

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

Journal of Geological Engineering

Cilt - Volume 47

Sayı - Number 1

ISSN 1016 - 9172

Haziran / June 2023

Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Journal of Geological Engineering

Cilt - Volume 47

Sayı - Number 1

Haziran / June 2023

İçindekiler / Contents

Makaleler / Articles

1- Araştırma Makalesi / Research Article

Ogün Ozan VAROL, Mutluhan AKIN, Ahmet ORHAN, İsmail DİNÇER

Kaya Düşmelerinin 3-Boyutlu Olasılıksal Analizlerle ve Ampirik Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Kayseri – Soğanlı Yerleşim Yeri Örneği

Evaluation of Rockfalls with 3-Dimensional Probabilistic Analyses and Empirical Methods: The Case of the Kayseri – Soğanlı Settlement

29- Araştırma Makalesi / Research Article

Hüseyin AKKUŞ, Engin YILDIZ, İsmail BULUT

HEC-RAS 2B Modeli Kullanılarak Yazılıkaya Deresi (Nallıhan Ankara) Sel Tehlike Haritalarının Hazırlanması ve Sel Kontrol Yapısının Etkinliği

The Preparation of Yazılıkaya Stream (Nallıhan Ankara) Flood Hazard Maps Using the HEC-RAS 2D Model and The Efficiency of Flood Control Structure

47- Araştırma Makalesi / Research Article

Tuba EROĞLU AZAK, Bekir Özer AY

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Etkilediği İllerdeki Bina Stokunun Özellikleri

Characteristics of Building Stock in Cities Affected by the February 6, 2023 Kahramanmaraş Earthquakes

67- Teknik Not / Technical Note

Nihat Sinan IŞIK

Basen ve Yakın Fay Etkilerinin Deprem Yer Hareketi Üzerindeki Etkileri, Kahramanmaraş Pazarcık Depremi Antakya Kayıtlarının Değerlendirilmesi

Basin and Near-Fault Effects on Earthquake Ground Motions: An Evaluation of the Antakya Records of the Kahramanmaraş Pazarcık Earthquake

87 Derleme / Review

Atiye TUĞRUL, Murat YILMAZ

Agrega Üretim Sahalarındaki Belirsizlik ve Risklerin Azaltılmasında Jeoloji ve Mühendislik Jeolojisi Araştırmalarının Önemi

The Importance of Geology and Engineering Geology Studies in Reducing Uncertainties and Risks in Aggregate Production Sites



TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

EDİTÖR / EDITOR

Tolga ÇAN
tolgacan@cu.edu.tr

YARDIMCI EDİTÖRLER / ASSOCIATE EDITORS

Nihat Sinan IŞIK
nihatsinan@gazi.edu.tr

Mustafa Kerem KOÇKAR
mustafakockar@hacettepe.edu.tr

TEKNİK EDİTÖR / TECHNICAL EDITOR

Müge AKIN
muge.akin@agu.edu.tr

Senem TEKİN
senemtekin@adiyaman.edu.tr

İNGİLİZCE EDİTÖRÜ / ENGLISH EDITOR

Cecile POPP

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 2023
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 TÜRER (Hacettepe Üniversitesi)
Dr. Asuman TÜRKMEENOĞLU (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, Google Scholar, TR Dizin, indeksleri tarafından taranmaktadır.

*Journal of Geological Engineering is indexed and abstracted by Scopus,
Google Scholar, TR Dizin.*

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

Hüseyin ALAN	Başkan / President
M. Emre KIBRIS	İkinci Başkan / Vice President
Buket YARARBAŞ ECEMİŞ	Yazman / Secretary
Seçkin GÜLBUDAK	Sayman / Treasurer
Hüseyin AKKUŞ	Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities
Işık ŞENER AYDEMİR	Yayın Üyesi / Member of Publication
Özgür DEĞİRMENCİ	Sosyal İlişkiler Üyesi / Member of Social Affairs

Jeoloji Mühendisliği Dergisi JMO yayını olup para ile satılmaz.



İçindekiler / Contents

Makaleler / Articles

1- Araştırma Makalesi / Research Article

Oğün Ozan VAROL, Mutluhan AKIN, Ahmet ORHAN, İsmail DİNÇER

Kaya Düşmelerinin 3-Boyutlu Olasılıksal Analizlerle ve Ampirik Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Kayseri – Soğanlı Yerleşim Yeri Örneği

Evaluation of Rockfalls with 3-Dimensional Probabilistic Analyses and Empirical Methods: The Case of the Kayseri – Soğanlı Settlement

29- Araştırma Makalesi / Research Article

Hüseyin AKKUŞ, Engin YILDIZ, İsmail BULUT

HEC-RAS 2B Modeli Kullanılarak Yazılıkaya Deresi (Nallıhan Ankara) Sel Tehlike Haritalarının Hazırlanması ve Sel Kontrol Yapısının Etkinliği

The Preparation of Yazılıkaya Stream (Nallıhan Ankara) Flood Hazard Maps Using the HEC-RAS 2D Model and The Efficiency of Flood Control Structure

47- Araştırma Makalesi / Research Article

Tuba EROĞLU AZAK, Bekir Özer AY

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Etkilediği İllerdeki Bina Stokunun Özellikleri

Characteristics of Building Stock in Cities Affected by the February 6, 2023 Kahramanmaraş Earthquakes

67- Teknik Not / Technical Note

Nihat Sinan IŞIK

Basen ve Yakın Fay Etkilerinin Deprem Yer Hareketi Üzerindeki Etkileri, Kahramanmaraş Pazarcık Depremi Antakya Kayıtlarının Değerlendirilmesi

Basin and Near-Fault Effects on Earthquake Ground Motions: An Evaluation of the Antakya Records of the Kahramanmaraş Pazarcık Earthquake

87 Derleme / Review

Atiye TUĞRUL, Murat YILMAZ

Agrega Üretim Sahalarındaki Belirsizlik ve Risklerin Azaltılmasında Jeoloji ve Mühendislik Jeolojisi Araştırmalarının Önemi

The Importance of Geology and Engineering Geology Studies in Reducing Uncertainties and Risks in Aggregate Production Sites



Research Article / Araştırma Makalesi

Kaya Düşmelerinin 3-Boyutlu Olasılıksal Analizlerle ve Ampirik Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Kayseri – Soğanlı Yerleşim Yeri Örneği

*Evaluation of Rockfalls with 3-Dimensional Probabilistic Analyses and Empirical Methods:
The Case of the Kayseri – Soğanlı Settlement*

Ogün Ozan VAROL^{*1} , Mutluhan AKIN² , Ahmet ORHAN² , İsmail DİNÇER² 

1 Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

2 Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Kapadokya Jeolojik Miras ve Kaya Oyma Yapıları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Nevşehir, Türkiye

Received (Geliş): 17 Mart (March) 2023, Revised (Düzeltilme): 27 Nisan (April) 2023, Accepted (Kabul): 3 Mayıs (May) 2023

ÖZ

Bu çalışma kapsamında Kayseri – Soğanlı yerleşim yerinde meydana gelebilecek kaya düşmeleri ampirik olarak enerji açısı yöntemiyle ve 3-boyutlu olasılıksal kaya düşme modelleri ile değerlendirilmiştir. Yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli (SYM) insansız hava aracı (İHA) ile elde edilen yüksek çözünürlüklü ortofoto yardımıyla elde edilmiştir. SYM üzerinde 3-boyutlu olasılıksal kaya düşme simülasyonları, CONEFALL yazılımı yardımıyla enerji çizgi açısı yöntemine göre kaya düşme zonları belirlenerek gerçekleştirilmiştir. Geçmişte düşmüş olan kaya blokların en, boy ve yükseklikleri arazi çalışmaları ve İHA ile oluşturulan ortofoto üzerinden belirlenmiştir. 3-boyutlu olasılıksal analizler neticesinde 3 m'lik kaya bloklarının yamaç boyunca hareketi esnasında kinetik enerji değerleri maksimum 15,000 kJ, sıçrama yüksekliği ise 15 m olarak belirlenmiştir. Enerji çizgi açısı yöntemi dikkate alındığında, incelenen yamacın güney kesiminde daha önceden düşen blokların çoğunlukla 40°'lik enerji çizgi açısı zonunda yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Öte yandan, 3 m blok boyutu için yapılan olasılıksal 3-boyutlu kaya düşme analizlerinden elde edilen yuvarlanma hatları en fazla 30°'lik enerji çizgi açısı zonuna kadar ulaşsa da, özellikle yamacın güney kesiminde bu yuvarlanma hatları 40°'lik enerji çizgi açısı zonunda sonlanmaktadır. Buna göre, ampirik yöntem, 3-boyutlu olasılıksal yöntem ve arazide ölçülen blokların konumları genel olarak uyum göstermektedir.

Anahtar kelimeler: 3-Boyutlu olasılıksal analiz, CONEFALL, Enerji çizgi açısı, Kaya düşmesi, Ortofoto, RocPro3D

ABSTRACT

This study evaluated the potential rockfall hazards in the Kayseri-Soğanlı settlement using the energy angle method and 3-dimensional probabilistic rockfall modeling. The high-resolution digital surface model (DSM) was obtained with the help of unmanned aerial vehicles (UAV) and high-resolution orthophoto. 3-dimensional probabilistic rockfall simulations were conducted on the DSM using the CONEFALL software, and rockfall zones were determined according to the energy line angle method. The dimensions of previously fallen rock blocks were determined using fieldwork and orthophoto generated by UAV. As a result of 3-dimensional probabilistic analyses, the maximum kinetic energy values of 15,000 kJ and bounce height of 15 m were determined during the movement of 3-meter rock blocks along the slope. When the energy line angle method was considered, it was found that the previously fallen blocks were mostly concentrated in the 40° energy line angle zone in the southern part of the slope.

On the other hand, although the rolling lines obtained from probabilistic 3- dimensional rockfall analyses for 3 metre block size reach up to the maximum 30° energy line angle zone, these rolling lines end in the 40° energy line angle zone, especially in the southern part of the slope. Therefore, the empirical method, 3-dimensional probabilistic method, and the positions of measured blocks in the field show general consistency.

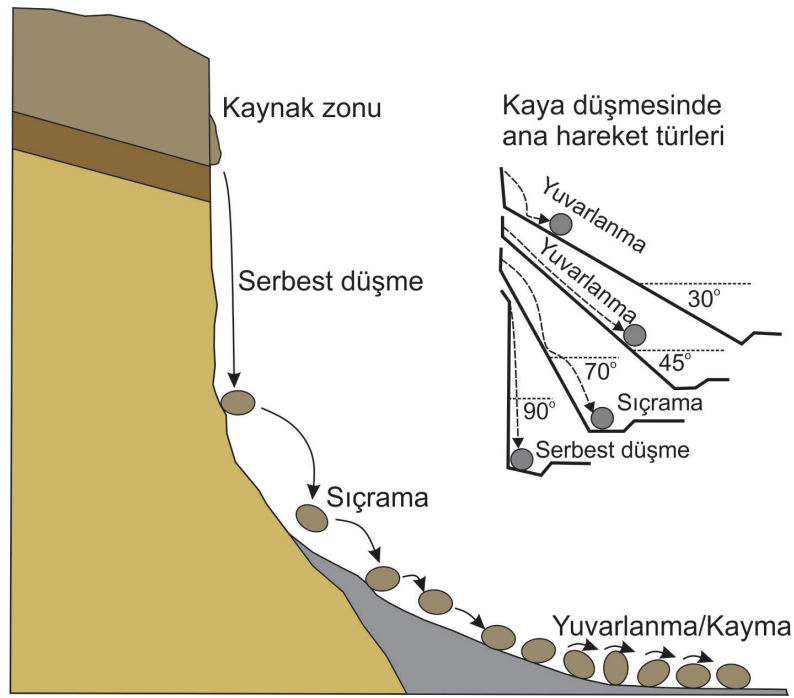
Keywords: 3-Dimensional probabilistic analysis, CONEFALL, Energy line angle, Rockfall, Orthophoto, RocPro3D

GİRİŞ

Dünya Bankası verilerine göre doğal afetlerden kaynaklı can kayıplarının %95'i az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde meydana gelmektedir. Bu sebepten dolayı ülkeler yıllık üretimlerinin yaklaşık %1 - %2'sini doğal afetler neticesinde kaybetmektedirler (Kreimer ve Arnold, 2000). Doğal afetlere neden olan kaya düşmeleri Varnes (1978) tarafından yamaç veya şevlerde süresizliklerle sınırlı olan kaya bloklarının yerçekiminin etkisiyle kaynak bölgesinden hızlı bir şekilde arazi eğim yönünde hareket ettiği bir duraysızlık türü olarak tanımlanmıştır. Kaya kütleleri, içerdiği süresizlik yüzeylerindeki suların donma-çözülme etkisiyle oluşturduğu içsel basınçlar, deprem dalgalarının oluşturduğu dinamik yükler, farklı ayrışma ve ağaç köklerinin zamanla büyümesi gibi birçok faktörden dolayı kaynak zondan kopar ve çoğunlukla dik bir yamaçtan serbest düşme hareketi sergiler (Şekil 1). Kaya kütlelerinin hareket ettiği arazinin eğimi azaldıkça kaya bloğunun hareketi önce sıçramaya daha sonra ise yuvarlanmaya dönüşür (Akın vd., 2019; Wyllie, 2014). Kaya düşmeleri, diğer şev duraysızlıkları ile kıyaslandığında gerek tetikleyici unsurları gerekse kaynak zonundan

dolayı kestirilmesi güç bir duraysızlık türüdür (Akın vd., 2019). Dik yamaçlarda uzun süre duraylı konumda kalabilen büyük kaya blokları ani bir tetikleyici unsurdan dolayı ana kayadan ayrılabilen ve bu olay neticesinde ciddi can ve mal kayıpları meydana gelebilmektedir.

