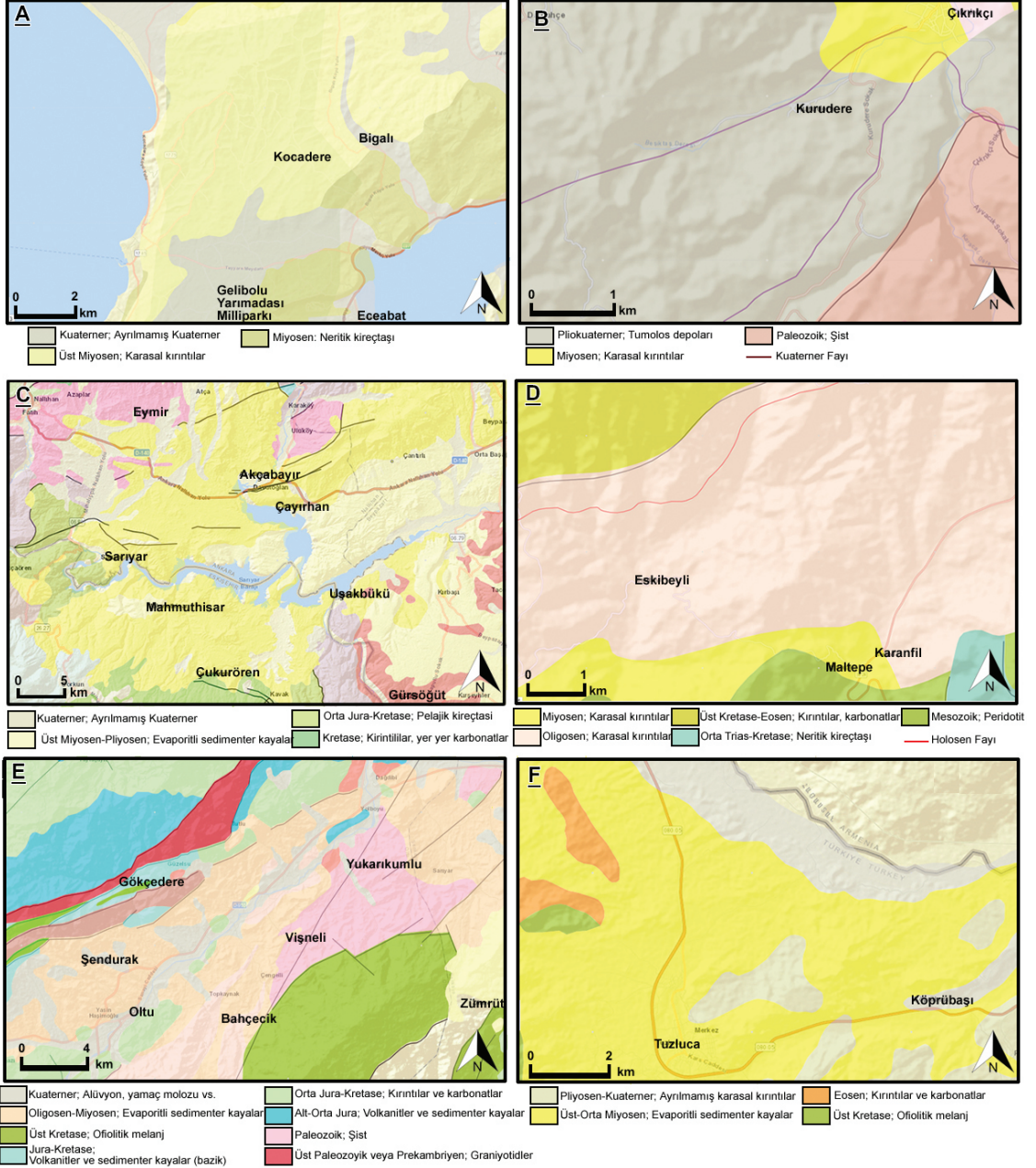
Sırtı, Küpyar, Nallıhan, Şeytan Şehri, Gökkuşluğu Tepeleri (Erzurum), Gökkuşluğu Tepeleri (İğdır) kırgıbayır alanları çalışma kapsamında ele alınmıştır. İnsanların ilgisini çeken kırgıbayırlar daha çok sahip oldukları farklı renk tonları ve ilginç görünüşleri ile ilgi çekici bir peyzaj oluşturan kırgıbayırlardır. Araştırma kapsamında seçilen kırgıbayır alanları peribacaları gibi özel jeomorfolojik şekiller içermeyen, sadece kırgıbayır olarak insanların ilgisini çekmeyi başarmış alanlardır. Dolayısıyla Kapadokya, Kula, Afyon Seydiler, Narman, Van Başkale gibi

alanlar çalışmanın dışında tutulmuştur. Bunun yerine sadece kırgıbayır olarak insanların ilgisini çekmeyi başarmış sahalar çalışmaya dahil edilmiştir. Aşağıda araştırma kapsamında seçilen kırgıbayır sahalarıyla ilgili kısa açıklamalar verilmiştir.

Şahin Sırtı: Gelibolu Yarımadası'nın batısında Arıburnu'nun kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 2). Türkçe'de "Şahin Sırtı" olarak anılan alan Anzakların "Rhododendron Ridge" demesinden dolayı uluslararası literatüre Rhododendron Ridge olarak geçmiştir. Kuzeyinde Çatak Dere güneyinde Sazlı Dere vadileri bulunan bu sırt Conkbayırı tepelerinden batıya doğru hafif bir eğim ile alçalır. Burası aslında Çanakkale Savaşları'nda Anzaklar ile Türklerin savaştıkları Arıburnu cephesindeki muharabe alanlarından biridir. Anzakların Conkbayırı'na batıdan yaklaşması için en uygun istikameti oluşturur (Armutak, 2015). Bu sırtın güney yamacında yaklaşık 22000 m²'lik bir alan erozyon etkisiyle parçalanmış arazi şekline dönüşmüş, tipik bir kırgıbayır alanıdır. Sahanın tarihi öneminden dolayı sırtın üzerine yürüyüş parkuru yapılmış, yönlendirme ve bilgilendirme levhaları yerleştirilmiştir. Yaklaşık 2 km'lik bir parkur olan Şahin Sırtı yürüyüş parkuru güney yamacında Sazlı Dere vadisindeki kırgıbayır alanının yakından gözlenebilmesi için çok iyi bir fırsattır. Tarihi öneminden dolayı milli park olarak ilan edilmiş Gelibolu Yarımadası'nda aynı formasyon üzerinde gelişmiş yer yer başka kırgıbayır alanları da vardır. Anzaklar tarafından Sniper Nest, Sfenks gibi adlarla anılan kırgıbayır alanlarının da tarihi önemi vardır. Fakat yürüyüş parkuru düzenlenmiş ve her yıl özellikle çeşitli anma yıldönümlerinde yerli ve yabancı binlerce insanın ziyaret ettiği yer Şahin Sırtı'dır. Bu parkur üzerinden kuşbakışı olarak kırgıbayırların gözlemlenmesi de oldukça rahattır. Arıburnu, Conkbayırı çevresindeki Üst Miyosen'e ait

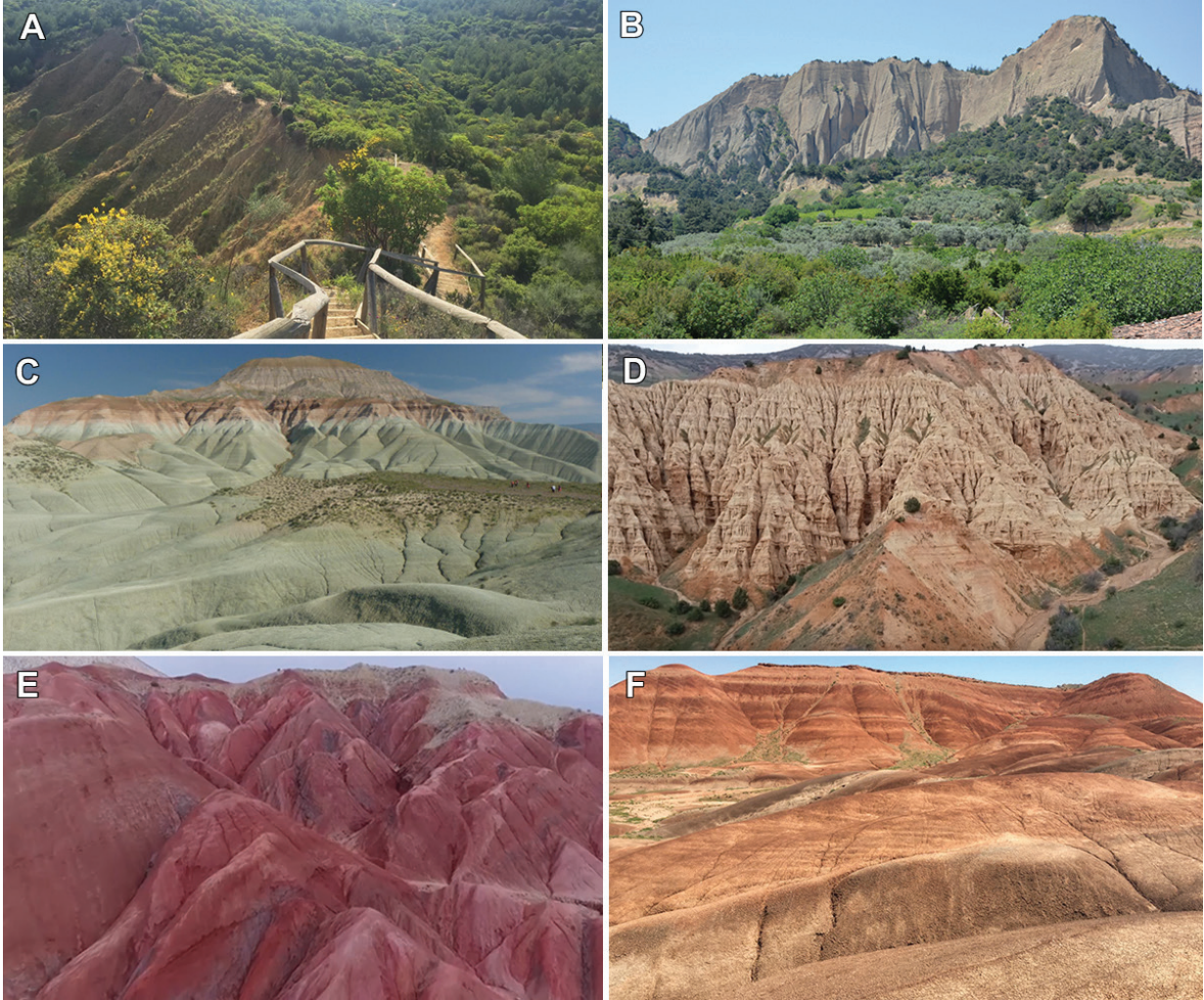
karasal çökeller kum, kil, marn ve çakıl gibi elemanların çimentolanmasıyla oluşmuştur (Şekil 3a) (Pektezel, 2015). Bu jeolojik birimin yayılış gösterdiği alanlarda bitki örtüsünün daha seyrek olduğu olduğu güney yamaçlarda yer yer kırgıbayırlar oluşmuştur. Sırtların güney yönleri daha dik eğimli ve bitki örtüsü oldukça zayıftır, kuzeyleri ise nispeten daha az eğimli ve bitki örtüsü daha gürdür (Şekil 4a).

Küpyar: Küpyar kırgıbayır alanı (Şekil 4b) Bozdağlar'ın kuzeybatı yamaçlarında Turgutlu ilçesi sınırlarında yer alır (Şekil 2). Tumolos depoları (Tmoloschutt deposits) adı verilen Pliyo Kuvaterner yaşlı çökeller kumlu, killi, siltli, çakıllı malzemeden oluşmuş heterojen yapıdadırlar (Şekil 3b). Bu karasal çökellerin düşük kohezyonlu yapısı erozyonu kolaylaştırmaktadır. Küpyar gibi Tumolos depolarının kalınlıklarının fazla olduğu topografyanın engebeli olduğu sahalarda, sivri, üzerinde yürünmesi güç piramidal tepeler, sırtlar ve bu sırtlar arasındaki dik yamaçlı derin gullylerden meydana gelmiş tipik kırgıbayır topografyası oluşmaktadır. Söz konusu topografik şeklin kazanılmasında yamacın litolojik özellikleri, eğim ve iklim birinci derecede etkili olmuştur. Tumolos depolarını oluşturan materyalin, zayıf kohezyonlu ve heterojen bir kompozisyona sahip çökellerin, yarıkurak Akdeniz iklimi şartlarında işlenmesiyle sahada tipik kırgıbayır topografyası gelişmiştir (Erinç, 1955; Koçman, 1985; Koçman, 1989). Küpyar ilginç görünümü ve Turgutlu ilçe merkezine yakınlığı sebebiyle her yıl doğaseverlerin, fotoğrafçıların, motokrosçuların, yerel bir takım dağcılık ve doğa sporları kulüplerinin ziyaret ettiği bir alandır. Bozdağların pek çok yerinde kırgıbayırlar oluşmasına rağmen Küpyar gibi ziyaretçi çeken destinasyonlar oluşmamıştır (Güney, 2020).



Şekil 3. Çalışma kapsamında incelenen kırgıbayırların jeoloji haritaları (A) Şahin Sırtı (B) Küpyar (C) Nallıhan (D) Şeytan Şehri (E) Gökkuşuğu Tepeleri-Erzurum (F) Gökkuşuğu Tepeleri-Iğdır (MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü (2022) kullanılarak oluşturulmuştur).