Ülkemiz jeolojik ve coğrafik konumundan dolayı çeşitli jeolojik tehlikelerin etkisi altındadır. Etkilediği insan ve konum bakımından her ne kadar depremler ilk akla gelen doğal afet olsa da kaya düşmeleri de ülkemizde sıkça rastlanan önemli bir afet türüdür. Gökçe vd. (2008) yaptıkları çalışmada, 79 ilimizde kaya düşmesi olaylarının yaşandığını ve 1703 yerleşim biriminin bu afetten etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Kaya düşmelerinden etkilenen 1703 yerleşim birimi ülkemizdeki yerleşim birimlerinin %4,76'sına karşılık gelmektedir. Ülkemizin jeolojik, jeomorfolojik ve iklimsel koşullarında dolayı özellikle Karadeniz Bölgesi başta olmak üzere Doğu Anadolu ve Orta Anadolu Bölgeleri'nin yoğun bir şekilde afete uğradığı görülmektedir (Şekil 2). Şekil 3'te görüldüğü gibi özellikle Kayseri bölgesi ülkemizde kaya düşme olaylarının sıkça yaşandığı bir bölgedir. Bu yüzden bu bölgede yapılan ve yapılacak olan çalışmalar oldukça önemlidir.



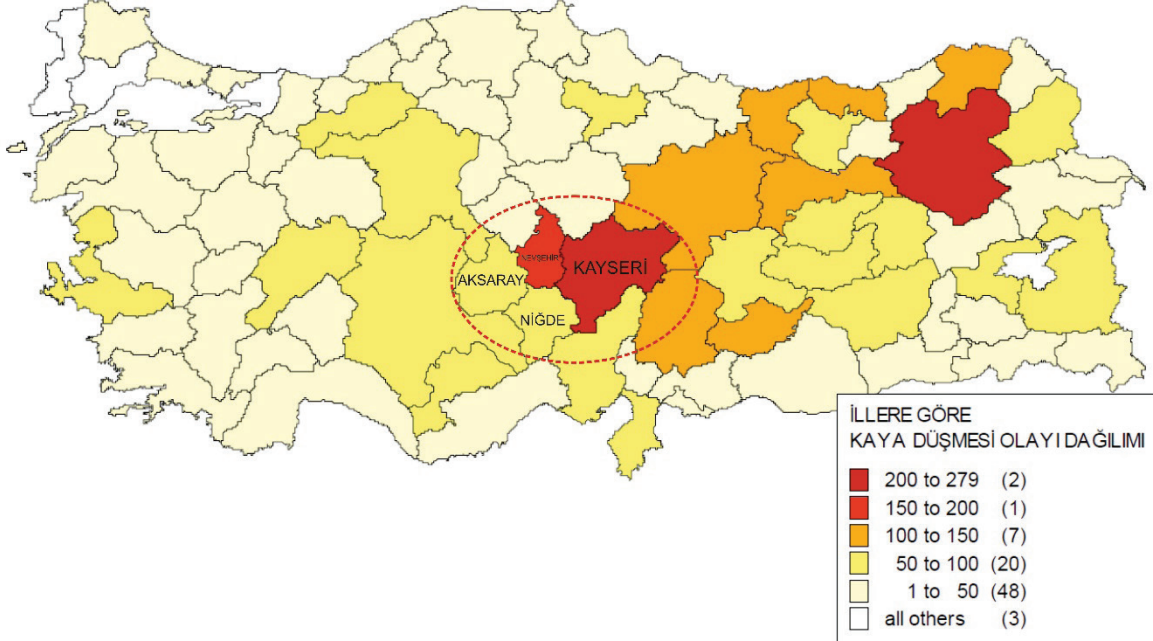
Şekil 1. Kaya düşmesi sırasında kaynak zondan ayrılan kayanın arazi eğime göre sergilediği hareketler (Akın vd., 2019; Ritchie, 1963).

Figure 1. Movement types of blocks detached from a source zone according to slope gradient during rockfall (Akın et al., 2019; Ritchie, 1963).



Şekil 2. 1950- 2008 yılları arasında Türkiye’de yaşanan kaya düşmelerinin mekânsal olarak dağılımı (Gökçe vd., 2008).

Figure 2. Distribution of rockfalls in Türkiye between 1950 and 2008 (Gökçe et al., 2008).



Şekil 3. Kaya düşmesinden etkilenen illerin dağılımı (Gökçe vd., 2008)'den değiştirilmiştir.

Figure 3. Distribution of the provinces affected by rockfall (modified from Gökçe et al., 2008).

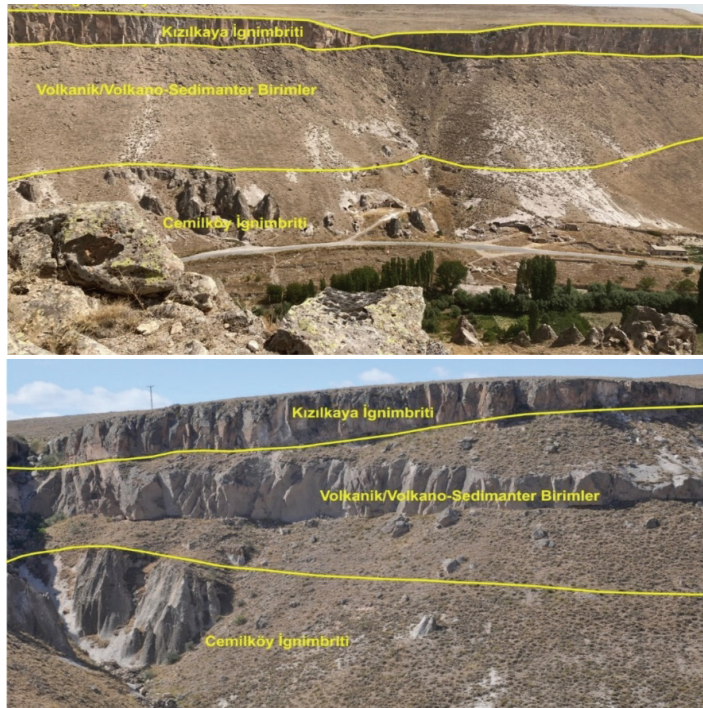
Kaya düşmeleri ile ilgili çalışmalar 1800'li yılların ikinci yarısından itibaren yapılmaktadır (Baltzer, 1875; Bozzolo ve Pamini, 1986; Ritchie, 1963). 2000'li yıllara gelindiğinde teknolojinin ve bilgisayar programlarının gelişmesiyle birlikte kaya düşmeleri hakkında yapılan çalışmalar hızla artmış, kaya düşmeleri 2-boyutlu ve 3-boyutlu olarak modellenmeye başlanmıştır (Akin vd., 2021; Binal ve Ercanoğlu, 2010; Kaya ve Topal, 2015; Polat, 2020; San vd., 2020; Şener, 2019; Ulusay vd., 2006; Volkwein vd., 2011). Özellikle son yıllarda insansız hava araçlarının mühendislik alanlarında daha sık kullanılmasıyla birlikte 3-boyutlu deterministik ve olasılıksal kaya düşmesi analizlerine yönelik modelleme çalışmaları yoğunlaşmıştır (Akin vd., 2014, 2021; Dorren vd., 2007; Guzzetti vd.,

2002; Topal vd., 2006, 2012). Literatürde ampirik yöntemlerle belirlenen kaya düşme zonlarına ait çalışmalar da mevcuttur (Ghani vd., 2022; Hepdeniz, 2019; Kalender ve Sönmez, 2019; Marija vd., 2022; Mutlu vd., 2022). Kaya düşmesi potansiyeline sahip yol güzergahları ve yerleşim yerlerinde kaya düşme analizlerinin yapılarak tehlike haritalarının oluşturulması oldukça önemlidir (Dinçer vd., 2016; Fanos ve Pradhan, 2019; Kalender ve Sönmez, 2019; Topal vd., 2007; Tunusluoglu ve Zorlu, 2009). Bu çalışma kapsamında, Kayseri–Soğanlı yerleşim yerinde geçmişte oluşan ve gelecekte oluşabilecek kaya düşmesi olayları ampirik yöntem (enerji çizgi açısı) ve 3-boyutlu olasılıksal analizler ile incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur.

Çalışma Alanı Jeolojisi

Yapılan arazi çalışmaları sonucunda Soğanlı yerleşim bölgesinde ve yakın çevresinde en üst seviyede Kızılkaya ignimbritleri yer almaktadır. Kızılkaya ignimbritlerinin altında

volkanosedimanter seviyeler yüzlek verirken, Cemilköy ignimbritleri daha alt kotlarda yaygın şekilde gözlenmektedir (Atabey, 1989) (Şekil 4). Vadi tabanına inildiğinde ise akarsuların getirmiş olduğu alüvyonlar gözlenmektedir (Şekil 5).



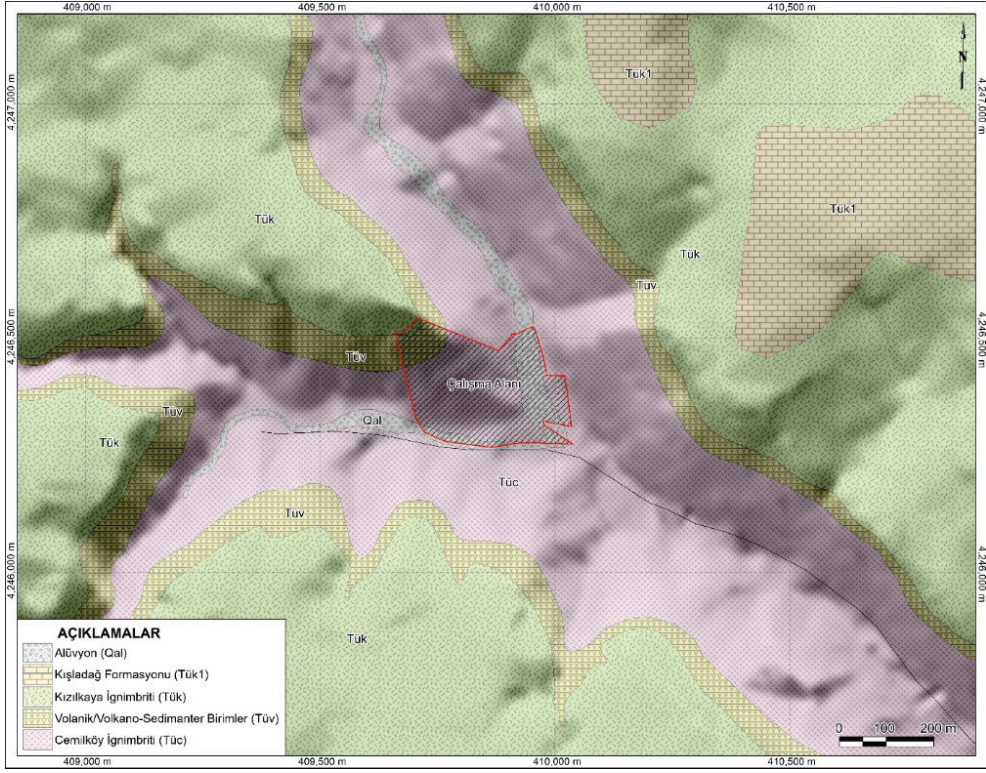
Şekil 4. İnceleme alanındaki jeolojik birimlerin stratigrafik ilişkisi.

Figure 4. Stratigraphic relationship of the geological units in the study area.

Süreksizlik Çalışmaları ve Kinematik Analizler

Çalışma kapsamın yapılan süreksizlik incelemeleri ISRM (1981; 2007) önerileri doğrultusunda hat etütleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Kaynak zonu oluşturan dik yamaç yaklaşık 35 m yüksekliğe sahiptir (Şekil 6). Kızılkaya ignimbritlerinden oluşan kaya düşmesi kaynak zonunun yönelimi değişkenlik gösterdiğinden, söz konusu kaynak zonu iki ayrı sektöre ayrılmıştır. Bu kapsamda birinci sektör güneydoğuya eğimli olup, eğim miktarı 88°

iken ikinci sektör güneybatıya eğimli ve eğim miktarı 86° 'dir (Şekil 7). Çalışmaya konu olan yamaçtaki yenilme modellerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen kinematik analizlerde kullanılmak üzere arazi çalışmalarında belirlenen süreksizliklerin yönelimlerinin yanı sıra süreksizliklerin yönelimleri ortofoto mozağından üretilen nokta bulutundan CloudCompare yazılımı kullanılarak Kd-tree yöntemine göre de belirlenmiştir. Nokta bulutundan belirlenen egemen süreksizlik takımları ile arazide ölçülen süreksizlik yönelimlerinin birbirleri ile uyumlu olduğu saptanmıştır (Çizelge 1).



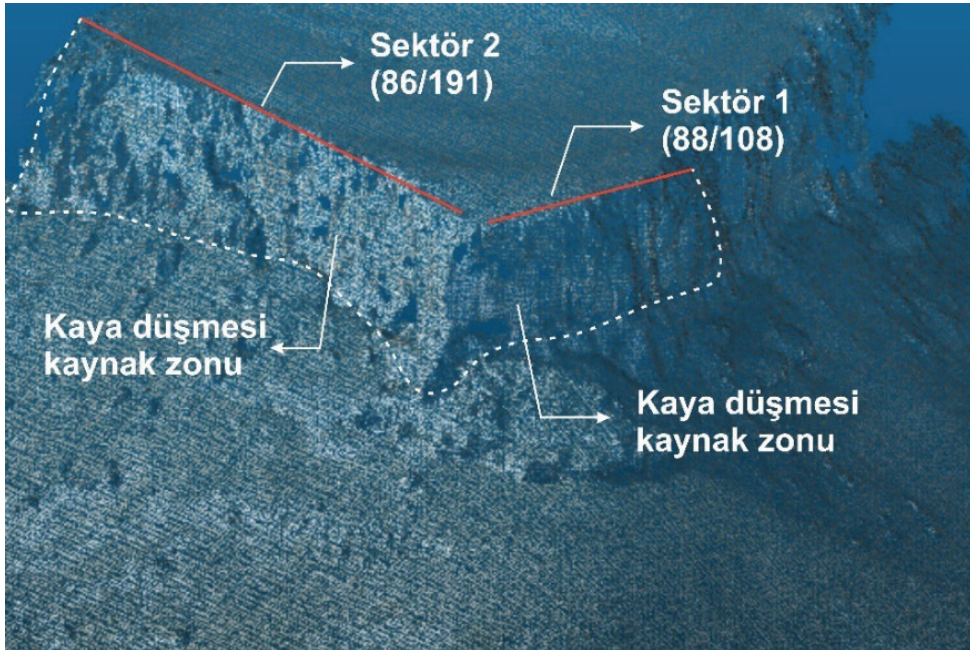
Şekil 5. İnceleme alanı jeoloji haritası (Atabey, 1989'dan değiştirilerek)

Figure 5. Geological map of the study area (modified from Atabey, 1989).



Şekil 6. Kaya düşmesi kaynak zonunu oluşturan dik yamaç.

Figure 6. The steep slope forming the rockfall source zone.



Şekil 7. Kaya düşmesi kaynak zonunda incelenen sektörlerin nokta bulutu üzerinde gösterimi.

Figure 7. Representation of the investigated rockfall source zone sectors on the point cloud.

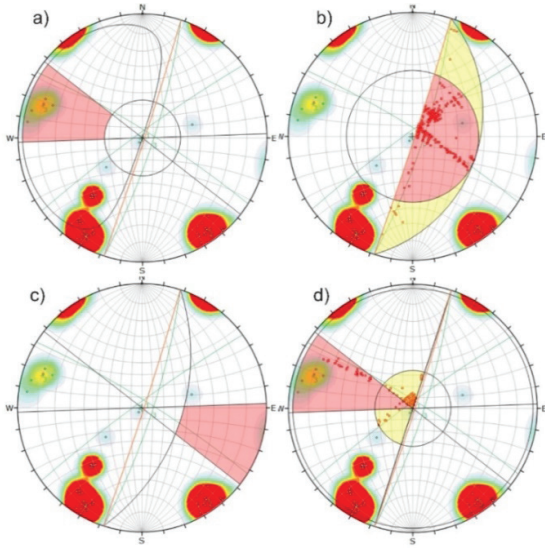
Çizelge 1. Kaya düşmesi kaynak zonunda süreksizlik hat etüdü ve nokta bulutundan belirlenen egemen eklem setlerinin ve yamaçların yönelimi

Table 1. Discontinuity orientation of the dominant sets and slopes at the rockfall source zone derived from scan-line surveys and point cloud

Sektör No	Yamaç eğim yönü/eğim açısı	Egemen süreksizlik eğim yönü /eğim açısı (Arazi ölçüm)	Egemen süreksizlik eğim yönü /eğim açısı (Nokta bulutu)
1	108/88	032/83	116/4
		324/85	358/87
		108/80	101/82
2	191/86	---	086/81
		---	065/26
		---	358/89

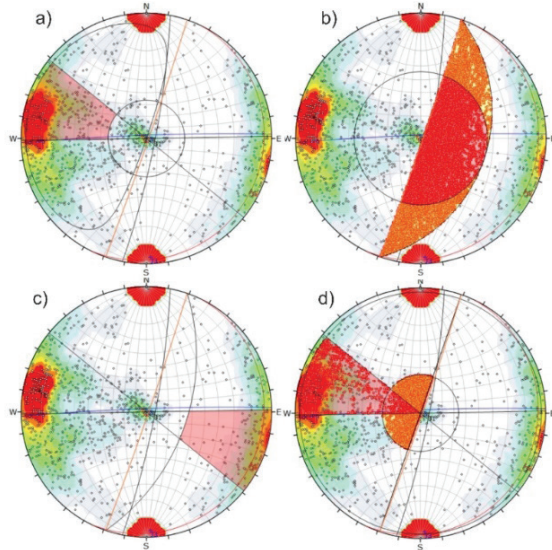
Kinematik analizler Dips yazılımı (Rocscience Inc., 2020) kullanılarak yapılmıştır. Sektör-1'de süreksizlik hat etüdünden elde edilen süreksizlik yönelimleri ile nokta bulutundan belirlenen süreksizliklerin yönelimlerine göre düzlemsel, kama ve devrilme (bükülme ve blok) türündeki muhtemel duraysızlıklara ait kinematik analiz

sonuçları Şekil 8 ve 9'da verilmiştir. Sektör 2'de ise kaynak zonuna ulaşım zorluğundan dolayı arazide süreksizlik hat etüdü yerine, nokta bulutu verisinden süreksizliklerin yönelimleri belirlenmiştir. 2 numaralı sektörde düzlemsel, kama ve devrilme (bükülme ve blok) türündeki muhtemel duraysızlıklara ait kinematik analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 10).



Şekil 8. Sektör-1 için süreksizlik hat etüdü verisiyle gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları, a) Düzlemsel kayma b) Kama tipi kayma c) Bükülme devrilmesi d) Blok devrilmesi.

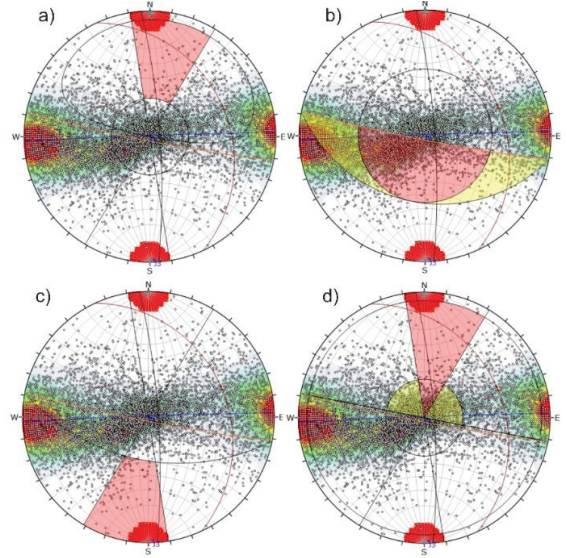
Figure 8. Kinematic analysis results for sector-1 performed using scan-line survey data, a) Planar failure b) Wedge type failure c) Flexural toppling d) Block toppling.



Şekil 9. Sektör-1 için nokta bulutu verisiyle gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları,

a) Düzlemsel kayma b) Kama tipi kayma c) Bükülme devrilmesi d) Blok devrilmesi.

Figure 9. Kinematic analysis results for sector-1 performed using point cloud data, a) Planar failure b) Wedge type failure c) Flexural toppling d) Block toppling.



Şekil 10. Sektör-2 için nokta bulutu verisiyle gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları, a) Düzlemsel kayma b) Kama tipi kayma c) Bükülme devrilmesi d) Blok devrilmesi.

Figure 10. Kinematic analysis results for sector-2 performed using point cloud data, a) Planar failure b) Wedge type failure c) Flexural toppling d) Block toppling.

Kinematik analizler neticesinde incelenen yamaçta kinematik açıdan farklı kaya kütle duraysızlıklarına yol açabilecek süreksizlik sistemleri yer almaktadır. Sektör-1 ve Sektör-2’de gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları dikkate alındığında her iki sektör içinde kinematik açıdan duraysızlık sorunları olduğu görülmektedir. Özellikle dik süreksizliklerden kaynaklanan bükülme devrilmesinin Sektör-2’de yaygın bir duraysızlık türü olduğu tespit edilmiştir. Sektör-1’de ise blok devrilmesi ve kama türü yenilme olasılığının yüksek olduğu

belirlenmiştir. Çalışma bölgesinde yayılım gösteren Kızılkaya ignimbiritlerinde dike yakın soğuma çatlaklarının yönelimlerinin farklı olması, yer yer bu süreksizliklerin kesişerek kama türü

yenilmelere yol açabileceğini göstermektedir. Kinematik analiz sonuçlarından da görüldüğü üzere kama türü yenilme olasılığı Sektör-1'de oldukça yüksektir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kaynak zonda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçları.

Table 2. Kinematic analysis results performed in the source zone.

Sektör No	Şev eğim yönü/eğim	Egemen süreksizlik eğim yönü/eğim*	Kinematik analiz sonucu (kritik alana düşen kutup/kesişim yüzdesi)			
			Düzlemsel yenilme	Kama türü yenilme	Bükülme devrilmesi	Blok devrilmesi
1	109/88	116/4 358/87 101/82	20.67	46.48	8.04	31.26
2	191/86	086/81 065/26 358/89	0.31	-	37.66	6.32

*Nokta bulutu verisinden üretilmiştir.

Kaynak zonu oluşturan yamaç üzerinde gözlenen Kızılkaya ignimbiritlerinde gözlenen süreksizlikler genelde “geniş-çok geniş aralıklı” olarak sınıflandırılmaktadır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kızılkaya ignimbiritlerinde ISRM (1981; 2007) önerilerine göre süreksizlik aralığı tanımlaması

Table 3. Discontinuity spacing definition in Kızılkaya ignimbrites according to ISRM (1981; 2007) recommendations

Aralık (mm)	Tanımlama
<20	Çok dar aralıklı
20-60	Dar aralıklı
60-200	Yakın aralıklı
200-600	Orta derecede aralıklı
600-2000	Geniş aralıklı
2000-6000	Çok geniş aralıklı
>6000	İleri derecede geniş aralıklı

Kaya düşmesi kaynak zonundaki ignimbiritlerde süreksizlikler “çok yüksek” devamlı olarak sınıflandırılabilirler (Çizelge 4). Düşey yöndeki süreksizliklerin devamlılığını kontrol eden en önemli parametre, yamaç yüksekliği olup,

inceleme alanındaki yamaçların çok yüksek olması (çoğunlukla >30 m) nedeniyle süreksizlik devamlılıkları yamaç yüksekliği ile sınırlanmıştır.

Varol, Akın, Orhan, Dinçer

Çizelge 4. Kızılkaya ignimbiritlerinde ISRM (1981; 2007) önerilerine göre süreksizlik devamlılığı tanımlaması

Table 4. Identification of discontinuity persistence in Kızılkaya ignimbrites according to ISRM (1981; 2007) recommendations

Devamlılık (m)	Tanımlama
<1	Çok düşük devamlılık
1-3	Düşük devamlılık
3-10	Orta devamlılık
10-20	Yüksek devamlılık
>20	Çok yüksek devamlılık

Süreksizliklerde dolgu malzemesinin türü ve kalınlığı süreksizlik makaslama dayanımını ve dolayısıyla şev duraylılığını etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesidir. Süreksizlik dolgusunun kalın ve kil türü ince malzemeden oluşması süreksizliğin makaslama dayanımını olumsuz yönde etkilerken, damar türündeki kuvars veya kalsit dolguları süreksizlik makaslama dayanımını artırabilmektedir (Ulusay ve Sönmez, 2007). İnceleme alanındaki ignimbiritlerdeki süreksizlikler çoğunlukla dolgu malzemesi içermemektedir. Yer yer gözlenen süreksizlik dolgu malzemesini ise genellikle kil türü ince malzeme oluşturmaktadır ve dolgu kalınlıkları çoğunlukla süreksizlik yüzey genişliğinden küçüktür.