Figure 3. Location of the studied badlands in Turkey (A) Rhododendron Ridge (B) Küpyar (C) Nallıhan (D) Devil City (E) Rainbow Hills-Erzurum (F) Rainbow Hills-Iğdır (Geological maps of studied badlands (The maps was generated from the General Directorate of Mineral Research and Exploration's Geoscience Map Viewer and Drawing Editor (2022)).



Şekil 4. Çalışma kapsamında incelenen kırgıbayırlar (A) Şahin Sırtı, (B) Küpyar, (C) Nallıhan, (D) Şeytan Şehri, (E) Gökkuşuğu Tepeleri (Erzurum), (F) Gökkuşuğu Tepeleri (Iğdır) (A, B, C, D fotoğrafları Yıldız Güney, E fotoğrafı Anadolu Ajansı (2018), F fotoğrafı Volkan Dede arşivindedir.

Figure 4. Photos of the selected representative badland sites of Turkey (A) Rhododendron Ridge, (B) Küpyar Badland, (C) Nallıhan Badland, (D) Devil City Badland, (E) Rainbow Hills (Erzurum), (F) Rainbow Hills (Iğdır) (Photos A, B, C, and D are from Yıldız Güney's archive, photo E is from Anadolu Agency (2018) archive, and photo F is from Volkan Dede's archive)

Nallıhan: Nallıhan kırgıbayır sahası Türkiye'nin başkenti Ankara'nın merkezine yaklaşık 160 km uzaklıkta Nallıhan İlçesinde yer almaktadır (Şekil 2). Nallıhan kırgıbayırının oluşumunun ve etkileyici manzarasının temel sebebi litolojidir. Çayırhan formasyonu ve onun

üzerinde uyumsuz olarak bulunan Bozbelen formasyonu özellikle Kıztepe denilen yerde Nallıhan'ın en meşhur manzarasını ortaya çıkarmıştır (Şekil 4c). Düşey yönde bir litoloji diğer litolojiye dereceli olarak geçiş gösterebilir. Çayırhan Kuş Cenneti karşısındaki Kıztepe'ye

bakıldığında alttaki Çayırhan formasyonunun yeşil renkli marnlarının, dereceli olarak üstteki kırmızı renkli Bozbelen formasyonuna geçişleri gözlenir. Önce ince bantlar halinde yeşil renkli Çayırhan marnları arasında gözlenen Bozbelen formasyonunun kırmızı killi çamurtaşları giderek artar ve litolojide çamurtaşından, bol killi ince taneli kum taşlarına ve daha sonra ise iri taneli kum taşlarına dönüşür. Yeşilimsi kiltası, kumtaşı, marnlardan oluşan Çayırhan formasyonu Üst Miosen yaşlıdır. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Bozbelen formasyonu, Çayırhan formasyonunun üzerinde uyumsuz olarak bulunur (Şekil 3c). Bozbelen formasyonu taban seviyelerinde kırmızı kumtaşı-konglomera ile başlayarak; üst seviyelere doğru anhidrit ve kireçtaşlarına doğru geçiş gösteren kendi içerisinde ardalanmalı bir istif olarak gözlenir. Birimin yaygın gözlenen renkleri krem ve kahverengidir. Bu litolojinin soğuk yarıkurak iklim koşulları altında erozyonuyla Nallıhan kırgıbayır alanı meydana gelmiştir (Koral vd., 2019).

Şeytan Şehri: Şeytan Şehri, İç Anadolu'da Sivas ilinin Divriği ilçesinde yer alır (Şekil 2). Akpınar (2004) yörede jipsli birimler ve karasal kırıntılar üzerinde eğimin, bakının ve bitki örtüsünün etkisiyle yer yer oyuntu erozyonu şekilleri ve kırgıbayırların geliştiğini belirtmiştir (Şekil 3d). Oligosen'e ait alacalı karasal kırıntılar üzerinde özellikle ilkbahar aylarında düşen yağışlarla gully, rill gibi oyuntu erozyonu şekilleri ile kırgıbayırlar gelişme göstermiştir. Yöre insanı tarafından ilginç görünümü sebebiyle Şeytan Şehri olarak anılan bölge ise bu kırgıbayırların çok tipik bir görünüme sahip bir örneğidir (Şekil 4d). Bu ilginç görünümü sayesinde fotoğrafcıların ve doğaseverlerin ilgisini kendiliğinden çekmeyi başarmıştır. Kırgıbayırın geliştiği birim, genellikle gevşek çimentolu, katmanlanmanın çok belirgin olmadığı, farklı kalınlıklarda olan genel olarak kırmızı renk tonlarında çakıltaşı,

kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Yılmaz ve Yılmaz, 2004).

Gökkuşluğu Tepeleri (Erzurum): Rengarenk görünümünden dolayı Gökkuşluğu Tepeleri ismi verilen ilginç oluşum Erzurum'un Oltu ilçesinde Oltu-Ardahan yolu üzerinde bulunmaktadır. Bu ilginç oluşumun temel sebebi alacalı seri olarak anılan Oligosen'in kurak ve sıcak şartlarında çökelmiş olan evaporit karakterlerde tuzlu-alkali-jipsli çökellerdir (Şekil 3d). Oligosen-Miyosen'e ait evaporitli sedimanter kayaçların içerdikleri çeşitli minerallerden dolayı yer yer kırmızı, turuncu, sarı, boz ve yeşil renk tonlarındadır (Şekil 4e). Kısa mesafeler bu renk geçişlerini barındıran, üzerinde hiç bir bitki örtüsünün yer almadığı tepeler zamanla erozyon sonucunda yoğun olarak oyuntu erozyonu şekillerinin de bulunduğu bir yer haline gelmiştir. Kırmızı renk tonlarından oluşan çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ardalanması, sarı-gri-açık kırmızı renkli kireçtaşı-kumtaşı-çamurtaşı ardalanması, sarı-kırmızı renkli kalın katmanlı çakıltaşı-çamurtaşı-kumtaşı ardalanması ve yeşil-sarı-kırmızı renkli çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalanmasından oluşmuş birimlerdir (Yılmaz ve Yılmaz, 2016).

Gökkuşluğu Tepeleri (İğdir): Farklı renkleri bir arada barındırmasından dolayı yöre insanı tarafından Gökkuşluğu Tepeleri ismi verilen tepeler İğdir'in Tuzluca ilçesindedir (Şekil 2). Bölgede Miyosen'e ait göl sel çökellerde, akarsu çökellerinde ve evaporitli birimlerde oyuntu erozyonu şekillerine yoğun olarak rastlamak mümkündür. Bununla birlikte jeolojik biriminin katmanları arasındaki farklı renk geçişleri sebebiyle yörede yaşayanların Gökkuşluğu Tepeleri ismini verdiği bölgeyi oluşturan esas birim Çinçevat formasyonudur (Şekil 3f). Çinçevat formasyonu Orta Miyosen yaşlıdır. Formasyon altta kumtaşı-çakıltaşı ardalanması,

üste doğru ince taneli çökeller (çamurtaşı, kıltaşı, silttaşı) hakimdir. Koyu kırmızı renkteki çakıltaşları pekişmemiş özellikte ve gevşek tutturulmuştur. Kuvars ve serpantin farklı boydaki elemanlarından meydana gelen çakıltaşları kötü boylanmalı ve orta-kalın katmanlıdır. Kırmızı, gri ve grimsi yeşil renkli kumtaşları, yer yer kaba taneli, orta katmanlı ve genellikle kötü boylanmalıdır. İçerisinde bol miktarda jips kristalleri gözlemlenmiş çamurtaşları koyu kırmızı ile kahverengi olup, katmanlanma belirsizdir. Kumtaşı ve çakıltaşı çimentosu içerisinde homojen olarak dağılmış jipsler bulunmaktadır. Çiğevir formasyonundaki bu kırmızı, kahverengi, boz, yeşil ve sarı tonlara sahip tabakalı yapıdaki jeolojik birimin soğuk yarı-kurak iklim şartları altında işlenmesiyle üzerinde hiç bir bitki örtüsünün bulunmadığı, oyuntu erozyonu şekillerinin çok olduğu tepeler oluşmuştur (Şekil 4f) (Yılmaz, 2007; Yeşilova ve Yeşilova, 2019).

Jeosit/Jeoturizm Değerlendirmesi

Türkiye'nin farklı yerlerinden kırgıbayır olarak insanların ilgisini çekmeyi başarmış 6 alan seçildikten sonra, bu alanları kendi aralarında ve dünyadaki örnekleriyle objektif bir şekilde değerlendirme amaçlı yöntem arayışına girilmiştir. Jeositlerin değerlendirilmesinde temelde iki yöntem vardır. Bunlardan birisi değerlendiricinin uzmanlığına dayanarak nitel prosedürlerle jeositleri ele almayı gerektirir, diğeri ise ilgili jeositleri belli kriterler doğrultusunda sıralamayı, puanlamayı ve niceliksel olarak değerlendirmeyi gerektirir (Pereira ve Pereira, 2010). Makalenin amacı araştırmaya konu olan kırgıbayır alanlarını belli kriterler doğrultusunda objektif bir şekilde değerlendirmek ve bu sonuçlar dahilinde birbirleriyle ve dünyadaki benzerleri ile kıyaslamak olduğu için niceliksel

yöntemler kullanma gereği duyulmuştur. Jeositleri niceliksel olarak değerlendirmede geliştirilmiş pek çok kriter ve yöntem (Panizza, 2001; Pralong, 2005; Brilha, 2016; Warowna vd., 2016 vb.) olmasına rağmen, araştırma kapsamında ele alınan 6 farklı kırgıbayır alanını objektif olarak puanlayarak, sonuçları karşılaştırıp değerlendirebilmek için Zglobicki vd. (2019)'un niceliksel jeosit değerlendirilmesi kullanılmıştır. Zglobicki vd. (2019)'un seçilmesinin sebebi bu yöntemin kriter ve alt kriterlerinin çok yönlü, kapsamlı ve detaylı olmasıdır. Böylece çalışma kapsamında değerlendirilen kırgıbayırların altyapıdan, bilimsel değerine kadar bütün özellikleri detaylıca ele alınarak, objektif bir şekilde puanlanabilmiştir. Zglobicki vd. (2019)'un detaylı jeosit değerlendirmesi araştırma kapsamında incelenen kırgıbayırların güçlü ve zayıf yönlerini, sahip oldukları fırsatları ve tehditleri çok yönlü ve detaylı olarak ele almamızı sağladığı için önemlidir. Zglobicki vd. (2019) jeosit değerlendirmesi, detayları Çizelge 2'de de görülebileceği üzere, kırgıbayırların bilimsel, eğitimsel, fonksiyonel ve turistik değerlerinden oluşan 4 ana kriter ve bunların altındaki 24 alt kriterden oluşmaktadır. Bu alt kriterler doğrultusunda incelenen kırgıbayır sahaları tek tek objektif olarak değerlendirilmiş, puanlanmış ve birbirleriyle karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Veri analizi için Vujičić vd. (2011) tarafından önerilen jeosit değerlendirme modeli kullanılmıştır. Jeosit değerlendirme modeli, jeositleri ve jeositleri değerlendirmede aldıkları puanlara göre sınıflandırılabilen dokuz alandan oluşan matris şeklinde bir grafiştir. Grafiğin X eksenini ana değerleri (bilimsel ve eğitimsel) temsil ederken, Y eksenini ikinci değerleri (turistik ve fonksiyonel) gösterir. Bu model, kırgıbayır alanlarının turizm için uygunluğunu artırma amaçlı ne tür önlemler alınması gerektiğini (hangi tür değerlerin

iyileştirilmesi gerektiğini) gösterir (Zgłobicki vd., 2019).

Makalenin amaçlarından bir diğeri de seçilen kırgıbayırların dünyadaki benzerleri arasındaki yerini görmek ve karşılaştırmaktır. Bunun için ise Zgłobicki vd. (2018)'in niceliksel değerlendirmesi kullanılmıştır. Zgłobicki vd. (2018)'in tercih edilmesinin sebebi ise dünya ölçeğinde kırgıbayırları niceliksel olarak değerlendiren başka çalışmanın bulunmamasındandır. Böylece Zgłobicki vd. (2018)'in dünyadaki kırgıbayırlar için kullandığı yöntem araştırma kapsamında ele alınan kırgıbayır alanları için birebir uygulanarak daha önce aynı yöntemin dünya çapında uygulandığı 33 kırgıbayır alanının sonuçları ile karşılaştırma yapabilme imkanı olmuştur. Zgłobicki vd. (2018) dünyadaki önemli kırgıbayır alanlarının jeoturizm değerlendirmesini niceliksel olarak yaparak ortaya koymuştur. Bu çalışma kapsamında da Zgłobicki vd. (2018) tarafından dünyadaki kırgıbayır sahalarına uygulanan yöntem Türkiye kırgıbayırlarına uygulanarak puanlanmıştır. Böylece araştırma kapsamından incelenen kırgıbayırların puanları, jeoturizm değerleri dünyadaki örnekleri ile karşılaştırılarak değerlendirilebilmiştir. Zgłobicki vd. (2018)'in nicel değerlendirmesi detayları Çizelge 3'te de görülebileceği üzere bilimsel ve eğitimsel, erişilebilirlik ve turistik değer olmak üzere 3 ana kriter ve 9 alt kriterden oluşan nicel bir değerlendirilmiştir. Elbette bu yöntem kırgıbayırları kendi içinde deperlendirirken kullanılan Zgłobicki vd. (2019)'a göre daha az kriterin olduğu genel bir değerlendirme sunmaktadır. Fakat dünyadaki diğer benzer kırgıbayırlarla araştırma kapsamında incelenen kırgıbayırları karşılaştırabilmek için bu yöntem zorunludur.

İncelenen kırgıbayırların puanlamasını objektif bir şekilde yapabilmek için puanlamalar literatür taraması, harita analizleri ve arazi gözlemlerine dayandırılmıştır. İncelenen kırgıbayırlara ilişkin mekansal veriler ArcGIS 10.2 yazılımı ile tek bir veri tabanında toplanmıştır. Kırgıbayırlara ilişkin jeolojik ve litolojik veriler MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü'nden elde edilmiştir. Kırgıbayır alanlarının iklim özellikleri ile ilgili veriler Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. İncelenen kırgıbayırların bulunduğu lokasyonların 50 km'lik çapı içinde kalan yerleşmelerin tespit edilebilmesi için Geofabrik sitesinden elde edilen verilerle ArcGIS 10.2'de tampon bölge analizleri yapılmıştır. Tampon bölge analizi belirli bir coğrafi mesafe içinde, tercih edilen uzaklıklar baz alınarak istenilen bilgilere yönelik sorgulama yapılmasıdır (Turoğlu, 2008). Bu çalışmada tampon bölge analizleri için araştırma alanları olan kırgıbayır alanlarının sınır çizgisinden itibaren çizgiye eşit uzaklıktaki 50 km'lik çaplar ArcGIS 10.2 yazılımında oluşturulmuştur. Bu sınırlar içinde kalan yerleşmeler tespit edilmiştir. Ayrıca çalışılan sahaların 50 km'lik çap alanı içinde kalan yerleşmelerin nüfusları için Türkiye İstatistik Kurumu'nun Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi'nden 2018 verileri temin edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Jeosit ve Jeoturizm Değerlendirmesi

Zgłobicki vd. (2019)'a göre incelenen kırgıbayırların jeosit değerlendirmesinde oldukça farklı sonuçlar elde edilmiştir. Kırgıbayırların aldıkları toplam puanlar 10 ile 21 arasında değişmektedir. Değerlendirme sonucunda toplamda Nallıhan 21, Küpyar 18.5, Şahin Sırtı 11.5, Gökkuşluğu Tepeleri (İğdır) 14, Gökkuşluğu Tepeleri (Erzurum) 11.5, Şeytan Şehri 10 puan

almışlardır. İncelenen kırgıbayırların aldıkları puanların ortalaması 15'tir. Zglobicki vd. (2019)'un değerlendirmesinden alınabilecek maksimum puanın 24 olduğu göz önünde bulundurulursa incelenen kırgıbayırların jeosit potansiyeli açısından genel anlamda iyi bir durumda olduğu söylenebilir. Fakat değerlendirmeye katılan kırgıbayırların toplam

değerleri arasında büyük farklar vardır. Bunlar arasında Nallıhan ve Küpyar ortalamasının üstünde puanlar almışlardır. Nallıhan sahasının bilimsel-egitimsel değeri ve turistik değeri diğer kırgıbayır alanlarından yüksek olduğu için değerlendirme sonucunda toplamda 21 puan ile en yüksek puanı almıştır (Çizelge 2, Şekil 5).

Çizelge 2. Potansiyel jeositler olarak kırgıbayır alanlarının ayrıntılı jeoturistik değerlendirmesi için kullanılan kriterler, alt kriterler ve puanlamaları (Zglobicki vd. (2019)'den araştırmaya konu olan kırgıbayır alanları için uyarlanmıştır).

Table 2. Indicators, sub-indicators, and scores for the detailed geotouristic assessment of studied badlands as potential geomorphosites (adapted from Zglobicki et al. (2019) for studied badlands in Turkey's rating).

| Kriterler ve Alt kriterler | Puanlar | Kırgıbayırların Puanları | | | | | |
|--------------------------------|--|--------------------------|--------|----------|--------------|------------------------|----------------------|
| | | Şahin Sırtı | Küpyar | Nallıhan | Şeytan şehri | Gökkuşığı T. (Erzurum) | Gökkuşığı T. (İğdir) |
| A. Bilimsel ve Eğitimsel Değer | | 4.5 | 5.5 | 7.5 | 3.0 | 3.0 | 3.5 |
| A1. Bilimsel bilgi | 0.0 – bilinmiyor, hiçbir bilimsel yayın yok | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 0.5 – sadece yerel bilimsel yayınlar | | 0.5 | | | | |
| | 1.0 – uluslararası dergiler de dahil pek çok bilimsel yayınlar | | | 1.0 | | | |
| A2. Az bulunma | 0.0 – ülkenin en önemli üç bölgesi arasında değil | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 0.5 – ülkedeki en önemli üç jeositten biri | | | | | | |
| | 1.0 – ülkedeki tek jeosit | | | | | | |
| A3. Jeoçeşitlilik | 0.0 – Yalnızca 1 abiyotik özellik (süreç) (jeolojik, pedolojik, jeomorfolojik ya da hidrolojik gibi) | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 0.5 – 2 görünür özellik | | | | | | |
| | 1.0 – 3 veya daha fazla abiyotik özellik | | 1.0 | 1.0 | | | |
| A4. Bozulma derecesi | 0.0 – Yüksek derecede bozulmuş | | | | | | |
| | 0.5 - Biraz bozulmuş (önemli jeolojik/jeomorfolojik özellikler korunmuştur.) | | | | | | |
| | 1.0 - Görünür bozulma olmaması (İyi korunmuş) | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

Güney

Çizelge 2. (devamı)

Table 2. (continued)

| | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A5.Özelliklerin belirginliği | 0.0 - Düşük | | | | | | |
| | 0.5 – Orta (Öncelikle uzmanlar için) | | | | | | |
| | 1.0 – Yüksek (Uzman olmayanlar için de) | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| A6.Görünürlük | 0.0 – Tüm yıl boyunca gözlemin önündeki engeller (bitki örtüsü gibi.) | | | | | | |
| | 0.5 – Yalnızca bazı mevsimlerde gözlemin önündeki engeller | | | | 0.5 | 0.5 | |
| | 1.0 – Gözlem için engel yok | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | | 1.0 |
| A7. Eğitim içeriği | 0.0 – Lokasyon, kolej ve üniversite eğitim seviyeleri için örnek olacak özelliklere sahip. | | | | | | |
| | 0.5 – Lokasyon, eğitim sisteminin tüm seviyeleri için örnek olacak özelliklere sahip. | 0.5 | | | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| | 1.0 – Lokasyon, eğitim sisteminin tüm seviyeleri için örnek olacak özelliklere sahip. Ayrıca lokasyon özellikle eğitim sistemine entegre edilememiş sektörlere veya sosyal guruplara çevresel değişim süreçlerini açıklamak için de uygundur. | | 1.0 | 1.0 | | | |
| A8.Eğitimsel ya da tanıtıcı ürünlerin (broşür, harita, kitapçık) varlığı | 0.0 – Yok | 0.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 0.5 – 1 ya da 2 tip ürün | | | | 0.5 | | |
| | 1.0 – 3 ya da daha fazla ürün | | | | | | |
| A9.Yasal koruma durumu | 0.0 – Yok | | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 0.5 – Manzara parkı, Natura 2000 | | | | | | |
| | 1.0 – Korunan alan (Milli park, doğa koruma alanı, vb.) | 1.0 | | 1.0 | | | |
| B. Fonksiyonel Değer | | 4.5 | 7.0 | 6.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 |
| B1.Yol ağına karşı konumu | 0.0 – Asfalt yoldan doğrudan erişim yok | | | | | | |
| | 0.5 – 10 km'den daha kısa bir mesafede yerel yol ve >25 km uzaklıkta ana yol | | | | | | |
| | 1.0 – 25 km'den daha kısa mesafedeki ana yol | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

Çizelge 2. (devamı)

Table 2. (continued)

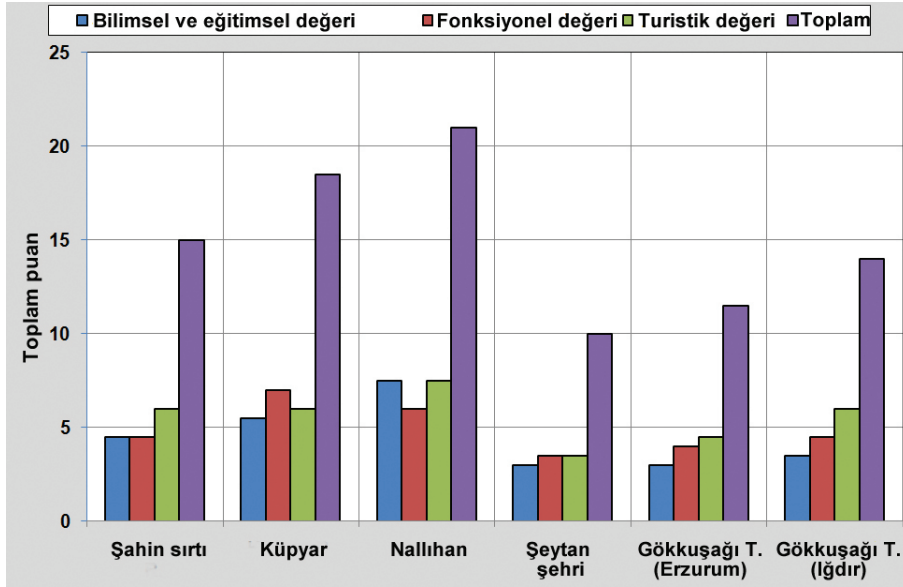
| | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0.0 – Arabayla ve 1000 m’den fazla yürüme mesafesi | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| B2.Erişilebilirlik (Lokasyona varış) | 0.5 – Arabayla ve 500 m’den fazla yürüme mesafesi | | | | | |
| | 1.0 - Toplu taşıma ile ve 500 m’den az yürüme mesafesinde | | 1.0 | 1.0 | | |
| B3.Doğrudan erişim (Sahaya ulaşmanın zorluğu) | 0.0 – Zor erişim (Bitki örtüsü, alt tabakanın türü) | | | | | |
| | 0.5 – Yılın bazı mevsim(ler) inde erişim veya erişilebilirliğin önündeki küçük engeller | | | | 0.5 | |
| | 1.0 – Erişim engeli yok. | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| B4. Turizm altyapısı (otoparklar, dinlenme yerleri, tuvaletler) | 0.0 – Hiçbiri yok. | | | | | |
| | 0.5 – 1 km’den daha uzak bir mesafede | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 1.0 – 1 km’den daha az bir mesafede | | | | | |
| B5.Yemek ve konaklama hizmetleri | 0.0 – 15 km mesafe içinde 30 kişilik guruplar için yemek ve konaklama hizmeti yok | | | | 0.0 | 0.0 |
| | 0.5 – 15 km mesafe içinde 30 kişilik guruplar için yemek ve konaklama hizmetleri var | 0.5 | | | | |
| | 1.0 – 5 km mesafe içinde 30 kişilik guruplar için yemek ve konaklama hizmetleri var | | 1.0 | 1.0 | | |
| B6.Kırılganlık (Riskler) | 0.0 – Kamu kullanımı için son derece kırılgan | | | | | |
| | 0.5 – Biraz bozulma olabilir. | | | | 0.5 | |
| | 1.0 – Bozulması zor. | 1.0 | 1.0 | | 1.0 | 1.0 |
| B7.Mülkiyet şekli | 0.0 – Özel | | | | | |
| | 0.5 – Genel (kullanım kısıtlamaları, örneğin doğa koruma alanı) | 0.5 | | | 0.5 | |
| | 1.0 – Genel (Kullanım kısıtlaması yok) | | 1.0 | | 1.0 | 1.0 |
| C. Turistik Değer | | 6 | 6 | 7.5 | 3.5 | 4.5 |
| C1.Lokasyonun biyotik değeri | 0.0 – Biyotik değeri yok. | | | | 0.0 | 0.0 |
| | 0.5 – Bazı biyotik değerler | 0.5 | 0.5 | | | |
| | 1.0 – Zengin biyotik değer | | | 1.0 | | |

Güney

Çizelge 2. (devamı)

Table 2. (continued)

| | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|------|------|
| C2.Lokasyonun estetik değeri | 0.0 – Bulunduğu bölgenin ikonografisinde yer almayan lokasyon | 0.0 | | | | | |
| | 0.5 – Bulunduğu bölge için tipik estetik değer | | | | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| | 1.0 – Bulunduğu bölgenin simgesel yeri | | 1.0 | 1.0 | | | |
| C3.Lokasyonun yakın çevresindeki gözlem noktaları | 0.0 – Yakınlarda gözlem noktası yok (3-4 km) | | | | | | |
| | 0.5 – Gözlem noktası 1-2 km uzaklıkta | | | | 0.5 | | |
| | 1.0 – 1 km'den uzakta gözlem noktası (ya da lokasyonun kendisi gözlem noktasıdır) | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | 1.0 | 1.0 |
| C4.Çevredeki manzara (İnsan kaynaklı bozulmanın olmaması) | 0.0 – Önemli ölçüde insan kaynaklı bozulma | | | | | | |
| | 0.5 – Doğal/insan tarafından dönüştürülmüş peyzaj | 0.5 | 0.5 | 0.5 | | | |
| | 1.0 – Antropojenik unsurlar tarafından bozulmamış doğal peyzaj | | | | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| C5. Sahada turist parkurlarının ve eğitim yollarının varlığı | 0.0 – Yürüyüş yolu veya patika sahaya 3 km'den daha uzakta | | | | | | |
| | 0.5 – Sahanın 3 km içerisinde yürüyüş yolu ya da patika var. | | | | | | |
| | 1.0 – Sahada bir yürüyüş yolu ya da patika var. | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| C6.Sahanın önemli turizm merkezlerine göre konumu | 0.0 – 15'km'den fazla uzaklıkta | | | | 0.0 | 0.0 | |
| | 0.5 – 5- 15 km uzaklıkta | | | 0.5 | | | |
| | 1.0 – 5 km'ye kadar | 1.0 | | 1.0 | | | 1.0 |
| C7. Ek ilgi çekici yerler (yürüme mesafesi 30 dakika veya arabayla 5 km'ye kadar) | 0.0 – Hiçbiri | | | | 0.0 | 0.0 | |
| | 0.5 – biyotik ve antropojenik (kültürel alanlar) | | | 0.5 | | | |
| | 1.0 – yakın çevrede abiyotik, biyotik ve kültürel alanlar, jeositler | 1.0 | | 1.0 | | | 1.0 |
| C8.Potansiyel talep | 0.0 – <50.000 kişi 50 km mesafe içinde | | | | | | |
| | 0.5 – >50.000–100.000 nüfus 50 km'lik bir mesafe içinde | | | | 0.5 | | |
| | 1.0 – 50 km mesafe içinde 100.000'den fazla kişi | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | 1.0 | 1.0 |
| TOPLAM PUAN | | 15 | 18.5 | 21.0 | 10.0 | 11.5 | 14.0 |
| % | | 62.5 | 77.0 | 87.5 | 41.7 | 47.9 | 58.3 |



Şekil 5. İncelenen kırgıbayır alanlarının üç kategorideki puanları ve toplam jeoturistik değerlendirme puanları. (Kriterler, alt kriterler ve ilgili puanlama için Zglobicki vd. (2019)'a bakınız. Değerlendirme sonucu maksimum alınabilecek puan 24'tür.).