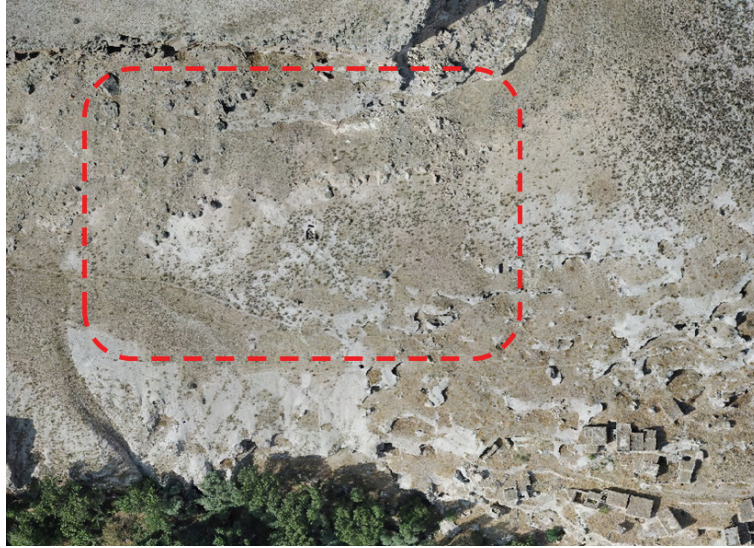
Süreksizliklerde pürüzlülük ve dalgalılık, şev duraylılığı üzerinde doğrudan etkili olan iki önemli etkidir. Pürüzlülüğün ve dalgalılığın artışına bağlı olarak süreksizlik makaslama dayanımı da artmaktadır. Pürüzlülük bir süreksizlik yüzeyinin küçük ölçekte düzlemsellikten sapmasının bir ölçüsüyken, dalgalılık büyük ölçekteki sapmayı işaret etmektedir (Ulusay ve Sönmez, 2007). İnceleme alanındaki ignimbiritlerde süreksizliklerin pürüzlülükleri incelendiğinde, ISRM (1981; 2007)'de sunulan pürüzlülük profillerine göre çoğunlukla “düz-pürüzlü” ve “dalgalı” olarak sınıflandırılmaktadır.

3-Boyutlu Olasılıksal ve Ampirik Yöntemlerle Gerçekleştirilen Kaya Düşme Analizleri

Çalışmaya konu olan yamaç üzerinde gözlenebilecek kaya düşmesi olaylarının değerlendirilmesinde 3-boyutlu kaya düşme analizlerinden ve ampirik yöntemlerden yararlanılmıştır. Bu analizler neticesinde inceleme sahasında düşmesi muhtemel olan kaya bloklarının maksimum yuvarlanma mesafesi, sıçrama yüksekliği ve toplam kinetik enerji dağılımları 3-boyutlu sayısal yüzey modeli üzerinde RocPro3D (RocPro3D, 2014) yazılımı kullanılarak ve enerji çizgi açısı kullanılarak CONEFALL (Quanterra, 2003) yazılımı ile hesaplanmıştır. İncelemeye konu olan yamaçta yapılan arazi çalışmaları kapsamında özellikle güney yamaçta daha önceki dönemlerde düşmüş olan çok sayıda irili ufaklı blok gözlenmiştir (Şekil 11). Yamacın doğuya bakan kısmında ise güney yamaca göre nispeten daha az düşmüş blok tespit edilmiştir. Düşen blokların boyutları arazide ölçülerek ve ortofoto üzerinde de blok boyutları belirlenerek 3-boyutlu analizlerde kullanılacak blok boyutu belirlenmiştir (Şekil 12). Çalışma sahasında ölçülen 21 adet bloğun hacimleri Çizelge 5'te verilmiştir. Yapılan ölçümler neticesinde, daha önceden düşmüş olan blokların ortalama bir eksen uzunluğunun 1,6 m, minimum eksen uzunluğunun 0,5 m ve maksimum eksen uzunluğunun ise 5,0 m olduğu görülmektedir. Blok hacimlerine bakıldığında ise ortalama blok hacmi 7,11 m³, minimum blok hacmi 0,20 m³ ve maksimum blok hacmi 37,40 m³ olarak belirlenmiştir (Şekil 13). Arazide yapılan blok ölçümlerinin yanı sıra ortofoto üzerinden de blok ölçümleri yapılmıştır (Şekil 14). Ortofoto üzerinde yapılan blok ölçümlerinde en büyük kısıtlama blokların yüksekliklerinin belirlenmesi işlemidir. Düşen blokların yükseklikleri, (en + boy)/2 yaklaşımı varsayılarak belirlenmiştir. Ortofoto üzerinde 150 bloğun en, boy ve yükseklikleri ölçülmüş

ve hacimleri hesaplanmıştır (Şekil 15). Ölçülen blokların maksimum blok hacmi $159,17 \text{ m}^3$, minimum blok boyutu $0,11 \text{ m}^3$, ortalama blok hacmi ise $5,74 \text{ m}^3$ olarak belirlenmiştir. Kaynak zonu oluşturan Kızılkaya ignimbiritlerinde yapılan süreksizlik hat etüdü çalışmalarında da genel olarak süreksizlik aralığının 2 m'nin

üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bu durum düşen blok boyutları ile uyum göstermektedir. Aynı zamanda kaynak zondan kopan iri blokların topoğrafyaya çarpması ile parçalanarak yollarına devam etmesi ve blok boyutlarında azalmaların olması da muhtemeldir.



Şekil 11. Kaynak zondan düşen blokların yoğun olduğu güney yamaç (ortofoto görünümü).

Figure 11. The southern slope where fallen blocks are dense (orthophoto view).



Şekil 12. Kaynak zondan daha önce düşen bloklar.

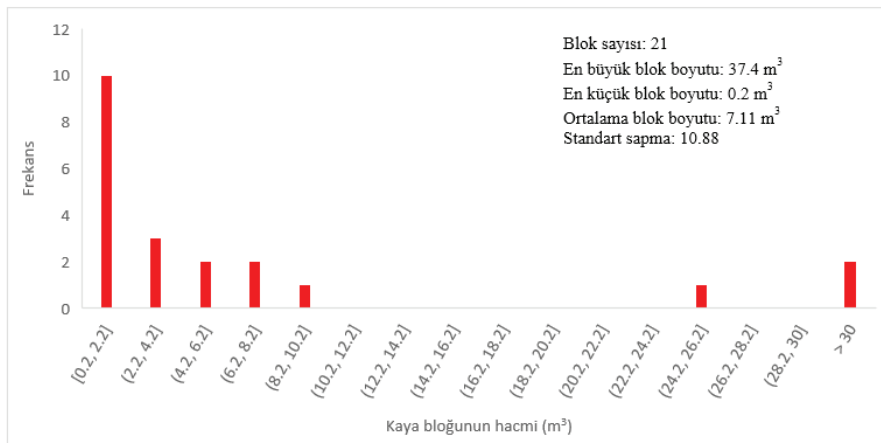
Figure 12. Fallen blocks from the source zone.

Varol, Akın, Orhan, Dinçer

Çizelge 5. Arazide ölçülen düşen blokların boyutları.

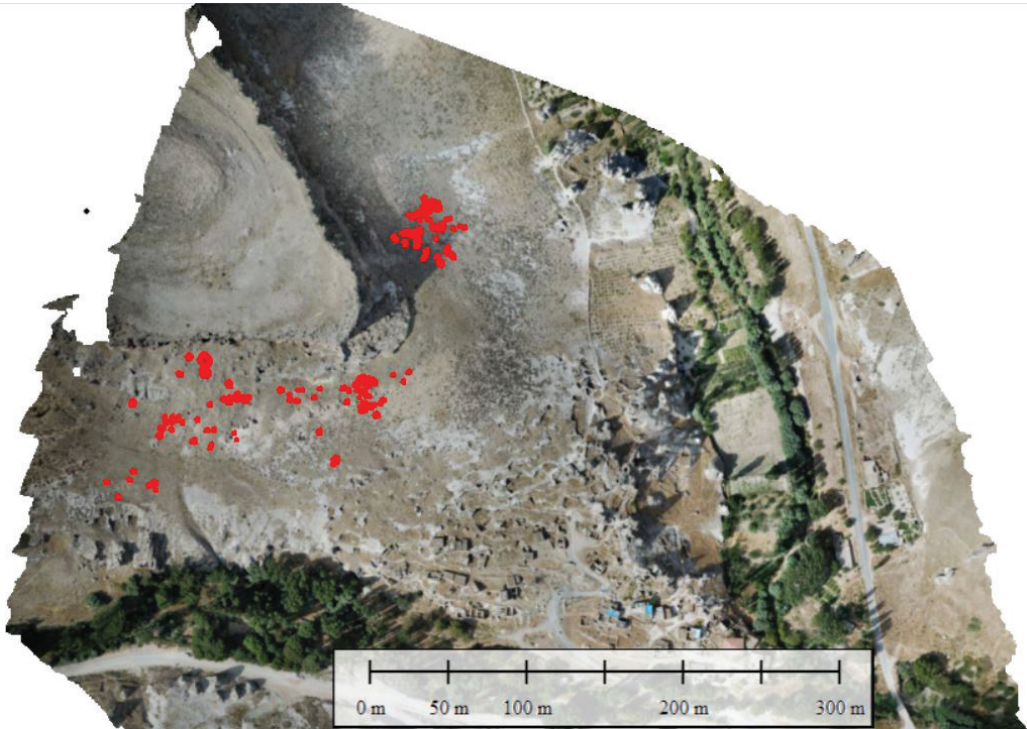
Table 5. Dimensions of previously fallen blocks measured in the field.

Blok No	a (m)	b (m)	c (m)	Hacim (m ³)
1	1,30	1,50	1,20	2,34
2	1,30	1,00	1,00	1,30
3	0,80	0,50	0,50	0,20
4	2,55	1,20	0,50	1,53
5	2,00	1,60	1,10	3,52
6	1,00	0,50	0,70	0,35
7	5,00	2,20	3,40	37,40
8	0,95	1,40	0,50	0,67
9	1,60	0,90	0,60	0,86
10	2,70	1,70	1,50	6,89
11	3,20	3,50	3,00	33,60
12	2,60	1,70	1,10	4,86
13	3,20	3,00	2,60	24,96
14	1,81	1,20	1,62	3,52
15	0,90	1,50	1,20	1,62
16	1,20	1,45	1,00	1,74
17	0,82	0,90	1,70	1,25
18	1,15	0,88	0,80	0,81
19	2,40	1,50	1,65	5,94
20	2,40	2,00	1,45	6,96
21	2,00	2,26	2,00	9,04



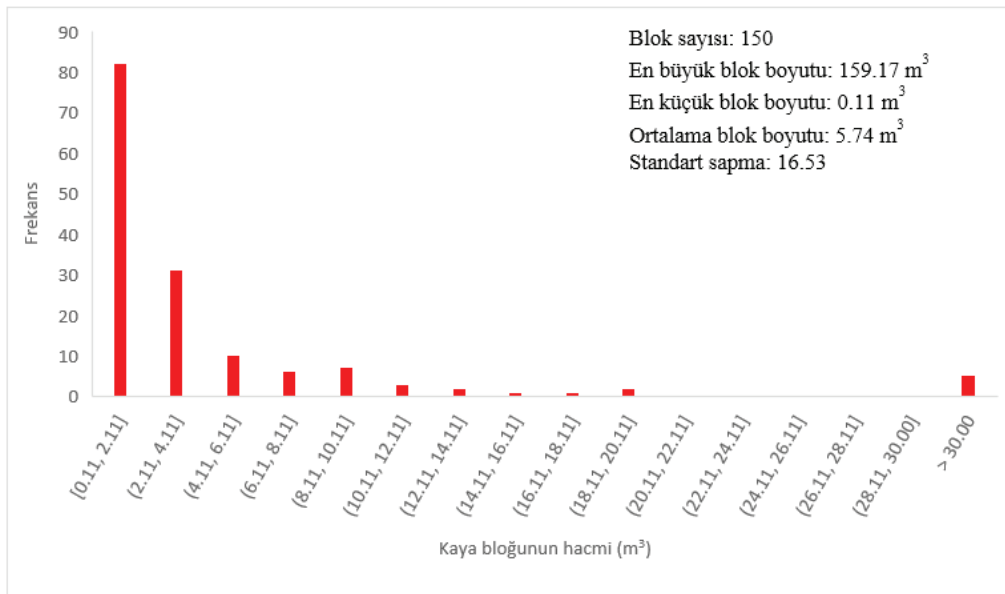
Şekil 13. Arazi çalışmaları sırasında ölçülen 21 bloğun hacim dağılımları

Figure 13. The volume distribution of 21 blocks measured during field studies.



Şekil 14. Ortophoto üzerinde ölçülen bloklar.