Figure 5. The total score for the three categories and the total score of geotouristic values of the studied badlands. (For indicators and sub-indicators and related scores, see Zglobicki et al. 2019. The maximum possible score is 24.).

İncelenen kırgıbayırların bilimsel ve eğitimsel değeri ortalama 4.5 elde edilmiştir. Bu alt kriterdeki maksimum puanın 9 olduğu göz önünde bulundurulursa incelenen kırgıbayırların bilimsel ve eğitimsel değerleri düşüktür. Bu konuda ortalamanın üstünde değere sahip olan Nallıhan (7.5) ve Küpyar (5.5) oldukça iyi durumdayken, ortalamanın altında değere sahip olan Şeytan Şehri (3), Erzurum Gökkuşluğu Tepeleri (3) ve İğdir Gökkuşluğu Tepeleri (3.5) oldukça kötü durumdadır. Şahin Sırtı ise 4.5'lik puanı ile ortalama bir bilimsel ve eğitimsel değere sahip bir kırgıbayır alanıdır (Çizelge 2, Şekil 5).

İncelenen kırgıbayırların ortalama fonksiyonel değeri 4.9 elde edilmiştir. Bu konuda alınabilecek maksimum puanın 7 olduğu göz önünde bulundurulursa incelenen kırgıbayırların

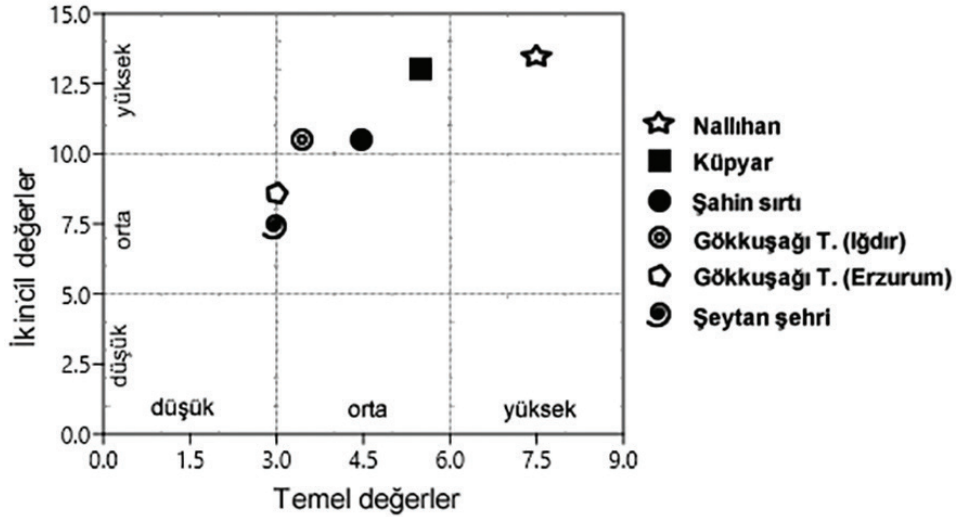
ortalama fonksiyonel değerinin bilimsel ve eğitimsel değerlerinden daha iyi durumda olduğu söylenebilir. Küpyar (7) bu konuda tam puan olarak ön plana çıkmıştır. Nallıhan (6) da ortalamanın üstünde puan aldığı için önemlidir. Şahin Sırtı (4.5) ve İğdir Gökkuşluğu Tepeleri (4.5) ortalama yakın puanlar alabilmişken; Erzurum Gökkuşluğu Tepeleri (4) ve Şeytan Şehri (3.5) ise ortalamanın oldukça altında kalmış kırgıbayır alanlarıdır (Şekil 6).

İncelenen kırgıbayırların ortalama turistik değeri 5.6 elde edilmiştir. Bu konuda alınabilecek maksimum puanın 8 olduğu göz önünde bulundurulursa incelenen kırgıbayırların ortalama turistik değerleri, bilimsel ve eğitimsel değerlerinden iyi durumdayken; fonksiyonel değerleri ile benzer şartlardadır. Nallıhan (7.5), Şahin Sırtı (6), Küpyar (6), İğdir Gökkuşluğu

Tepeleri (6) ortalamasının üstünde turistik egree sahipken; sadece Erzurum Gökkuşığı Tepeleri (4.5) ve Şeytan Şehri (3.5) ortalamanın altında turistik egree sahiptir (Çizelge 2, Şekil 5).

Jeosit değerlendirme modeli ile yapılan analizler, sadece Nallıhan kırgıbayır sahasının temel değerler (bilimsel ve eğitimsel) ya da ikincil değerler (fonksiyonel ve turistik) açısından yüksek puanlar aldığını gösterir. Küpyar, Şahin Sırtı ve Gökkuşığı Tepeleri (İğdır)'ın fonksiyonel ve turistik değerleri yüksek iken, bilimsel ve eğitimsel değerleri ortadır. Gökkuşığı Tepeleri (Erzurum) ve Şeytan Şehri fonksiyonel ve turistik değerleri neredeyse düşüktür. Jeosit değerlendirme modeli

göstermiştir ki incelenen kırgıbayır sahalarının fonksiyonel ve turistik değerleri bilimsel ve eğitimsel değerlerinden daha yüksektir. Bu, incelenen kırgıbayırlarda bilimsel araştırma ve yayınların, uygun eğitimsel ya da promosyonel ürünlerin (broşürler, haritalar, kitapçıklar), yasal koruma statülerinin artırılmasına ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu şartların diğer incelenen kırgıbayırlara göre daha iyi durumda olan Nallıhan jeosit değerlendirme modeli matrisinin yüksek bölümünde yer alan tek kırgıbayır alanıdır. Bahsedilen konularda çalışma ve iyileştirmeler yapılması durumunda Küpyar, Şahin Sırtı ve hatta İğdır Gökkuşığı Tepeleri de jeosit değerlendirme modeli matrisinin yüksek bölümünde yer alabilir (Şekil 6).



Şekil 6. Jeositlerin temel (bilimsel ve eğitimsel) ve ikinci (fonksiyonel ve turistik) değerlerine göre sıralaması. Kriterler, alt kriterler ve ilgili punlama için Zgłobicki vd. (2019)'a bakınız.

Figure 6. Ranking of the geosites according to their main (scientific and educational) and additional (functional and touristic) values. For indicators and sub-indicators and related scores, see Zgłobicki et al. (2019). Each data point refers to one of the 6 selected badlands.

Zglobicki vd. (2018)'in jeoturizm değerlendirme kriterlerine göre incelenen kırgıbayırların bilimsel ve eğitimsel değerleri ulaşılabilirlik ve turistik değerlerine göre oldukça düşük çıkmıştır. İncelenen kırgıbayırlarda en yüksek puanı alan Nallıhan 1.5 puan alabilmişken, Küpyar 0.5 puan almış, diğer alanlar ise puan alamamıştır. Şeytan Şehri, Gökkuşığı Tepeleri (Erzurum), Gökkuşığı Tepeleri (İğdır), Şahin Sırtı konusunda bilimsel yayınlar mevcut değildir. Küpyar ile ilgili sadece yerel bilimsel yayınlar olduğu için 0.5 puan verilmiştir (Ürkek vd., 2015; Tepeci vd., 2015; Güney, 2020). Araştırmaya konu olan kırgıbayır alanları içinde Nallıhan diğer alanlardan farklı olarak pek çok ulusal ve uluslararası çalışmaya konu olduğu için 1 puan verilmiştir (Çalık vd., 2013; Akar Şahingöz vd., 2019; Ankara Kalkınma Ajansı, 2011; Türkiye Çevre Vakfı, 2012; Avdan vd., 2015; Görüm vd., 2017). Araştırmaya konu olan kırgıbayır alanlarının hiçbiri ülkenin en önemli üç bölgesi arasında olmadığı için az bulunma kriterinden hepsine 0 puan verilmiştir. Şeytan Şehri, Gökkuşığı Tepeleri (Erzurum), Gökkuşığı Tepeleri (İğdır), Şahin Sırtında eğitimsel ya da tanıtıcı ürünler (broşür, harita, kitapçık) hiç olmadığı için 0 puan verilmiştir. Nallıhan'da ise kırgıbayır alanını da içine alan bir takım turistik broşür, kitapçık, dergi gibi materyaller Nallıhan Kaymakamlığı ve Nallıhan Turizm Gönüllüleri Derneği tarafından hazırlandığı için 0.5 puan verilmiştir (Çizelge 3).

İncelenen kırgıbayırların en iyi olduğu alt kriter ulaşılabilirliktir. Şahin Sırtı, Nallıhan, Küpyar ulaşılabilirlikten tam puan alabilmişken, Gökkuşığı Tepeleri (Erzurum) ve Gökkuşığı Tepeleri (İğdır) 2.5 puan, Şeytan Şehri 2.0 puan alabilmiştir. Yol ağı açısından incelenen kırgıbayırlar arasında farklılıklar olmakla birlikte hepsi de tam puan alabilecek kadar avantajlı konuma sahiptirler. Yol ağı açısından

en avantajlı konuma sahip alan Nallıhan'dır. Çünkü D140 otoyolu Nallıhan kırgıbayır alanının içinden geçmektedir. Yoldan geçenler araçlardan inmeden dahi enteresan kırgıbayır topografyasını görme imkanına sahiptirler. Gökkuşığı Tepeleri (Erzurum) ve Gökkuşığı Tepeleri (İğdır) da şehirler arası otoyollara 1 km'den az mesafededir. Küpyar E96/D300 gibi oldukça sık kullanılan bir otoyola yaklaşık 4 km mesafededir. Şahin Sırtı ile Şeytan Şehri ise diğer sahalara göre yol ağı açısından daha dezavantajlı olmalarına rağmen önemli yollara yaklaşık 4-5 km uzaklıklardadır. Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi 2018 yılı verilerine göre araştırma kapsamında ele alınan kırgıbayır alanlarının 50 km'lik çap alanı içinde kalan yerleşmelerin toplam nüfusları oldukça farklılık göstermekle birlikte Şeytan Şehri (62439) dışında 100000'in üzerindedir. Dolayısıyla önemli şehirler (potansiyel talep) konusunda Şeytan Şehri dışındaki alanlara tam puan verilmiştir. Bununla birlikte 50 km'lik çap alanı içinde İzmir ve Manisa gibi Türkiye'nin büyükşehirlerinin önemli ilçelerini içinde barındıran Küpyar (2202843) bu konuda diğer alanlardan çok daha avantajlı konumdadır. Onu sırasıyla Şahin Sırtı (297768), Nallıhan (215948), İğdır Gökkuşığı Tepeleri (208287), Erzurum Gökkuşığı Tepeleri (149630) izlemektedir. Turistik altyapı konusunda Nallıhan, Şahin Sırtı ve Küpyar tam puan alacak kadar otel, restoran gibi temel ihtiyaçlar konusunda donanımlıdır. Şeytan Şehri, Gökkuşığı Tepeleri (Erzurum) ve Gökkuşığı Tepeleri'nde (İğdır) ise turistik altyapı bölgeye belli bir mesafede olduğu için 0.5 puan verilmiştir (Çizelge 3).

İncelenen kırgıbayırların turistik değeri oldukça farklıdır. Nallıhan (3.0) tam puan alabilecek kadar iyi durumdayken Şeytan Şehri (1.0) en düşük puanı almıştır. Peyzaj (estetik) değeri konusunda Nallıhan, Küpyar, Gökkuşığı

Tepeleri (Erzurum), Gökkuşığı Tepeleri (İğdır) birçok gözlem noktası içeren, ülke için sembolik kırgıbayır bölgesi olduğu için tam puan almıştır. Şeytan Şehri ve Şahin Sırtı ise tek gözlem noktasına sahiptir ve orta düzey manzara değeri olduğu için 0.5 puan almıştır. Nallıhan kırgıbayır alanında Juliopolis antik kentinin olması ve Şahin Sırtı ise Çanakkale muharabelerindeki mevziilerden birisi olması sebebiyle yüksek kültürel değere sahiptir. Küpyar'da henüz yeterince araştırılmamış bazı arkeolojik kalıntılar ve tarihi köprüler olduğu için bazı kültürel değerlere sahiptir. Şeytan Şehri, Gökkuşığı Tepeleri (Erzurum), Gökkuşığı Tepeleri (İğdır) ise alan içerisinde hiçbir kültürel değer olmadığı için puan alamamıştır. Nallıhan kırgıbayır alanında 25 km'den daha az mesafede Uyuzsuyu Şelalesi, Kuş Cenneti gibi, Juliopolis antik kenti gibi turistik çekicilikler de mevcuttur. Şahin Sırtında Gelibolu Milli Parkı'ndan ziyaret edilebilecek özellikle tarihi açıdan öneme sahip pek çok çekicilik mevcuttur. Küpyar'da 25 km'lik bir zonda sıcak su kaynaklarıyla ilgili turistik çekicilikler vardır. Gökkuşığı Tepeleri (İğdır)'da özellikle sağlık turizminde kullanılan tuz mağaraları bulunmaktadır. Şeytan Şehrinde Divriği merkezde bulunan tarihi Divriği evleri, Divriği Ulu Camii gibi turistik çekicilikler yaklaşık 25 km uzaklıktadır. Gökkuşığı Tepeleri (Oltu) ise Narman'da önemli turistik çekicilik oluşturan kırmızı peribacaları olmakla birlikte bunlar bölgeye yaklaşık 35 km uzaklıktadır. Diğer turistik çekicilikler konusunda en avantajlı alan Nallıhan'dır. Nallıhan Kuş Cenneti buranın kırgıbayır topografyası dışında en önemli çekiciliklerinden biridir (Çizelge 3).

Sonuç olarak çalışmaya konu olan kırgıbayır alanları Zgłobicki vd. (2018)'nin jeoturizm değerlendirme kriterleri kullanılarak değerlendirildiğinde Nallıhan toplamda 7.5 puan ile en yüksek puanı almıştır. Bu sonuçları

Zgłobicki vd. (2018)'in aynı kriterleri uyguladığı dünyadaki seçili kırgıbayır alanlarındaki sonuçlarla karşılaştığımızda, dünyadaki benzerleri arasında Nallıhan yüksek (≥ 7.0 puan) jeoturizm değeri ile Hindistan'daki Marche (Monte Ascensione), Abruzzo (Atri), Latium (Calanchi valley-Bagnoregio), Tuscany (Orcia Valley); Güney Afrika'daki Cederberg; ABD'deki Badlands National Park; Avustralya'daki Lake Mungo Shoreline (Badlands); Brezilya'daki Ubatuba Municipality; İtalya'daki Basilicata (Pisticci-Montalbano-Aliano); Polonya'daki Lublin Upland; Çin'deki Yuanmou Earth Forest; İspanya'daki Bardenas Reales, Tabernas Desert, Barrancos de Gebas gibi kırgıbayır alanları ile benzer değere sahiptir. Küpyar (6.0), Şahin Sırtı (5.5), İğdır Gökkuşığı Tepeleri (4.5), Erzurum Gökkuşığı Tepeleri (4.0) orta (4.0-6.5 puan) sınıftaki jeoturizm değerleri ile Zgłobicki vd. (2018)'in çalışmasında elde ettiği Avustralya'daki Hallett Cove Badlands, Mining Badlands, Painted Desert Badlands; Belçika'daki Brabant Loess Region ve Polonya'daki Roztocze Region; Hindistan'daki Chambal Badlands; Güney Afrika'daki Valley of Desolation; Kanada'daki Dinosaur Provincial Park, ABD'deki Death Valley National Park, Theodore Roosevelt National Park gibi lokasyonlarla benzer değere sahiptir. Şeytan Şehri ise toplamda 3 puan ile araştırılan kırgıbayırlar arasında en düşük jeoturizm değeri puanını almıştır. Buna göre Zgłobicki vd. (2018)'in dünyadaki kırgıbayırlar için yaptığı çalışmada değerlendirilen yerler arasında Şeytan Şehri düşük (1.0-3.5 puan) jeoturizm değeri ile Güney Afrika'daki KwaZulu KwaZulu-Natal, Eastern Cape, Richtersveld (Transkei); ABD'deki North Cainville Plateau, Pawnee Buttes National Grassland, Toadstool Geologic Park, Hell's Half Acre, Escalante National Monument; Avustralya'daki Alluvial Gullies (Badlands), Kanada'daki Big Muddy Badlands gibi lokasyonlarla benzer değerdedir.

Burada Şahin Sırtı ve Küpyar ile ilgili göz önünde bulundurulması gereken önemli bir nokta vardır. Şahin Sırtı ve Küpyar'ın jeoturizm değeri daha yüksek olabilirdi ancak bu alanların eğitimsel ve bilimsel değerleri düşük çıkmıştır. Bu alanlar için henüz herhangi bir eğitim ve tanıtım materyali olmaması ve buralarla ilgili yalnızca ulusal bilimsel yayınların olması bu

alanların eğitimsel veya bilimsel potansiyelden yoksun olduğu anlamına gelmez. Şahin Sırtı ve Küpyar erişilebilirliği ve turistik değer açısından çok yüksek puanlar almıştır. Araştırmacılar ve yerel idareciler Küpyar ve Şahin Sırtı'nın potansiyelini fark etmeye başlarsa yüksek jeoturizm puanı kategorisine (≥ 7.0) kolayca ulaşmaları mümkündür.

Çizelge 3. Araştırma kapsamında incelenen kırgıbayırların dünyadaki benzerleri arasındaki yerini ortaya koyan değerlendirme kriterleri ve puanlamaları (Zgłobicki vd. (2018)'den araştırmaya konu olan kırgıbayır alanları için uyarlanmıştır.).

Table 3. Evaluation criteria and scores that reveal the place of badlands examined within the scope of the research among their similars in the world (adapted from Zgłobicki et al. (2018) for studied badlands in Turkey's rating.

| Kriterler ve Alt kriterler | | Kırgıbayırların Puanları | | | | | | |
|---|--|--------------------------|-------------|------------|------------|--------------|------------------------|---------------------|
| | | Puanlar | Şahin Sırtı | Küpyar | Nallıhan | Şeytan Şehri | Gökkuşuğu T. (Erzurum) | Gökkuşuğu T.(İğdir) |
| Bilimsel ve Eğitimsel Değer | | | 0.0 | 0.5 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Bilimsel bilgi | 0.0 – bilinmiyor, hiçbir bilimsel yayın yok | 0.0 | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 0.5 – sadece yerel bilimsel yayınlar | | 0.5 | | | | | |
| | 1.0 – uluslararası dergiler de dahil pek çok bilimsel yayınlar | | | 1.0 | | | | |
| Az bulunma | 0.0 – ülkenin en önemli üç bölgesi arasında değil | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 0.5 – ülkedeki en önemli üç jeositten biri | | | | | | | |
| | 1.0 – ülkedeki tek jeosit | | | | | | | |
| Eğitimsel ya da tanıtıcı ürünlerin (broşür, harita, kitapçık) varlığı | 0.0 – yok | 0.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 0.5 – bir ya da iki çeşit ürün | | | 0.5 | | | | |
| | 1.0 – üç ya da daha çok ürün | | | | | | | |
| Ulaşılabilirlik | | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | |
| Yol ağı | 0.0 – asfalt yoldan doğrudan erişim yok | | | | | | | |
| | 0.5 – 10 km'den daha az mesafedeki yerel yol ve anayola uzaklığı > 25 km | | | | | | | |
| | 1.0 – 25 km'den az mesafede ana yol | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | |
| Büyük şehirler (Potansiyel talep) | 0.0 – 50 km mesafede <50.000 nüfus | | | | | | | |
| | 0.5 – 50 km mesafe içinde > 50.000–100.000 nüfus | | | | 0.5 | | | |
| | 1.0 – 50 km mesafede > 100.000 nüfus | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | 1.0 | 1.0 | |
| Turistik altyapı | 0.0 – çevresindeki altyapı eksik | | | | | | | |
| | 0.5 – bölgede belirli bir mesafede turistik altyapı | | | | 0.5 | 0.5 | 0.5 | |
| | 1.0 – bölgede çok sayıda otopark, otel ve restoran | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | | | |

Güney

Çizelge 3. (devamı)

Table 3. (continued)

| | Turistik Değeri | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
|-----------------------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Peyzaj (estetik) değer | 0.0 – gözlem noktası yok, düşük manzara değeri | | | | | | |
| | 0.5 – tek gözlem noktası, orta düzey manzara değerleri | 0.5 | | | 0.5 | | |
| | 1.0 – ülke için sembolik kırgıbayır bölgesi, birçok gözlem noktası | | 1.0 | 1.0 | | 1.0 | 1.0 |
| Kültürel değer | 0.0 – bölgede değer yok | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 0.5 – bazı kültürel değerler | | 0.5 | | | | |
| | 1.0 – yüksek kültürel değer | 1.0 | | 1.0 | | | |
| Diğer turistik çekicilikler | 0.0 – 75 km'den daha uzak turistik bölge | | | | | | |
| | 0.5 – 25'ten fazla 75 km'den daha kısa mesafede turistik bölge | | | | 0.5 | 0.5 | |
| | 1.0 – 25 km'den az mesafede turistik bölge | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | | 1.0 |
| TOPLAM PUAN | | 5.5 | 6.0 | 7.5 | 3.0 | 4.0 | 4.5 |

Jeoçitim Potansiyeli

Kırgıbayırlar jeoloji, jeomorfoloji, jeomorfolojik evrim ve arazi bozulması gibi konularda toplumu eğitimde önemli bir role sahiptir (Zglobicki vd., 2018). Dünyanın en büyük kırgıbayır arazileri etkileyici oluşumlar olarak kabul edilir ve hidrolojik, jeomorfolojik özellikleri ile bilim adamları ve öğrenciler için açık hava laboratuvarı olarak kullanılmaya uygundur. Farklı zamansal ve mekansal ölçeklerde yüzeysel akış süreçleri ve erozyon ile yağışlı mevsimlerden sonra yerçekillerinde ortaya çıkan değişimler araştırmacılar tarafından incelenebilir. Ayrıca yamaçların ve akış kanallarının bağlantıları ve evrimi ile ilgili kısa süreli çalışmalar yapmak da mümkündür. Böylece jeomorfoloqlar için arazilerle ilgili küresel birtakım yorumlar yapmak mümkün olmaktadır. Bitkilerin yoğun kırgıbayır ortamına adaptasyonları incelenebilir ve bazı iyi korunmuş alanlar ekologlar tarafından bu açıdan incelenebilir. Birçok kırgıbayır alanla ilgili en

iyi çözüm, onları milli park olarak korumak veya UNESCO Dünya Mirası listesine yüksek değerlere sahip kültürel ve doğal alanlar olarak dahil edilmesini sağlamaktır (Nadal-Romero ve García-Ruiz, 2018).

İncelenen kırgıbayır alanlarında öğrenilecek konular iki ana guruba ayrılabilir. İlk gurup, araştırılan tüm kırgıbayır arazilerdeki başlıca bilimsel mesajlar olan derslerden oluşur. Bu ortak temel bilimsel mesajlar: (1) kırgıbayır arazi şekillenme süreçleri, (2) günümüzün aktif jeomorfolojik süreçleri (çizgisel erozyon süreçleri, oyuntu başı ve yan duvar geri çekilmesi, kütle hareketi, heyelan vb.), (3) mostralarda gözlenebilen anakaya veya tortul tabakaların jeolojisi, (4) şiddetli erozyon göstergeleri (rill ve gully oluşumları, yüzeysel akış şekilleri, kanal oyulması, sedimantasyon, toprak ve ayrılmış yüzey materyalinin hareketi, yüzeylenmiş kayaların ayrışması, bitki köklerinin açığa çıkması, vs.). İkinci grup, yalnızca sınırlı sayıda kırgıbayır arazi alanında öğrenilebilecek

konularla ilgilidir. Örneğin (1) arazi bozunumu süreci olarak gully ve rill erozyonu, (2) kırgıbayır arazi başlangıç modelleri ve tetikleyici faktörler, (3) tarihsel olarak kırgıbayır gelişiminin evreleri, (4) kırgıbayır arazilerin tarım ve hayvancılık faaliyetlerini sınırlandırması yoluyla arazi

kullanım türleri üzerindeki etkisi, (5) erozyonun ıslahı ve azaltılması ile ilgili mücadele yöntemleri (sediment tersip bentleri, rüzgar kırıcılar, ağaçlandırma, teraslama vb.), (6) çölleşme ve arazi bozunumu ile mücadele (Zgłobicki vd., 2019) (Çizelge 4).

Çizelge 4. İncelenen 6 adet kırgıbayır alanından öğrenilebilecek bilimsel ve eğitici konular (Zgłobicki vd. (2019)'dan araştırmaya konu olan kırgıbayır alanları için yeniden düzenlenerek oluşturulmuştur.).