Figure 14. Blocks measured on the orthophoto



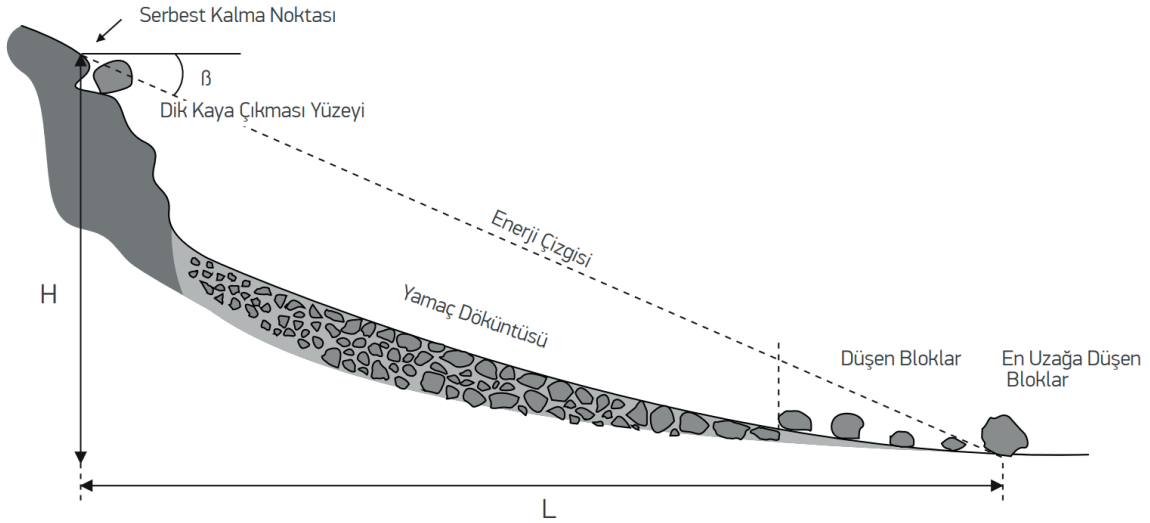
Şekil 15. Ortophoto üzerinden ölçülen 150 bloğun hacim dağılımları

Figure 15. The volume distribution of 150 blocks measured on the orthophoto.

Enerji Çizgi Açısı Yöntemi ile Gerçekleştirilen Kaya Düşme Analizleri

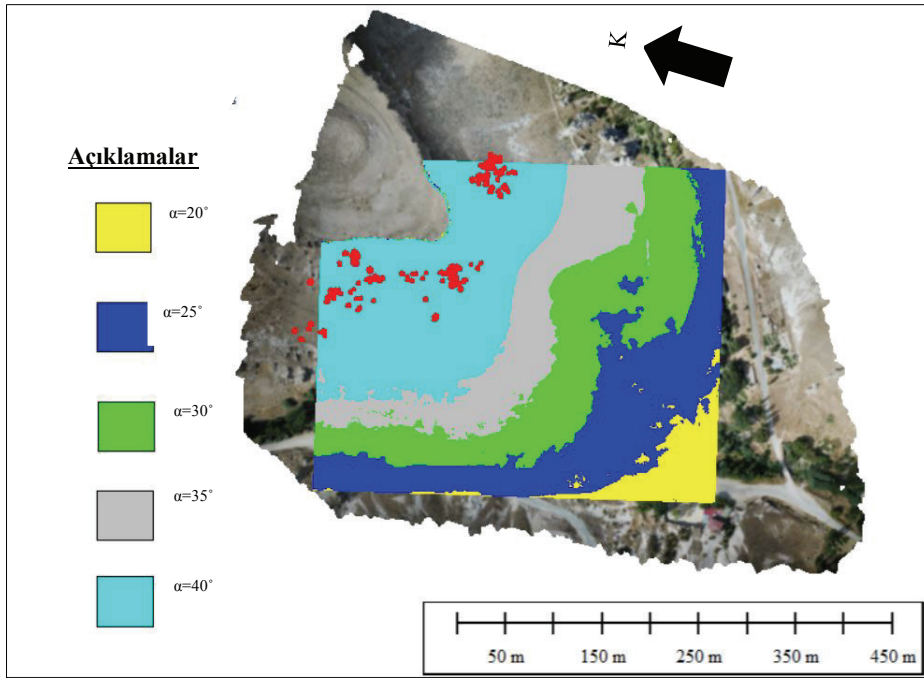
Heim (1932) tarafından önerilen “ulaşma açısı” veya daha genel bir ifade ile “enerji çizgi açısı” yönteminde, kaynak zondan ayrılan kaya bloğunun enerjisi ile yuvarlanabileceği en uzak mesafe arasında bir ilişki olduğu varsayılmaktadır. Bu ampirik yöntem kaya düşme olaylarının daha önceden gerçekleştiği alanlarda, düşmüş kaya bloklarına yönelik yapılan gözlemsel çalışmalara dayanmaktadır. Enerji çizgi açısı yönteminde, Şekil 16’da gösterildiği gibi kaya bloğunun serbest kaldığı kaynak zonun en üst kotundan başlayan ve yatayla belirli bir açı ile ($\beta = \arctan[H/L]$) ile eğim aşağı uzatılan ve enerji çizgisi olarak adlandırılan doğrunun topoğrafyayı kestiği nokta maksimum yuvarlanma mesafesi olarak kabul edilmektedir.

Enerji çizgi açısı yöntemi, bölgesel olarak gerçekleştirilen kaya düşmesi değerlendirmelerinde sayısal yükseklik modeli (SYM) üzerinde kaya düşmesi menzil mesafesine bağlı olarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımları kullanılarak haritalanabilmektedir. Larcher vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, enerji çizgi açısının 26° ile 56° arasında geniş bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında da kaynak zondan başlayarak 20° ’den 40° ’ye kadar 5° ’lik artışlarla enerji çizgi açıları CONEFALL yazılımı (Quanterra, 2003) ile belirlenmiş ve ortofoto üzerine işlenmiştir. Ortofoto üzerine işlenen yayılım zonlarından görüleceği üzere Soğanlı yerleşim yerinde geçmişte düşmüş olan blokların tamamı 40° ’lik zon içerisinde kalmaktadır (Şekil 17).



Şekil 16. Enerji çizgi açısı kavramı (Copons vd., 2009).

Figure 16. Energy line angle concept (Copons et al., 2009).



Şekil 17. Soğanlı bölgesinde CONEFALL yazılımı ile belirlenen enerji çizgi açısı zonları ve düşmüş bloklar.

Figure 17. Energy line angle zones determined by CONEFALL software and fallen blocks in the Soğanlı region.

3-Boyutlu Olasılıksal Kaya Düşme Analizleri

3-boyutlu kaya düşme analizlerinin en büyük avantajlarından biri de modeller oluşturulurken X, Y ve Z düzlemlerinin dikkate alınmasıdır. Kaya düşme hatları boyunca topoğrafya üzerinde yer alan kanal, oluk, sırt gibi jeomorfolojik düzensizliklerin yönelimleri ve yuvarlanma mesafeleri üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Diğer yandan topoğrafya üzerinde yer alan düzensiz yapılar düşen bloğun dönme ve öteleme kinetik enerji bileşenlerini de etkilemektedir. Topoğrafya üzerinde meydana gelen değişkenliklerin kaya düşme hatları üzerindeki en önemli etkisi yanal saçılımlardır (Crosta ve Agliardi, 2004). Yanal saçılım, bir noktadan yuvarlanan bloğun en uzak iki düşme hattı arasındaki mesafe ile şev uzunluğu arasındaki oran olarak tanımlanmaktadır (Turner ve Schuster, 2012). Topoğrafyadaki

3-boyutlu düzensizliklerin de düşen blokların dinamiği üzerindeki etkisi en az blok şekli kadar önemlidir. Diğer taraftan, kaya düşme hatlarının uzunluğu ne kadar artarsa bu etki de paralel olarak artmaktadır.

Kaya tutma bariyeri, tel kafes vb. gibi kaya düşme olaylarına karşı alınacak önlemlerin tasarımı için, düşebilecek olan kaya bloklarının kinetik enerjileri ve maksimum sıçrama yüksekliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kaya düşmesi tehlikesinin tahmin edilebilmesi için de düşen blokların durma mesafesini değerlendirmek bir diğer zorunluluktur. Kaya bloklarının kaynak zondan koparak, önce düşmesi daha sonra yuvarlanmaya başlaması ve çarptığı yüzeyde sıçraması, kaya bloğunun hareketi esnasında kazandığı kinetik enerji ve bu enerjinin sönümlenmesi ve enerji sönümlenmesi ile kaya bloğunun hareketine son vermesi, yamaç

geometrisi ve yamaçta yer alan yüzeylerin temel fiziksel özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Bu fiziksel özellikler arasından şev geometrisi, normal geri verme (R_n) ve tanjant geri verme (R_t) katsayıları ve sürtünme açısı (k) oldukça önemlidir.

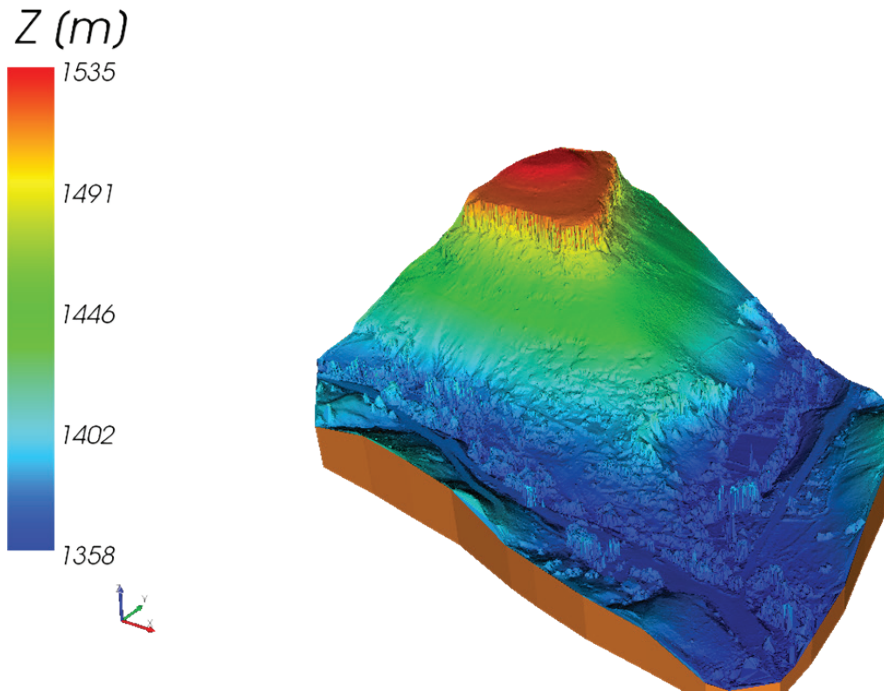
3-boyutlu kaya düşme modellemelerinde, kaya düşme hatları 3-boyutlu düzlem üzerinde hesaplanmaktadır. Bu nedenle, kaya düşme hattının yatay ve düşey alandaki yönelimiyle, düşen bloğun kinematiği, sıçrama yüksekliği ve pozisyonu arasında bağlantı bulunmaktadır. 3-boyutta yapılan kaya düşme analizlerinin en büyük avantajı, topoğrafyanın kaya düşme hatları üzerindeki yön değiştirici etkisinin modele dahil edilebilmesine imkân vermesidir.

İnceleme sahasını oluşturan Kayseri-Soğanlı yerleşim yerinde 3-boyutlu kaya düşme analizleri, incelemeye konu olan yamaçta insansız hava aracı (İHA) ile alınan 5 cm çözünürlüğe sahip gerçek ortofoto mozaiki görüntülerinden fotogrametrik yöntemlerle elde edilen nokta bulutundan oluşturulan detay sayısal yüzey modeli üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya konu olan sahada blok hareketini engelleyecekmiş gibi görünebilecek zayıf bitki örtüsü bulunmadığından nokta bulutuna herhangi bir filtre uygulanmamıştır.

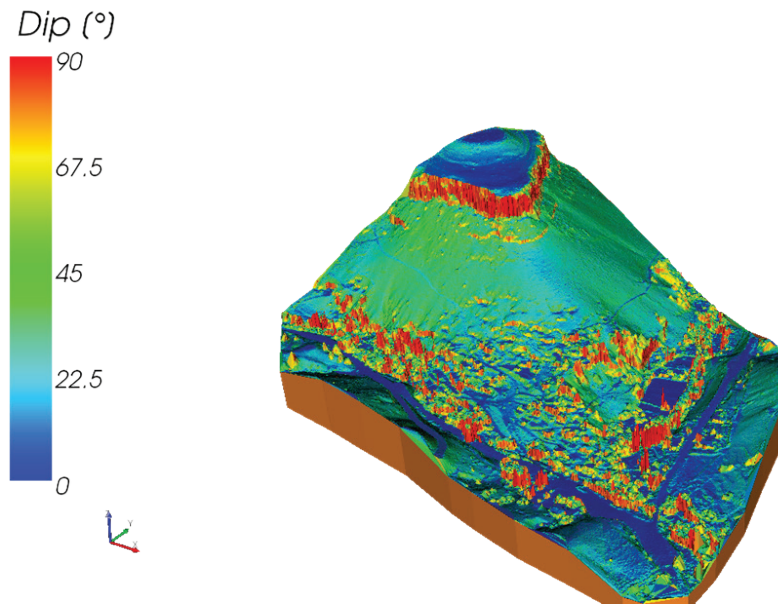
İnceleme alanı için İHA görüntüsünden elde edilen nokta bulutundan RocPro3D (2014) yazılımında oluşturulan ve 3-boyutlu kaya düşme analizlerinin altlığını oluşturan sayısal yüzey modelinden üretilen düzensiz üçgen ağı (TIN) ve yükseklik modeli Şekil 18’de, arazi eğim modeli ise Şekil 19’da gösterilmiştir.