Table 4. Scientific and educational lessons that can be learned from the 6 selected badland sites (adapted from Zgłobicki et al. (2019) for studied badlands).

| Konular | | Şahin Sırtı | Küpyar | Nallıhan | Şeytan Şehri | Gökkuşluğu T. (Erzurum) | Gökkuşluğu T. (İğdır) |
|---|---|-------------|--------|----------|--------------|-------------------------|-----------------------|
| Kırgıbayır şekillenme süreçleri | Aşınma, taşınma ve birikme alanları ve bu süreçlerin kanıtları | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| Güncel aktif jeomorfolojik süreçler | Kaya düşmesi, heyelan, kayşat, vb. | + | ++ | ++ | + | + | + |
| Mostralarda gözlenebilen anakaya ya da sedimanter tabakaların jeolojisi | Direnç farklılıklarının aşınma etkisi | + | ++ | ++ | + | ++ | ++ |
| Şiddetli erozyonun göstergeleri | Erozyonla açığa çıkmış ağaç kökleri ve anakayalar, sel yarıntıları vs. | + | ++ | ++ | + | + | + |
| Arazi bozunumu olarak gully ve rill erozyonu | Geçici ve kalıcı gully ve rillerin arazide yoğun olarak bulunması | - | + | ++ | - | + | + |
| Kırgıbayır oluşumu ve tetikleyici faktörler | Kırgıbayırın hangi litoloji, eğim ve baki koşullarında oluştuğunu arazide gözlemleyebilme | + | ++ | ++ | + | - | - |
| Geçmişten günümüze kırgıbayırın gelişim aşamaları | Eski fotoğraflarla kırgıbayırın geçmiş ve güncel durumunu karşılaştırma | ++ | - | - | - | - | - |
| Tarım ve hayvancılığı sınırlandırması yoluyla kırgıbayırın arazi kullanım türleri üzerindeki etkisi | Tarla ve otlakların kırgıbayır alanlarında kesintiye uğraması | - | ++ | ++ | + | + | + |
| Erozyonun ıslahı ve azaltılması | Sediment tersip benti, teraslama ve ağaçlandırma çalışması yapılan alan örnekleri | - | ++ | + | - | - | ++ |
| Çölleşme ve arazi degradasyonu | Toprağın eğime paralel sürülmesi, aşırı otlatma, anız yakılması, yanlış arazi kullanımı vb. örnekleri | - | - | ++ | - | - | ++ |

++ çok önemli, + önemli, - önemli değil

Araştırmaya konu olan kırgıbayır alanlarının jeoeğitim potansiyeli yeterince değerlendirilmese de gerek bilimsel gerek eğitim anlamında kullanılmaya çok uygundur. Bu konuda özellikle Nallıhan ve Küpyar özel bir yere sahiptir. Nitekim temel (bilimsel ve eğitimsel) değerleri en yüksek çıkan yerler Nallıhan ve Küpyar'dır. Küpyar'ın jeoeğitim potansiyeli, burada yapılabilecek eğitim faaliyetleri Güney (2020) tarafından detaylı olarak ortaya konulmuştur.

Araştırmaya konu olan kırgıbayırlar içinde en tanınmış olanı Nallıhan'dır. Türkiye'de çölleşme denilince akla ilk gelen yer Nallıhan kırgıbayırındır. Nitekim Türkeş (2013) Türkiye'nin çölleşmesi ile ilgili raporunda Nallıhan kırgıbayırının bir çok çarpıcı fotoğrafını kullanmış ve çölde hayatta kalma ile ilgili televizyon programları (Serdar Kılıç'ın Doğada Tekbaşına programı 3. Bölüm) burada çekilmiştir. Nallıhan kırgıbayırını erozyon süreçleri açısından da detaylı olarak araştırılmıştır (Avdan vd., 2015; Görüm vd., 2017). Danişment ve Oklalar Köyü yakınlarında bulunan Asarlık Tepeler, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından 22.08.2004 tarihinde tabiat anıtı olarak tescillenmiştir. Asarlık Tepeler olarak adlandırılan alan farklı dirençteki kil tabakalarının aşınımıyla oluşmuş "kuesta" morfolojisinin ender örneklerini oluşturmaktadır. Yöre bu özellikleriyle stratigrafik ve jeomorfolojik açıdan bilimsel eğitim amaçlı yararlanmaya uygun bulunmaktadır (Ankara Kalkınma Ajansı, 2011). Ankara Kalkınma Ajansı tarafından Nallıhan Kırsal Turizm Değerlendirmesi Projesi yapılmış, Nallıhan Kırsal Turizm Stratejisi 2023 hazırlanmıştır. 120 sayfalık bu detaylı çalışmada badlands veya kırgıbayır ismi hiç geçmemektedir. Sahanın kırgıbayır, erozyon konusundaki hem eğitici hem de turistik önemi göz ardı edilmiştir. Nallıhan Turizm Gönüllüleri Derneği tarafından daha çok kültür ve doğa turizmi amaçlı trekking

rotaları oluşturulmuştur. Treking rotalarının pek çoğunda kırgıbayırla ilişki aktif biçimde hiç bir şekilde kurulmamıştır. Halbuki Nallıhan kırgıbayır bölgesi adeta jeoloji ve jeomorfoloji laboratuvarıdır. Nitekim burada yapılabilecek bazı jeoeğitim faaliyetleri Kavuşan (2020) tarafından detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur.

Güney (2020), Küpyar kırgıbayırının önemli bir jeoeğitim potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Küpyar kırgıbayırının jeolojik yapısını oluşturan Tumolos depoları bölgenin Pliyo-Kuvaterner paleocoğrafyası ve tektonik verimi açısından önemli olmakla birlikte erozyon ve kütle hareketleri gibi jeomorfolojik süreçler açısından da önemlidir. Bu nedenle yer bilimleri eğitiminde çok yönlü olarak kullanılabilirler. Sahadaki şiddetli erozyonun göstergesi olarak kabul edilen yoğun rill ve gully erozyonu, şiddetli erozyona bağlı olarak açığa çıkmış ağaç kökleri, heyelan gibi kütle hareketleri ve sediment tersip bentlerinde biriken sedimentler gibi birçok yerbilim konusunun bir arada bulunduğu Küpyar, ortaokul düzeyindeki Coğrafya dersleri ile Jeoloji Mühendisliği, Orman Mühendisliği gibi bölümlerin ve yerbilimleri ile ilgili diğer bölümlerin üniversite öğrencilerine yönelik bir açık hava laboratuvarıdır. Bu bölgede şiddetli erozyonun boyutlarını ortaya koyan kanıtları arazide gözlemlemek mümkündür. Bu nedenle sahadaki şiddetli erozyonun çarpıcı sonuçlarını incelemek için kullanılabilir bir yerdir. Küpyar'dan kaynaklanan yoğun erozyonun kontrol altına alınması amacıyla Kurudere'nin ana kolu üzerine her 100 metrede bir yapılan sediment tersip bentleri ve buralarda kısa zamanda biriken tortullar bölgedeki şiddetli erozyonun göstergeleri arasındadır (Güney, 2020).

Şahin Sırtı, kırgıbayırın tarihsel evriminin izlenmesi için fırsatlar sunar. Avustralya Savaş

Anıtı arşivinde (Armutak, 2019) bu alanların 1900'li yılların başında çekilmiş ayrıntılı hava fotoğrafları ve diğer görsel kayıtları bulunmaktadır. Dolayısıyla bu kırgıbayır alanının 1900'li yılların başındaki hali ile güncel halini karşılaştırma, kırgıbayır arazilerin morfolojilerindeki değişimleri görsel olarak izlemek mümkündür. Gelibolu Yarımadası'ndaki kırgıbayır alanlarının tarihi fotoğraflarıyla yeni fotoğrafları karşılaştırarak kırgıbayır alanlarında erozyonun zaman içinde meydana getirdiği değişikliği görsel olarak yorumlama imkanı sunulabilir. Ayrıca Çanakkale Muharabelerinde (1915-1916) bu kırgıbayır alanlarının askeri açıdan avantaj ve dezavantajlarından bahsedilebilir. Böylece kırgıbayır arazilerin askeri coğrafya perspektifinden de değerlendirilmesi mümkün olabilir.

Şeytan Şehri, Erzurum Gökkuşuğu Tepeleri ve Iğdır Gökkuşuğu Tepeleri araştırmacılar tarafından bilimsel ve eğitsel açıdan değerlendirilmemiştir. Ancak bu kırgıbayırlar da eğitim amaçlı kullanılacak birçok özelliğe sahiptir (Çizelge 4). Özellikle TC Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından Iğdır Gökkuşuğu Tepeleri'nde yapılan erozyon ıslahı ve azaltım uygulamaları jeo eğitim açısından önemlidir. Burada erozyonla mücadelede kullanılan Ebuçehil çalısı (*Ephedra distachya*) gibi özel bitki türlerinin erozyonu önlemede sağladığı katkıları arazide gözleme imkanları mevcuttur (Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020).

SONUÇ

Türkiye'den seçilmiş 6 adet kırgıbayır sahasının ayrıntılı analizine dayanan bu çalışma sonucunda Türkiye kırgıbayırlarının jeosit potansiyeline ilişkin aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir.

Türkiye için kırgıbayır alanlarının turizm ve eğitim amaçlı jeosit olarak değerlendirilmesi yeni bir konudur. Türkiye'de şelale, mağara, peri bacaları ve kanyonlar gibi jeomorfolojik oluşumlar araştırmacıların ilgisini daha fazla çekmiş olsa da kırgıbayır arazileri de jeosit olarak değerlendirilebilecek unsurlardır.

Kırgıbayırların temel (bilimsel ve eğitimsel) ve ikincil (fonksiyonel ve turistik) değeri ile ilgili incelenen kırgıbayır sahaları arasında büyük farklar vardır. Çalışma sonucunda incelenen kırgıbayırların turistik ve fonksiyonel değerlerinin bilimsel ve eğitimsel değerlerinden daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma dahilinde incelenen kırgıbayırların özellikle bilimsel ve eğitimsel değerleri konusunda yapılacak çalışmalarla gerek temel değerlerinin artırılabilmesi gerekse dünyadaki muadilleri arasında daha iyi kategorilere girebilmesi mümkündür.

İncelenen kırgıbayırların jeoturistik değerlerinin de dünyadaki muadilleriyle karşılaştırıldığı zaman birbirlerinden oldukça farklı kategorilerde olduğu tespit edilmiştir. Araştırmaya konu olan kırgıbayır alanları dünyadaki muadilleriyle karşılaştırıldığı zaman genellikle orta derecede değerli kategorisinde yer almaktadır.

Nallıhan kırgıbayır alanı özellikle bilimsel ve eğitimsel değeri konusunda diğer kırgıbayır alanlarından daha iyi durumda olduğu için jeosit değeri en yüksek kırgıbayır alanıdır. Güncel durumuyla dünyadaki muadilleri arasında da en yüksek kategoriye dahil Türkiye'den tek kırgıbayır alanı Nallıhan'dır.

Kırgıbayırlar Türkiye'de oldukça geniş alan kaplamasına rağmen her zaman insanların dikkatini çeken doğal cazibe merkezleri

oluşturamamaktadır. Araştırmaya konu olan bütün kırgıbayır alanları kendiliğinden insanların ilgisini çekmeyi başarmış, eğitim ve turizm amaçlı olarak kullanılabilir, bulunduğu bölgeye değer katabilecek oluşumlardır. Mevcut kırgıbayır alanları turizm amaçlı kısmen yararlanırken eğitim amaçlı yeterince kullanılmamaktadır. Ayrıca kırgıbayır alanlarını eğitim ve turizm amaçlı değerlendirmeye özel herhangi bir altyapı veya tanıtım yatırımı yapılmamıştır.

Bu alanların jeosit olarak değerlendirilerek alt yapı yatırımlarının yapılması buldukları bölgelerin jeoturizmne katkı sağlayabilir, yörede yaşayan insanlar için yeni bir gelir kaynağı oluşturabilir, yerbilimleri ve çevre eğitimlerinde kırgıbayır alanlarından yararlanılabilir ve kırgıbayır alanlarının korunmasına yardımcı olabilir.

KAYNAKLAR

- Akar Şahingöz, S., Kızılelli, M., Çetin, K., 2019. Exploring the tourism potential of Nallıhan district in Ankara and proposals for rural development. in: Ç. Akkuş, G. Akkuş, G. (Eds.), Selected Studies on Rural Tourism and Development. Cambridge Scholars Publishing, UK, p 101-114.
- Akbulut, G., 2004. Divriği ilçesinin coğrafyası. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum, Doktora Tezi, 472 s (yayımlanmamış).
- Anadolu Ajansı, 2018. Doğu'nun "gökkuşağı tepeleri" turizme kazandırılacak, <https://www.aa.com.tr/tr/vg/video-galeri/dogunun-gokkusagi-tepeleri-turizme-kazandirilacak/149>, 10 Ocak 2021.
- Ankara Kakinma Ajansı, 2011. Nallıhan turizm gelişim stratejisi-2023. Nallıhan Kırsal Turizm Potansiyelinin Değerlendirilmesi Projesi, https://www.ankaraka.org.tr/tr/nallihan-turizm-gelisim-stratejisi-2023_3761.html, 15 Temmuz 2021.
- Armutak, Ş.M., 2015. Muharabe alanı yer isimleri: Şahin Sırtı, <https://canakkalemuharebeleri1915.com/genel/muharebe-alani-yer-isimleri/> arburnu/165-sahin-sirti, 06 Aralık 2019.
- Armutak, Ş.M., 2019. Muharabe alanı yer isimleri: Sniper's nest, <https://canakkalemuharebeleri1915.com/genel/muharebe-alani-yer-isimleri/arburnu/510-sniper-s-nest-uzman-ni-sanci-yuvasi>, 06 Aralık 2019.
- Avcıoğlu, A., Görüm, T., Akbaş, A., Moreno de las Heras, M., Yetemen, O., 2021. The climatic, topographic and litho-tectonic characteristics of badlands in Turkey. EGU General Assembly Conference, Vien, 7788.
- Avdan, U., Görüm, T., Cömert, R., Nefeslioğlu, H., 2015. Sensitivity analyses for the DTMs derived from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in gully erosion mapping: Nallıhan badland area (Ankara, Turkey). EGU General Assembly Conference, Vien, 14058.
- Bahadır, M., Işık, F., 2021. Şavşat peribacalarının (Artvin) jeomorfolojisi ve jeoturizm potansiyeli. Kesit Akademi Dergisi, 7 (26), 145-160.
- Brilha, J., 2016. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. Geoheritage, 8, 11-134.
- Bryan, R., Yair, A., 1982. Perspectives on studies of badland geomorphology. In: Bryan, R., Yair, A. (Eds.), Badland Geomorphology and Piping, Geo Books, pp. 1-12, Norwich.
- Canik, B., 1972. Jeoloji mostralarına saygı. TJK Yıllık Bülteni.
- Ceylan, M.A., 2000. Güney Çağlayanı'nın rekreasyonel önemi. Doğu Coğrafya Dergisi, 6 (3), 61-76.
- Çalık, A.Ö., Sürücü, Ö., Arslantürk, Y., 2013. Sürdürülebilir kalkınmada turizm odaklı çalışan ilçe: Nallıhan. 8. Uluslararası Türk Kültürü Kongresi, Eskişehir, 757-776.
- Çalışkan, V., Tosunoğlu, M., 2010. Assessment of Çardak lagoon for ecotourism in Northwest Turkey. Journal of Balkan Ecology, 13 (4), 341-354.
- Çiftçi, Y., Güngör, Y., 2016. Jeopark projeleri kapsamında doğal ve kültürel miras unsurları