Şekil 18’de görüldüğü üzere inceleme alanının deniz seviyesinden yüksekliği 1358 m ile 1535 m arasında değişmektedir. Yapılan arazi çalışmaları sırasında kaynak zonu oluşturan dik yamaç üzerinde çok sayıda düşme potansiyeli olan blok bulunmaktadır. Kaynak zonun güney yamacında da geçmiş dönemlerde düşmüş çok sayıda blok yer almaktadır.

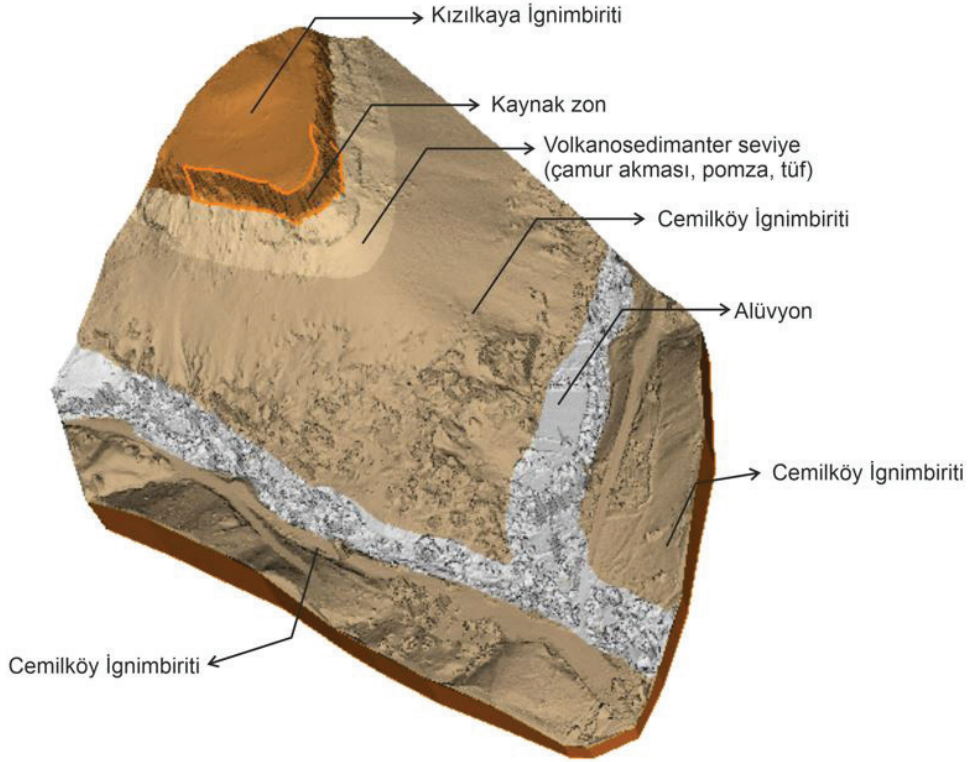
RocPro3D (2014) yazılımında kaya düşmesinin modelleneceği 3-boyutlu sayısal yüzey modeli üzerine farklı jeolojik birimler ve bu birimlere ait farklı arazi geri verme katsayıları ile sürtünme katsayıları tanımlanabilmektedir. İnceleme alanında yapılan arazi çalışmalarında, kaya düşmelerinin gerçekleştiği yamaç dört farklı jeolojik birim belirlenmiştir. Buna göre, en üst seviyede alta doğru Kızılkaya ignimbiritleri, volkanosedimanter birimler ve Cemilköy ignimbiritleri ile vadi tabanında alüvyon çökeller gözlenmiştir. Bu birimlerin arazide gözlemlenen sınırları 3-boyutlu kaya düşme modeline tanıtılmıştır (Şekil 20).



Şekil 18. İnceleme alanına ait sayısal yüzey modeli.
Figure 18. Digital surface model of the study area.



Şekil 19. İnceleme alanına ait arazi eğim modeli.
Figure 19. Slope gradient model of the study area.



Şekil 20. İnceleme alanındaki litolojik birimlerin ve kaynak zonun 3-B model üzerinde gösterimi.

Figure 20. Lithological units and source zone in the study area on a 3-D model.

Arazide daha önceden düşen blokların konumlarına bağlı olarak yapılan geri analizler ve literatür verilerine bağlı olarak Soğanlı yerleşiminin 3-boyutlu kaya düşme analizlerinde kullanılan parametreler Çizelge 6'da özetlenmiştir. Olasılıksal analizlerde geri verme katsayıları için topoğrafyadaki değişkenliklere ve ayrışma durumuna bağlı olarak \pm %5 değişkenlik oranı atanmıştır. Öte yandan, bloğun yamaç üzerindeki hareketi esnasında blok dinamiğine etki edebilecek yamaç pürüzlülüğündeki değişkenliği ortaya koyacak şekilde sürtünme katsayısı değişkenlik

oranı ise %12 olarak seçilmiştir (Şekil 21). RocPro3D (2014) yazılımında inceleme alanı için sayısal yüzey modeli üzerinde gerçekleştirilen 3-boyutlu kaya düşme analizlerinde, ignimbirit bloklarının ortalama birim hacim ağırlığı laboratuvar deney sonuçlarına göre $18,00 \text{ kN/m}^3$ olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre 3-boyutlu olasılıksal kaya düşme analizlerinde kaynak zondan 75.000 adet, 3 m boyutunda kaya blokları sayısal yüzey modeli üzerinde düşürülerek yuvarlanma mesafesi, sıçrama yüksekliği, toplam kinetik enerji gibi parametreler belirlenmiştir.

Çizelge 6. RocPro3D yazılımında 3-B kaya düşme analizleri için kullanılan geri verme ve sürtünme katsayıları (Akın vd., 2019; Akın vd., 2021).

Table 6. Coefficient of restitution and friction coefficients used in 3-D rockfall analyses in RocPro3D software (Akın et al., 2021; Akın et al., 2019).

Jeolojik Birim	Normal geri verme katsayısı (Rn)	Tanjant geri verme katsayısı (Rt)	Sürtünme katsayısı (k)
Kızılkaya İgnimbiriti	0,45	0,85	0,50
Volkanosedimanter seviye	0,35	0,85	0,40
Cemilköy İgnimbiriti	0,35	0,85	0,40
Alüvyon	0,30	0,50	0,60



Şekil 21. RocPro3D yazılımında olasılıksal 3-boyutlu kaya düşme analizlerinde blok dinamiğine (Cemilköy ignimbiriti için) ait parametreler ve değişkenlik aralıkları.

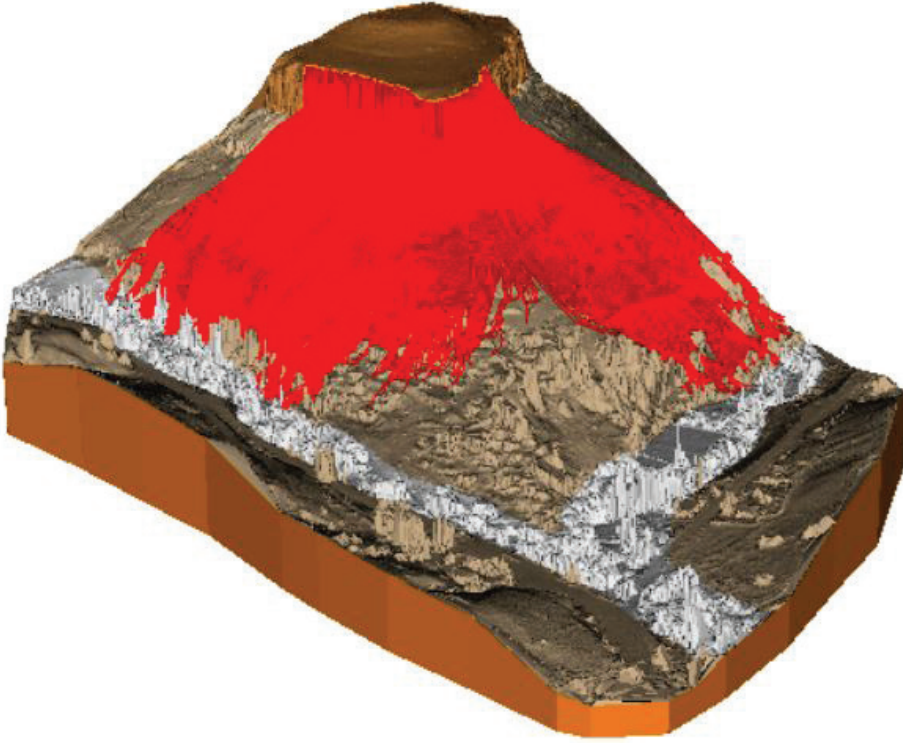
Figure 21. Parameters and variability ranges of block dynamics (for Cemilköy ignimbrite) in probabilistic 3-dimensional rockfall analyses in RocPro3D software.

İHA'dan elde edilen sayısal yüzey modeli üzerinde 3 m blok boyutu ile gerçekleştirilen 3-boyutlu kaya düşme analizleri sonucunda belirlenen kaya yuvarlanma hatları Şekil 22'de

gösterilmiştir. Şekil 22'de görüldüğü üzere kaynak alandan düşen kaya blokları yamacın sırt tipi morfolojiye sahip olmasından dolayı ve yamaç eğimine bağlı olarak kuzeydoğu ve

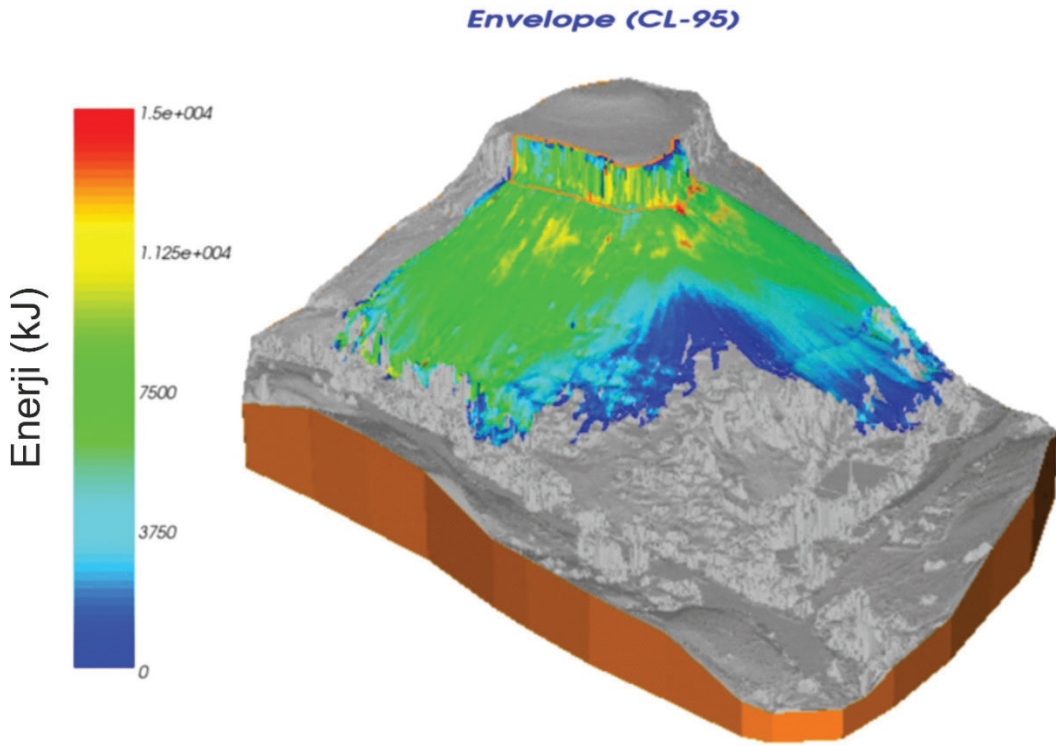
güneydoğuya doğru kavisli bir şekilde yönelim göstermektedir. RocPro3D (2014) yazılımı ile gerçekleştirilen 3-boyutlu kaya düşme analizlerinde, 3 m'lik silindirik bloklar için toplam kinetik enerji değerleri belirlenmiştir (Şekil 23). 3 m'lik blok boyutlarında toplam kinetik enerji değerleri maksimum 15,000 kJ civarındadır.

Kinetik enerji modeli incelendiğinde kaynak zondan kopan bloklar çok yüksek kinetik enerji değerleri ile harekete başlamaktadır. Yamacın kavisli yapısından dolayı bloklar güneydoğu ve kuzeydoğu yönüne doğru yönlenmekte ve yamacın alt kotlarından kinetik enerji değerleri 1,000 kJ altına düşmektedir.



Şekil 22. İnceleme alanında 3 m blok boyutu için RocPro3D yazılımı ile yapılan olasılıksal 3-B kaya düşme analizi ile belirlenen yuvarlanma hatları.

Figure 22. Rockfall trajectories determined by probabilistic 3-D rockfall analysis with RocPro3D software for a block size of 3m in the study area.

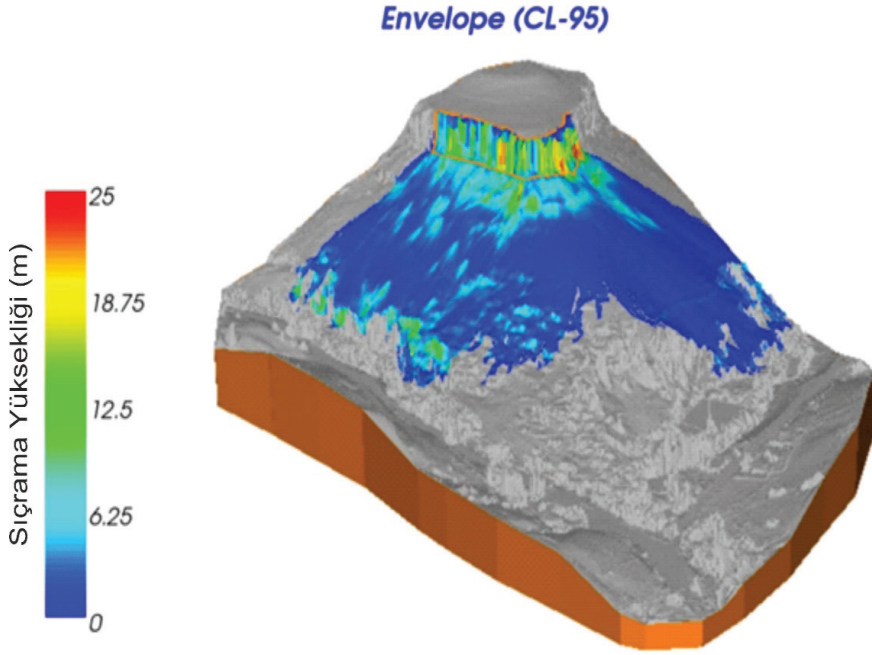


Şekil 23. İnceleme alanı için RocPro3D (2014) yazılımı ile hesaplanan toplam kinetik enerji modeli.
 Figure 23. Total kinetic energy model calculated with RocPro3D (2014) software for the study area.

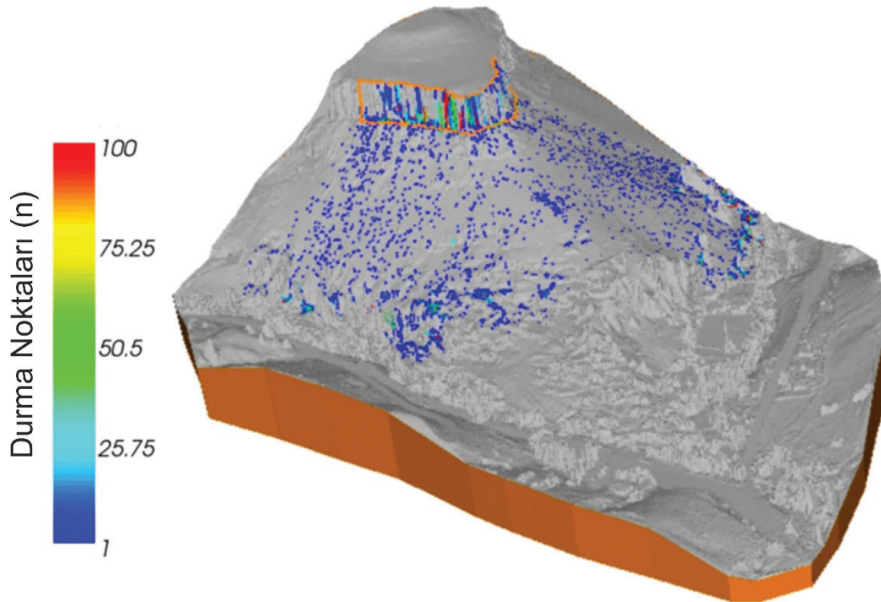
Şekil 24'te model üzerinde yuvarlanan blokların topoğrafyaya çarpması sırasında oluşan sıçrama yükseklikleri gösterilmiştir. Kaynak zondan ayrılan blokların yaptığı sıçrama yüksekliğinin yamaç eğiminin azaldığı kısımlarda çok yüksek olmadığı ve blokların sıçrama yerine genellikle yuvarlanma hareketi yaptıkları belirlenmiştir. Ancak kaynak zonu oluşturan dik yamaçtan düşen blokların serbest düşme esnasında yaptıkları sıçrama hareketi yaklaşık olarak 15 m olarak belirlenmiştir. Kaynak zon yüksekliğinin 30 m'ye ulaştığı göz önüne alındığında ilk düşme esnasında belirlenen sıçrama yüksekliği beklenen bir sıçrama yüksekliğidir. Çalışma alanı genel olarak değerlendirildiğinde blokların sıçrama

yüksekliklerinin 3-4 m civarında olduğu tespit edilmiştir.

Olasılıksal yöntemlerle gerçekleştirilen 3-boyutlu kaya düşme analizleri neticesinde 3 m boyutundaki kaya bloklarının durma noktalarının yoğunluğu Şekil 25'te gösterilmiştir. Kaynak zondan ayrılan blokların birçoğunun vadi tabanındaki dere yatağına kadar ulaştığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar arazi çalışmaları sırasında belirlenen önceden düşmüş blokların ulaştığı en uzak mesafe ile de örtüşmektedir. Diğer bir taraftan, yamacın doğuya bak kısmında yuvarlandıktan sonra duran blokların sayısı kuzey ve güney kısımlarına göre daha azdır. Bu durum doğuya bakan kısmın daha kavisli bir yapı göstermesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 24. İnceleme alanı için RocPro3D (2014) yazılımı ile hesaplanan sıçrama yüksekliği modeli.
Figure 24. Bounce height model calculated with RocPro3D (2014) software for the study area.



Şekil 25. İnceleme alanındaki 3-B kaya düşme analizlerine göre düşen blokların durma noktaları.
Figure 25. The stop points of the falling blocks according to the 3-D rockfall analysis in the study area.

RocPro3D (2014) yazılımında 3-boyutta yapılan analizlerden elde edilen kaya düşme hatlarının 2-boyutlu kesitler üzerinde incelenebilmesi de mümkündür. Bu kesitler üzerinde, yuvarlanan blokların hareketleri sırasındaki sıçrama yükseklikleri, kinetik enerjileri, yuvarlanma hızı gibi özelliklerinde meydana gelen değişimler mesafeye bağlı olarak değerlendirilebilmektedir. 1507 m kotundan koştuktan sonra yamaç eteğine kadar ulaşan 3 m'lik bir bloğa ait yuvarlanma hattı için toplam kinetik enerji ve sıçrama yüksekliği değerlerinin 2-boyutlu kesit hattı boyunca değişimi Şekil 26'da verilmiştir. Söz konusu blok ilk hareket noktasından itibaren 163,9 m uzağa ulaşmıştır. Bloğun 3-boyutlu model üzerindeki hareket rotası Şekil 26c'de sunulmuştur.

İncelenen kesit hattında yuvarlanma mesafesi 163,9 m'dir. 28 numaralı yuvarlanma hattında maksimum toplam kinetik enerji 12,000 kJ'dur ve dik yamaçtan serbest düşme ile hareketine başlayan bloğun dik yamacın topuk kesiminde topoğrafyaya ilk çarpmasında kinetik 6,000 kJ'a yaklaşmıştır. Şekil 26'da görüleceği üzere topoğrafyaya ilk çarpmasının ardından sıçrayan blokta kinetik enerji artışı devam etmiş ve toplam kinetik enerji yamaç ortalarında 12,000 kJ seviyesine ulaşmıştır. Yamacın alt kotlarında topoğrafyadaki düzensizliğe bağlı olarak bloğun enerjisi durmaya yakın ani bir şekilde azalmıştır.

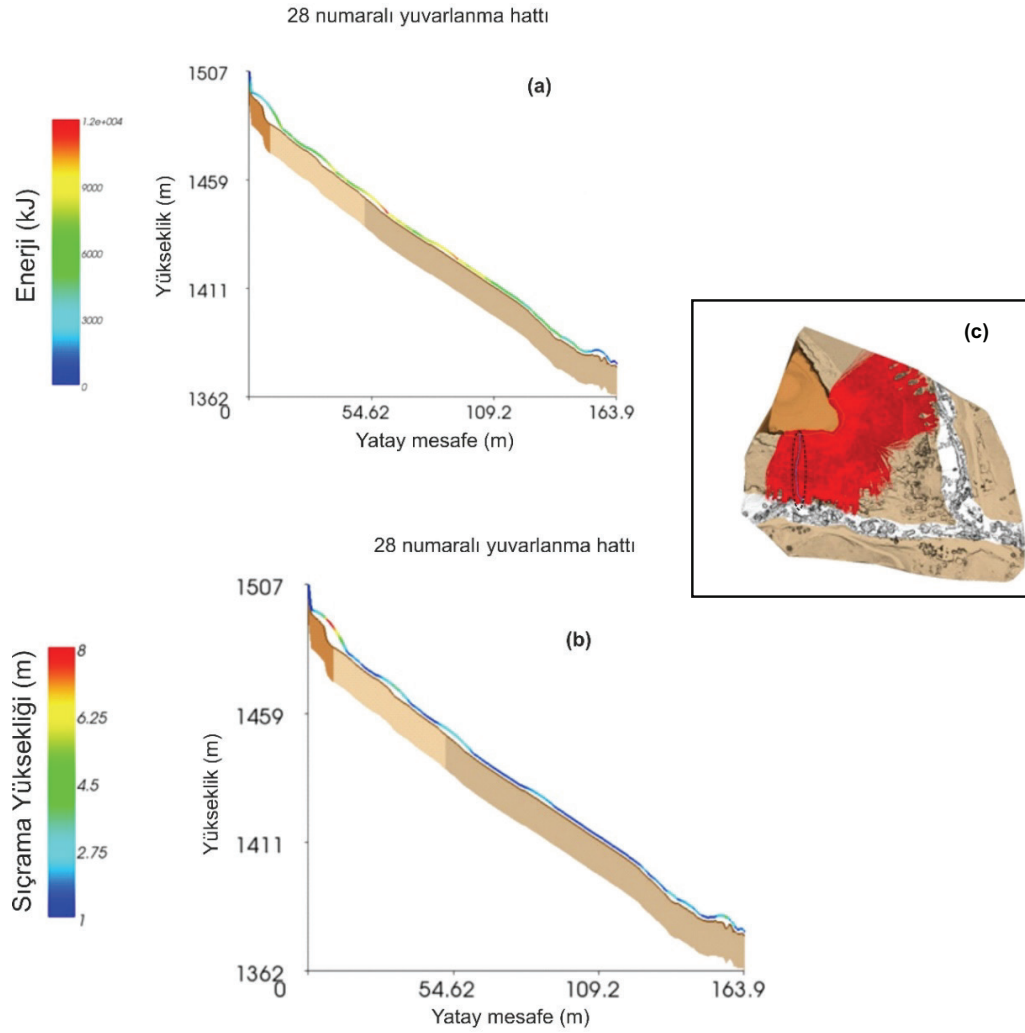
3 m boyutlu bloğun yuvarlanma hattında genel olarak sıçrama yüksekliklerinin fazla olmadığı görülmektedir. Bloğun yamaca ilk çarpmasından sonra sıçrama yüksekliği 8 m'ye yaklaşmıştır, ancak daha sonra düşük eğimli yamaç üzerine geldiğinde bloğun yamaca çok yakın mesafede hareket ettiği görülmektedir. Diğer bir ifade ile iri blok düşük eğimli yamaç üzerinde çoğunlukla yuvarlanmaktadır. Topoğrafyadaki düzensizlikler, bloğun hareketi esnasında yer yer ufak sıçramalara neden olabilmektedir.

Şekil 27'de CONEFALL (2003) yazılımı ile elde edilen enerji çizgi açısı zonları ile RocPro3D (2014) yazılımından elde edilen kaya düşme hatları karşılaştırılmıştır. Yapılan 3-boyutlu olasılıksal analizlerden elde edilen kaya düşme hatlarının maksimum 30°'lik enerji çizgi açısı zonuna kadar ulaştığı görülmektedir. Öte yandan, yamacın güney kesiminde yapılan blok ölçümlerinde, 3-boyutlu olasılıksal analiz sonuçları ile uyumlu olacak şekilde, daha önceden düşmüş olan blokların çoğunlukla daha geride olan 40°'lik zon içerisinde kaldığı göze çarpmaktadır.