- için standart gösterim önerileri. MTA Dergisi, 153, 223-238.
- Doğan, U., 2001. Mucur obruğunun jeomorfolojisi ve turizme kazandırılması. Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Dergisi, 8, 89-107.
- Doğan, U., Şenkul, Ç., Yeşilyurt, S., 2018. First paleo-fairy chimney findings in the Cappadocia region, Turkey: a possible geomorphosite. Geoheritage, 11 (2), 653-664.
- Doğaner, S., 1995. Peribacalarının turizm bakımından önemi. Türk Coğrafya Dergisi, 30, 25-40.
- Doğaner, S., 1997. A heritage of Anatolia: Pamukkale. Review, 4, 99-116.
- Doğu, A.F., Çiçek, İ., Gürgen, G., Tunçel, H., Somuncu, M., 1994. Periliin Mağarası. Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafya Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 3, 193-219.
- Ekinci, D., Doğaner, S., 2012. Simav (Yeniköy) fairy chimneys terms of geomorphotourism. III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, Hatay, 395-410.
- Ekinci, D., Doğaner, S., 2016. Unique spit: Kızkumu (Marmaris/Turkey). EPRA International Journal of Multidisciplinary Research, 2 (6), 35-49.
- Elmacı, S., Sever, R., 2006. Doğal bir anıt: Akçalı Travertenleri (Van/Başkale). Doğu Coğrafya Dergisi, 11 (15), 137-153.
- Erinç, S., 1955. Orta Ege Bölgesinin jeomorfolojisi. MTA Rapor No. 2217, Ankara (yayımlanmamış).
- Garipağaoğlu Farımaç, N., 1996. Doğal bir anıt olarak Yukarı Narman Havzası kuestası. Türk Coğrafya Dergisi, 31, 291-304.
- Gedik, A., 1977. Korunması gerekli doğal anıtlarımızdan Akyatan gölü (lagün). Yeryuvarı ve İnsan, 2 (3), 38-44.
- Geofabrik, 2019. <https://www.geofabrik.de/data/>. 30 Ekim 2019.
- Görüm, T., Avdan, U., Çömert, R., Nefeslioğlu, H.A., 2017. Erosional processes in the Nallıhan (Ankara) badland area based on ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) DTMS. International Symposium on GIS Applications in Geography Geosciences, Çanakkale.
- Güldalı, N., Şaroğlu, F., 1983. Konya yöresi obrukları. Yeryuvarı ve İnsan, 7 (4), 14-18.
- Güney, Y., Yasak, Ü., 2018. Geotourism potential of the Yellimera canyon in Manisa. In: Efe, R., Koleva, I., Öztürk, M. & Arabacı, R. (Eds) Recent Advances in Social Sciences. Cambridge Scholars Publishing, UK, pp. 335-346.
- Güney, Y., 2020. The Geomorphosite potential of the badlands around Küpyar, Manisa, Turkey. Geoheritage, 12 (1), 1-19.
- Howard, A.D., 2009. Badlands and gullying. in: Parsons, A.J., Abrahams, A.D. (Eds) Geomorphology of Desert Environments, Springer (Second Edition), pp 189-232.
- Kavuşan, G., 2020. Saha jeolojisi: Ayaş, Beypazarı, Çayırhan, Nallıhan yöreleri jeolojisi. <http://www.gultekinkavusan.com/saha.html>, 02 Ocak 2020.
- Kayan, İ., 1992. Demirköprü baraj gölü batı kıyısında Çakallar volkanizması ve fosil insan ayak izleri. Ege Coğrafya Dergisi, 6, 1-32.
- Kazancı, N., 2010. Jeolojik Koruma Kavram ve Terimler. JEMİRKO, Ankara, 60.
- Kazancı, N., Şaroğlu, F., Suludere, Y., 2015. Jeolojik miras ve Türkiye jeositleri çatı listesi. MTA Dergisi, 151, 263-272.
- Ketin, İ., 1970. Türkiye'de önemli jeolojik aflormanların korunması. TJK Bülteni, 13 (2), 90-93.
- Koçman, A., 1985. İzmir-Bozdağlar yöresinin yapısal jeomorfolojisi ve evrimi. Ege Coğrafya Dergisi, 3, 63-86.
- Koçman, A., 1989. Uygulamalı Fiziki Coğrafya Çalışmaları ve İzmir Bozdağlar Yöresi Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, İzmir, 184 s.
- Koçman, A., 2004. Yanık ülkenin doğal anıtları: Kula yöresi volkanik oluşumları. Ege Coğrafya Dergisi, 13, 5-15.
- Koday, S., Çelikoğlu, Ş., 2009. Ekoturizm açısından bir inceleme: Aksu çayı şelaleleri (Bartın).

- Atatürk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 9 (43), 131-146.
- Koral, H., Behzad, B., İşbil, D., Karaağaç, S., 2019. Çayırhan (Ankara) neojen havzasının stratigrafisi ve neotektonik özellikleri. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 29 (2), 1-14.
- Kopar, İ., Toroğlu, E., 2014. Aladağlarda (Orta Toroslar) kaynak konumlu bir mağara: Derebağ mağarası (Yahyalı-Kayseri). *Türk Coğrafya Dergisi*, 62, 9-19.
- Kurt, S., 2015. The coasts of Kapıdağ peninsula in terms of geomorphotourism. *Geojournal of Tourism and Geosites*, 1(15), 44-58.
- Martínez-Murillo, J.F., Nadal-Romero, E., 2018. Perspectives on badland studies in the context of global change. In: *Badlands Dynamics in a Context of Global Change*. Nadal-Romero, E., Martínez-Murillo, J.F., Kuhn, N.J. (Eds) *Badland Dynamics in the Context of Global Change*. Elsevier, Amsterdam, pp 1-25.
- Moreno-de las Heras, M., Gallart, F., 2018. The origin of badlands. In: *Badlands Dynamics in a Context of Global Change*. Nadal-Romero, E., Martínez-Murillo, J.F., Kuhn, N.J. (Eds) *Badland Dynamics in the Context of Global Change*. Elsevier, Amsterdam, pp 27-59.
- MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü, 2022. <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>, 08 Mayıs 2022.
- Nadal-Romero, E., García-Ruiz, J.M., 2018. Rethinking spatial and temporal variability of erosion in badlands. In: *Badlands Dynamics in a Context of Global Change*. In: Nadal-Romero, E., Martínez-Murillo, J.F., Kuhn, N.J. (Eds) *Badland Dynamics in the Context of Global Change*. Elsevier, Amsterdam, pp 217-253.
- Ozener, S.F., 1988. Kula ve Selendi yörelerinin jeomorfolojisi. *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul, Doktora Tezi (yayımlanmamış)*.
- Öngür, T., 1976. Doğal anıtların korunmasında yasal dayanaklar. *Yeryuvarı ve İnsan*, 1 (4), 35-38.
- Özdemir, M.A., 2019. Afyonkarahisar (Seydiler) peribacaları jeomorfofisi ve turizm potansiyeli. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12 (64), 249-262.
- Özşahin, E., 2013. Yunushanı köyünün (Altınözü-Hatay) kuzey ve kuzeybatısındaki peribacası görünümü sivri doruklu lapy kompleksleri. *Turkish Studies* 8 (6), 551-566.
- Öztürk, B., 2018. Jeolojik miras ve jeoturizm açısından Türkiye kıyılarındaki yalıtışları. 71. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, 515.
- Panizza, M., 2001. Geomorphosites: concepts, methods and examples of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin (Suppl. 46)*, 4-6.
- Pereira, P., Pereira, D., 2010. Methodological guidelines for geomorphosite assessment. *Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement*, 16 (2), 215-222.
- Pralong, J.P., 2005. A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites. *Géomorphologie: Relief, Processes, Environment*, 3, 189-196.
- Somuncu, M., İnaner, H., Çiçek, İ., 2004. An example of geological and geomorphological heritage to be protected: Gölcük caldera (Isparta-Southwestern Turkey). *Proceedings of the 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki*, 427-429.
- Şengün, M.T., Tonbul, S., 2005. Ölbe Kanyonu ile Deve Mağarası'nın (Harput-Elazığ) jeomorfolojik özellikleri, oluşumu ve turistik potansiyeli. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi*, 4 (2), 10-16.
- Tepeci, M., Günlü, E., İnci, S., Karaköse, E., Zurnacı, N., Onağ, A.O., Kaygalak, S., Dama, B., Kavak, Y., 2015. IPARD programı ile Manisa'da kırsal turizmin geliştirilmesi stratejileri projesi. *Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu Manisa İl Koordinatörlüğü, Manisa*.
- Turoğlu, H., 2008. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları, Çantay Yayınları, İstanbul, 161 s.

- Türkeş, M., 2013. İklim Verileri Kullanılarak Türkiye'nin Çölleşme Haritası Dokümanı Hazırlanması Raporu. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020. Iğdır ili erozyon kontrol çalışmaları. https://www.mgm.gov.tr/FTPDATA/arastirma/toz/sdswa/2016/Day3_99_ttazegun.pdf, son erişim: 2 Ocak 2020
- Türkiye Çevre Vakfı, 2012. Nallıhan Doğa Yürüyüş Parkurları. Önder Matbaa, Ankara, 47 s.
- Ürkek, M., Kozak, A., Akıncı, C.E., 2015. Küpyar. 4006 TUBITAK Bilim Fuarları Destek Programı. 04-05 Temmuz 2015. Manisa.
- Vujičić, M.D., Vasiljević, D.A., Marković, S.B., Hose, T.A., Lukić, T., Hadžić, O., Janičević, S., 2011. Preliminary geosite assessment model (GAM) and its application on Fruska Gora Mountain, potential geotourism destination of Serbia. *Acta Geographica Slovenica*, 51(2), 361–377.
- Warowna, J., Zgłobicki, W., Kołodyńska-Gawrysiak, R., Gajek, G., Gawrysiak, L., Telecka, M., 2016. Geotourist values of loess geoheritage within the planned geopark Małopolska Vistula River Gap, E Poland. *Quaternary International*, 399, 46–57.
- Yeşilova, P.G., Yeşilova, Ç., 2019. Tuz madenlerinin (kaya tuzu) sağlık sektöründe ve turizm amaçlı kullanımı; sürkit tuz işletmesi (Tuzluca, Iğdır) ve dünyadan örnekler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24 (1), 56-63.
- Yıldırım, T., Koçan, N., 2008. Nevşehir Acıgöl kalderası Kalecetepe ve Acıgöl maarlarının jeoturizm kapsamında değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 45 (2), 135-143.
- Yıldırım, A., Karadoğan, S., 2010. Derik (Mardin) güneyinde korunması gereken jeolojik-jeomorfolojik bir doğal miras: Kuşçu krateri. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14, 119-133.
- Yılmaz, H., Yılmaz, A., 2004. Divriği (Sivas) yöresinin jeolojisi ve yapısal evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 47 (1), 13-45.
- Yılmaz, H., Yılmaz, A., 2016. Oltu-Balkaya havzanının (KD Türkiye) tektonik konumu ve Geç Kretase sonrası jeolojik evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 59 (1), 1-25.
- Yılmaz, O., 2007. Kağızman (Kars)-Tuzluca (Iğdır) tuz yataklarının jeolojisi, mineralojisi ve petrografisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Yüksek Lisans Tezi, 65 s (yayımlanmamış).
- Zgłobicki, W., Poesen, J., Daniels, M., Del Monte, M., Guerra, A.J.T., Joshi, V., Paterson, G., Shellberg, J., Solé-Benet, A., Su, Z., 2018. Geotouristic Value of Badlands. In: Nadal-Romero, E., Martínez-Murillo, J.F., Kuhn, N.J. (Eds) *Badland Dynamics in the Context of Global Change*, Elsevier, pp 277-213, Amsterdam.
- Zgłobicki, W., Poesen, J., Cohen, M., Del Monte, M., García-Ruiz, J.M., Ionita, I., Niacsu, L., Machová, Z., Martín-Duque, J.F., Nadal-Romero, E., Pica, A., Rey, F., Solé-Benet, A., Stankoviansky, M., Stolz, C., Torri, D., Soms, J., Vergari, F., 2019. The potential of permanent gullies in Europe as geomorphosites. *Geoheritage*, 11, 217-239.

YAYIN AMAÇLARI VE KURALLARI, YAYINA KABUL İLKELERİ

AMAC ve KAPSAM:

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, yerbilimlerinin uygulamaya yönelik alanlarında ulusal ve uluslararası araştırmaların/çalışmaların yayımlandığı bir dergidir. Bu kapsamda;

- İnsanların yaşamını etkileyen jeolojik süreçler ile mühendislik yapıları ve bunlara ilişkin sorunlar ve çözümler
- Jeolojik kaynakların yönetimi ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi
- Doğal afetler ve etkilerinin incelenmesi
- Doğal ve yapay kirleticiler ve ekosisteme etkileri
- Hidrojeolojik sorunlar ve çözümlere yönelik yaklaşımları
- Uygulamalı jeofizik çalışmaları ile etkilerin ortaya çıkarılması
- Mühendislik jeolojisi, zemin ve/veya kaya mekaniği prensiplerinin uygulandığı araştırma ve çözümleri
- Jeolojik anıtların korunması
- Madencilik uygulamaları, sorunları ve çözümleri
- Jeolojik sorunların çözümüne katkıda bulunan arazi ve laboratuvar yöntemlerinin ve tekniklerinin geliştirilmesi

ile ilgili kuramsal ve uygulamalı çalışmaları kapsayan çalışmalar dergide yayımlanır. Yayınlar; araştırma makalesi, teknik not, eleştirel inceleme, araştırma notu ve görüş-yorum ve yanıtlardan oluşabilir.

Akademisyenlerin, endüstri, sanayi ve proje uygulayıcıları ile yer bilimleri ve mühendisliği konusunda karar vericilere yönelik bir dergi olan Jeoloji Mühendisliği Dergisi, hakemli bir dergidir. Çalışmaya konu olan sorunun, kullanılan teknik ne olursa olsun, bilimsel yöntemlerle ele alınması ve jeolojinin uygulama alanlarına ilişkin olması aranan temel nitelikler arasındadır.

En az 2 hakemin değerlendirmesi sonucu kabul edilen yayınlar dergide basılır. Çalışmanın daha önce yayımlanmamış olması gerekmektedir.

YAZIM KURALLARI

Yazıların Hazırlanması

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nin yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Makale başlığı, öz, anahtar kelimeler, şekil ve çizelge başlıkları Türkçe ve İngilizce verilmelidir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı ve özeti ile çizelge ve şekillerin başlıkları Editörlükçe Türkçe'ye çevrilir. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını Editörlüğe göndermeden önce, gramer ve üslup açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir. Hazırlanan makaleler orijinal ve daha önce basılmamış araştırma, yorum ya da her ikisine ait sentezi içermeli, veya teknik not niteliğinde olmalıdır.

Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nde beş tür yazı yayımlanmaktadır:

1. **ELEŞTİREL İNCELEME:** 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. **ARAŞTIRMAMAKALESİ:** Özgün bir çalışmanın sunulduğu yazıdır. Kuramsal temel, yeterli miktar ve nitelikte veriye dayalı bulgu ve sonuçların ayrıntılarıyla 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:** 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:** 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 katkılarına 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:** Dergide yayımlanan yazılar hakkında her türlü görüş, yorum ve bunlara ilişkin yanıtları içerir. Editörün uygun gördüğü uzunlukta yayımlanır.

YAZILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ, YAYINA KABUL İLKELERİ VE ETİK BİLDİRİMİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ Editörlüğü'ne (topal@metu.edu.tr) 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 kabulüne, küçük veya önemli düzeltmelerden sonra kabulüne veya reddine Editörce karar verilir ve sonuç yazarlara e-posta ile 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.

Jeoloji Mühendisliği Dergisi, yazarlardan sayfa ücreti talep etmemektedir. Dergiye sunulan makaleler, daha önce yayınlanmadığı ve başka yerde yayınlanmak üzere gönderilmediği varsayılarak değerlendirme için kabul edilir. Yazarlar, makalenin ana içeriğinin daha önce yayınlanmadığını ve başka bir dergide yayınlanmak üzere gönderilmediğini onaylamalıdır. www.jmo.org.tr adresinde bulunan telif hakkı devir formu, tüm yazarlar adına ilgili yazar tarafından imzalanmalı ve makale dosyalarıyla birlikte gönderilmelidir. Bir makale sunulduktan sonra, başka yazar eklenmesi veya çıkarılması veya yazarların değiştirilmesi mümkün değildir. Ancak, hakem sürecinde makale içeriğinde yapılan çok önemli değişiklikler dolayısıyla Editörle iletişime geçilerek yazar değişikliği yapılabilir.

Makaleler, yazım kurallarına uymuyorsa ya da dergi kapsamı dışındaysa, dergi editörü tarafından hakem değerlendirmesi yapılmaksızın reddedilebilir. Bir makale yayım için kabul edildikten sonra, diğer bir deyişle, hakem tarafından önerilen düzeltmeler tamamlandıktan ve editör tarafından kabul edildikten sonra, yazara makalede değişiklik yapma izni verilmez. Makale yayınlanmadan önce, yazarlara düzeltmeler için Teknik Editör tarafından prova baskı gönderilir. Başkasının fikir veya sözcüklerinin orijinal biçiminde kullanılması veya uygun bir atıf yapılmaksızın değiştirilmesi, intihal olarak kabul edilir ve tolere edilemez.

YAZILAR

Yazılar aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır:

- (a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- (b) Yazar Adları (kısaltılmadan, koyu ve baş harfleri büyük harfle) ve adresleri (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak yazarın e-posta adresi. Yazarların ORCID ID bilgileri
- (c) Öz (Türkçe ve İngilizce)
- (d) Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- (e) Giriş (amaç, kapsam ve yöntem)
- (f) Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzemeler, tanımlamalar, analizler vd.)
- (g) Tartışma,
- (h) Sonuçlar ve Öneriler
- (i) Katkı Belirtme
- (j) Kaynaklar
- (k) Çizelgeler Dizini (Çizelge başlığı Türkçe ve İngilizce)
- (l) Çizelgeler
- (m) Şekiller Dizini (Şekil başlığı Türkçe ve İngilizce)
- (n) Şekiller

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cm X21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en

az 2.5 cm boşluk bırakılarak, 2 satır aralıkla ve 12 puntuyla yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

Makale başlıkları, aşağıdaki gibi olmalıdır:

ÖZ

ABSTRACT

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

TARTIŞMA

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

KATKI BELİRTME

KAYNAKLAR

Başlık ve Yazarlar

Yazının başlığı, 12 kelimeyi geçmeyecek şekilde çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) İngilizce başlık (italik ve kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre verilmelidir. Makaledeki yazarlar orcid.org web adresinden edinecekleri ORCID kimliklerini makale ile birlikte sunmalıdır.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneklere uygun olarak verilmelidir.

İsmail Dinçer *Neveşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Neveşehir*

İbrahim A. Al-Akhaly *Sana'a University, Faculty of Petroleum and Natural Resources, Sana'a, Yemen*

İlgili yazarın e-posta adresi de verilmelidir.

ÖZ

Çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) en kısa öz olarak ve 200-300 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Özler hem Türkçe, hem İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Özden sonra "Abstract" (İtalik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Abstract'ı izlemelidir.

Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract'ın altında en az 4 en çok 7 kelimedenden oluşan ve yazının konusunu yansıtan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not ve Tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

Katkı Belirtme (gerekliyse)

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların

adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları unvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

Kullanılacak Birimler ve Ondalık Bölümlerin Ayrılması

Makalede, metrik sistem veya SI birimleri (kPa, kN/m³ vb.) kullanılmalıdır. Gerek metin içinde ve çizelgelerde, gerekse şekillerde rakamların ondalık bölümlerinin ayrılması için nokta kullanılmalıdır (3.1 gibi).

Kaynaklar

Aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır.

- Metin içinde kaynaklara değinme yapılırken aşağıdaki örneklerde olduğu gibi, bibliyografya araştırmacı soyadı ve tarih sırasıyla verilmelidir.
....Ford (1986) tarafından
....bazı araştırmacılar (Williams, 1987; Gunn, 1990; Saraç ve Tarcan, 1995)
- Birden fazlası yazarlı yayınlara metni içinde değinilirken ilk soyadı belirtilmeli, diğer yazarları için vd. ibaresi kullanılmalıdır.
....Doyuran vd. (1995)....
....(Smart vd., 1971)....
- Ulaşılamayan bir yayına metin içinde değinme yapılırken bu kaynakla birlikte alıntının yapıldığı kaynak da aşağıdaki şekilde belirtilmelidir. Ancak Kaynaklar Dizininde sadece alıntının yapıldığı kaynak belirtilmelidir.
....Dreybrodt (1981; Schuster and White, 1971)....
- Kişisel görüşmelere metin içinde soyadı ve tarih belirtilerek değinilmeli, ayrıca «Kaynaklar» bölümünde de yer verilmelidir. (Soyadı, Adı, Tarih. Kişisel görüşme. Görüşülen kişinin/kişilerin adres(ler)i)
- Kaynaklar, yazar soyadları esas alınarak alfabetik sırayla verilmeli ve metin içinde değinilen tüm kaynaklar, «Kaynaklar» bölümünde eksiksiz olarak belirtilmelidir.

Kaynakların yazılmasında aşağıdaki örneklerde belirtilen düzen esas alınmalıdır:

Sürelî yayımlar:

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

Bildiriler:

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin Başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editörler, Basımevi, Cilt No. (birden fazla ciltten oluşuyorsa), Düzenlendiği Yerin Adı, Sayfa No.]
Altındağ, R., Şengün, N., Güney, A., Mutlutürk, M., Karagüzel, R., Onargan, T., 2006. The integrity loss of physico-mechanical 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.

Kitaplar:

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Kitabın Adı (ilk harfleri büyük). Yayınevi, Basıldığı Şehrin Adı, Sayfa Sayısı.]
Palmer, C.M., 1996. Principles of Contaminant Hydrogeology (2nd Edition). Lewis Publishers, New York, 235 p.
Ketin, İ., Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı:869,520 s.

Raporlar ve Tezler:

[Yazar ad(lar)ı, Tarih. Raporun veya Tezin Başlığı. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı, Arşiv No. (varsa), Sayfa Sayısı (yayımlanıp, yayımlanmadığı)]
Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234, 17 s (yayımlanmamış).
Akin, M., 2008. Eskipazar (Karabük) travertenlerinin bozunmasının araştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Doktora Tezi, 263 s (yayımlanmamış).

İnternette İndirilen Bilgiler:

Kurumun adı, Tarih. Web adresi, web adresine girildiği tarih.
AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı), 2021. <http://www.afad.gov.tr>, 4 Ocak 2021.
Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.
NOT: Tüm kaynaklarda ilk satırdan sonraki satırlar 0.7 cm içeriden başlanarak yazılmalıdır.

Eşitlikler ve Formüller

- Eşitlikler bilgisayarla yazılmalıdır. Eşitliklerde, yaygın olarak kullanılan uluslararası simgelere yer verilmesine özen gösterilmelidir.
- Her eşitliğe sırayla numara verilmeli, numaralar parantez içinde eşitliğin hizasında ve sayfanın sağ kenarında belirtilmelidir.
- Eşitliklerde kullanılacak alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterlerle yazılmalıdır (I_p , x^2 gibi).
- Eşitliklerdeki sembollerin açıklamaları eşitliğin hemen altındaki ilk paragrafta verilmelidir.
- Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır ($\sigma_{\text{cmass}} = \sigma_c^{0.5}$ gibi).
- Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine «/» simgesi kullanılmalıdır. Çarpma işareti olarak genellikle herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak zorunlu hallerde «*» işareti tercih edilmelidir ($y=5 * 10^{-3}$ gibi).
- Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla Ca⁺⁺ veya CO⁻ gibi ifadeler yerine Ca⁺² ve CO⁻² kullanılmalıdır.
- İzotop numaraları, «18O» şeklinde verilmelidir.

Çizelgeler:

- a) Yazarlar, derginin boyutlarını dikkate alarak, çizelgeleri sınırlamalı ve gerekiyorsa metinde kullanılabilecek oranda 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 İtalik 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 ve Fotoğraf):

- 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 İtalik 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 verilisinde, 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 yapılsa bibliyografik bilgiler dipnotta değil, «Kaynaklar»da verilmelidir.

YAZILARIN EDITÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nin “Yayın Amaçları ve Kuralları”nda belirtilen ilkelere uygun olarak elektronik ortamda hazırlanmış yazılar, e-posta ile topal@metu.edu.tr adresine gönderilmelidir.

Prova Baskı

Makalelerin prova baskıları, dizgi ve yazım hatalarının olup olmadığının kontrolü için ilgili yazara Teknik Editör tarafından gönderilir. Prova baskılarda yapılacak düzeltmeler yazım hataları ile sınırlı olup, yazarların makaleyi kabul edilmiş son halinden farklı duruma getirebilecek değişiklikler ve düzeltmeler yapması kabul edilmeyecektir. Prova baskılar, yazarlar tarafından alındıktan sonra en geç üç gün içinde Teknik Editöre gönderilmelidir. Gecikmeli olarak yapılacak düzeltmelerin baskıya verilmesi garanti edilemeyeceği için, yazarların prova baskıları göndermeden çok dikkatli şekilde kontrol etmeleri gerekmektedir.

AYRI BASKI

Makale dergi web sitesinden (www.jmd.jmo.org.tr) ücretsiz olarak pdf formunda indirilebildiği için, yazarlara ayrı baskı gönderilmeyecektir.

TELİF HAKLARI

Yazar veya (Başvurulacak Yazar (birden fazla yazarlı makalelerde), kendisi ve diğer yazarlar adına “Telif Hakkı Devir Formu”nu makalenin baskıya verilmesinden önce imzalamalıdır. Bu sözleşme, Jeoloji Mühendisleri Odası'na yazarlar adına telif hakkı alınmış yayınlarını koruma olanağı sağlamakla birlikte, yazarların makalenin sahibi olma haklarından vazgeçtiği anlamına gelmemektedir. Telif Hakkı Devir Formu, en kısa sürede Editör'e gönderilmelidir. Bu form Editör'e ulaştırılıncaya değin, makale yayına kabul edilmiş olsa bile, baskıya gönderilmez.