Sonuçlar

Günümüzde İHA'ların birçok alanda kullanılmaya başlanmasıyla birlikte yüksek çözünürlüklü ortofotolar elde edilebilmekte ve bu ortofotolar üzerinde arazide ulaşılması zor kısımlarda var olan önceden düşmüş kaya blokları ayıklanabilmektedir. İHA'ların ve dolayısıyla elde edilen ortofotolardan fotogrametrik yöntemlerle üretilen nokta bulutlarının diğer bir avantajı da bu çalışmaya konu olan Soğanlı gibi dik bir kaynak zona sahip olan çalışma sahalarında, süreksizliklerin yönelimlerinin nokta bulutundan saptanabilmesidir. Yapılan bu çalışma kapsamında da İHA'lardan elde edilen yüksek çözünürlüklü ortofotodan ve nokta bulutlarından yararlanılmıştır.

CONFALL yazılımı kullanılarak ampirik yöntemlerle yayılım zonları oluşturulmuştur. Ayrıca RocPro3D yazılımı kullanılarak olasılıksal analizler yapılarak kaya bloklarına ait düşme hatları, kinetik enerji ve sıçrama yükseklikleri belirlenmiştir. Bu amaçla 3-boyutlu model üzerinde kaynak zondan 75,000 adet kaya düşürülmüştür. Düşen blokların yamaç boyunca hareketi esnasında kinetik enerji değerleri maksimum 15,000 kJ, sıçrama yüksekliği ise 15 m olarak belirlenmiştir.

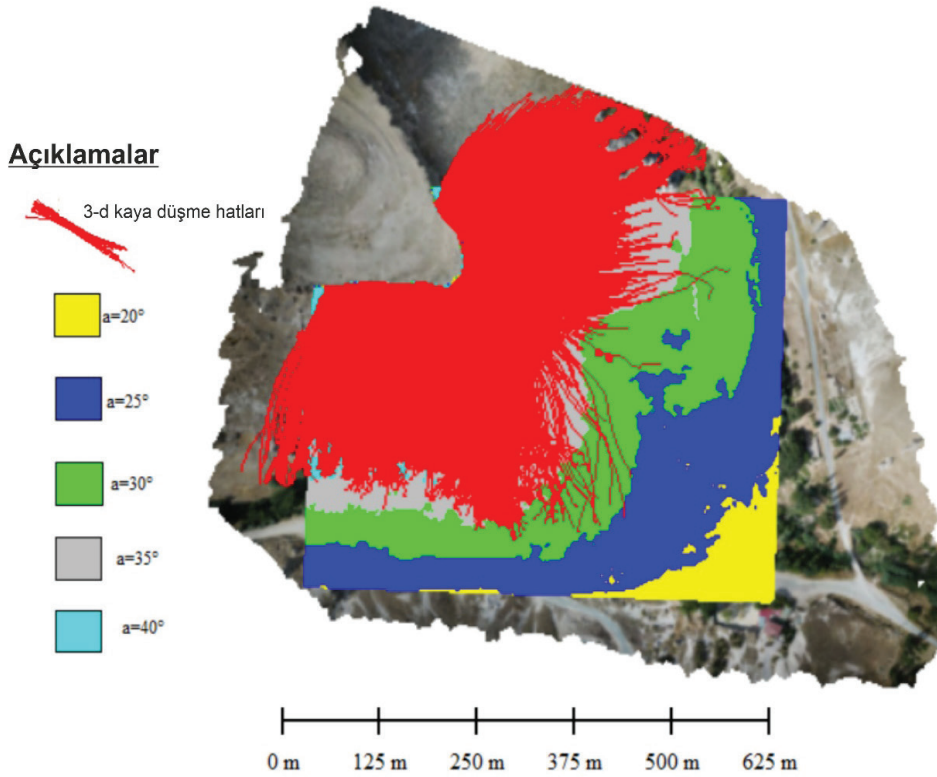


Şekil 26. 28 numaralı bloğun toplam kinetik enerji (a) ve sıçrama yüksekliği (b) değerlerinin yuvarlanma hattı boyunca değişimi.

Figure 26. Variation of total kinetic energy (a) and bounce height (b) values of block 28 along its trajectory.

Görgül yöntem ile 3-boyutlu modellemelerin karşılaştırıldığı bu çalışmada enerji çizgi açısı yöntemi ile farklı enerji açlarına göre kaya düşme zonları tespit edilmiştir. Enerji çizgi açısı yöntemi dikkate alındığında, incelenen yamacın güney kesiminde daha önceden düşen blokların çoğunlukla 40°'lik enerji çizgi açısı zonunda yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Öte yandan, 3 m blok boyutu için yapılan olasılıksal

3-boyutlu kaya düşme analizlerinden elde edilen yuvarlanma hatları en fazla 30°'lik enerji çizgi açısı zonuna kadar ulaşsa da, özellikle yamacın güney kesiminde bu yuvarlanma hatları 40°'lik enerji çizgi açısı zonunda sonlanmaktadır. Buna göre, ampirik yöntem, 3-boyutlu olasılıksal yöntem ve arazide ölçülen blokların konumları genel olarak uyum göstermektedir.



Şekil 27. Ampirik yöntem ile farklı enerji çizgi açılarına göre belirlenen kaya düşme zonları ve 3-boyutlu analizlerden elde edilen kaya düşme hatları.

Figure 27. Rockfall zones determined according to different energy line angles using the empirical method and rockfall trajectories obtained from 3-dimensional analyses.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 121C420 proje numarası ile desteklenmiştir. Yazarlar, Kayseri İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'ne (AFAD) çalışmaya verdikleri destekten dolayı teşekkürlerini sunarlar. Yazarlar, hakemlere ve dergi editörlerine makaleyi geliştirici eleştirileri için teşekkürlerini sunarlar.

Kaynaklar

Akın, M., Dinçer, I., Ok, A. Ö., Orhan, A., Akın, M. K., ve Topal, T. (2021). 3-Boyutlu Kaya Düşme Analizlerinde TLS ve İHA ile Oluşturulan

Sayısal Yüzey Modellerinin Kullanımı. Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu, 455-462.

Akın, M., Dinçer, İ., Orhan, A., Topal, T., İlgen, H. G., ve Demir, A. (2019). Kapadokya (Nevşehir) Bölgesindeki Kaya Düşmelerinin Arazi Lazer Taraması (TLS) Yardımıyla 3-Boyutlu (3-D) Analizi ve Kaya Düşme Tehlike Haritalarının Oluşturulması (1. bs, C. 1). AFAD.

Akın, M., Dinçer, I., Ok, A. Ö., Orhan, A., Akın, M. K., & Topal, T. (2021). Assessment of the effectiveness of a rockfall ditch through 3-D probabilistic rockfall simulations and automated image processing. *Engineering Geology*, 283, 106001. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106001>

- Akın, M., Dinçer, İ., Orhan, A., Ok, A., ve Topal, T. (2019). Kaya Tutma Hendek Performansının 3-Boyutlu Kaya Düşme Analizleriyle Değerlendirilmesi: Akköy (Ürgüp) Örneği. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 43(2), 211-232. <https://doi.org/10.24232/jmd.655005>
- Akın, M., Topal, T., & Akın, M. K. (2014). The Rockfall Potential of the Southwestern Part of Kastamonu Castle (Turkey) Based on 2-D and 3-D Analyses. *Landslide Science for a Safer Geoenvironment: Volume 3: Targeted Landslides*, 123-127. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04996-0_20
- Atabey, E. (1989). MTA Genel Müdürlüğü, 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Kayseri H19 (K33) Paftası. MTA Genel Müdürlüğü.
- Baltzer, A. (1875). On a recent rockfall on Rossberg with a few observations on these phenomena in the Alps (ss. 914-924). *Neues Jahr-buch fur Mineralogie, Geologie und Palaeontologie*.
- Binal, A., & Ercanoğlu, M. (2010). Assessment of rockfall potential in the Kula (Manisa, Turkey) geopark region. *Environmental Earth Sciences*, 61(7), 1361-1373. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0454-1>
- Bozzolo, D., & Pamini, R. (1986). Simulation of rock falls down a valley side. *Acta Mechanica*, 63(1), 113-130.
- Copons, R., Vilaplana, J. M., & Linares, R. (2009). Rockfall travel distance analysis by using empirical models (Solà d'Andorra la Vella, Central Pyrenees). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(6), 2107-2118. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-2107-200>
- Crosta, G. B., & Agliardi, F. (2004). Parametric evaluation of 3D dispersion of rockfall trajectories. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4(4), 583-598. <https://doi.org/10.5194/nhess-4-583-2004>
- Dinçer, İ., Orhan, A., Frattini, P., & Crosta, G. B. (2016). Rockfall at the heritage site of the Tatların Underground City (Cappadocia, Turkey). *Natural Hazards*, 82(2), 1075-1098. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2234-z>
- Dorren, L., Berger, F., Jonsson, M., Krautblatter, M., Mölk, M., Stoffel, M., & Wehrli, A. (2007). State of the art in rockfall-forest interactions. *Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen*, 158(6), 128-141. <https://doi.org/10.3188/szf.2007.0128>
- Fanos, A. M., & Pradhan, B. (2019). A novel rockfall hazard assessment using laser scanning data and 3D modelling in GIS. *Catena*, 172, 435-450. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.09.012>
- Ghani, M. F. A., Simon, N., Mohamed, T. R. T., & Roslee, R. (2022). 3D Modelling of Rockfall Hazard at Gunung Lang, Ipoh. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1103(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1103/1/012028>
- Gökçe, O., Özden, Ş., & Demir, A. (2008). Türkiye'de afetlerin mekansal ve istatistiksel dağılımı afet bilgileri envanteri. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü.
- Guzzetti, F., Crosta, G., Detti, R., & Agliardi, F. (2002). STONE: A computer program for the three-dimensional simulation of rock-falls. *Computers & Geosciences*, 28(9), 1079-1093. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(02\)00025-0](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00025-0)
- Heim, A. (1932). *Bergsturz und menschenleben*. Fretz & Wasmuth.
- Hepdeniz, K. (2019). Eğirdir İlçesi (Isparta) İçin Kaya Düşmesi Duyarlılık Bölgelerinin Haritalandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 15, Article 15. <https://doi.org/10.31590/ejosat.523612>
- ISRM, E. (1981). Rock characterization, testing and monitoring—ISRM suggested methods. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses (ss. 3-52). Pergamon Oxford.
- Kalender, A., ve Sönmez, H. (2019). Kargabedir Tepe (Ankara-Eskişehir Karayolu) Bölgesinin Kaya Düşmesi Duyarlılığının İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri Kullanılarak Konik Yayılım Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 43(2), Article 2. <https://doi.org/10.24232/jmd.654900>

- Kaya, Y., & Topal, T. (2015). Evaluation of rock slope stability for a touristic coastal area near Kusadasi, Aydın (Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 74(5), 4187-4199. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4473-9>
- Kreimer, A., & Arnold, M. (2000). *Managing disaster risk in emerging economies (C. 2)*. World Bank Publications.
- Larcher, V., Simoni, S., Pasquazzo, R., Strada, C., Zampedri, G., & Berger, F. (2012). WP6 guidelines Rockfall and Forecast systems. *PARAMount & Alpine Space, Italy & Grance*, 84.
- Marija, L., Martin, Z., Jordan, A., & Matthew, P. (2022). Rockfall susceptibility and runout in the Valley of the Kings. *Natural Hazards*, 110(1), 451-485. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04954-9>
- Mutlu, S., Cindioğlu, İ., ve Selçuk, A. S. (2022). Van İli Kaya Düşmesi Duyarlılık Haritasının Oluşturulması ve Afetsellik Açısından Değerlendirilmesi. *Afet ve Risk Dergisi*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.35341/afet.1068650>
- Polat, A. (2020). CBS Tabanlı 3B Kaya Düşmesi Analizi ve Veri Hazırlama Süreçleri: Kavak Köyü (Sivas-Türkiye) Örneği. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 25(3), 1205-1222. <https://doi.org/10.17482/uumfd.769109>
- Quanterra. (2003). Conefall (v.1.0). Quanterra. www.quanterra.org
- Ritchie, A. M. (1963). Evaluation of rockfall and its control. *Highway research record*, 17.
- RocPro3D. (2014). RocPro3D software. http://www.rocpro3d.com/rocpro3d_en.php.
- Rocscience Inc. (2020). *Graphical and statistical analysis of orientation data (v.8.009)*.
- San, N. E., Topal, T., & Akin, M. K. (2020). Rockfall hazard assessment around Ankara Citadel (Turkey) using rockfall analyses and hazard rating system. *Geotechnical and Geological Engineering*, 38, 3831-3851. <https://doi.org/10.1007/s10706-020-01261-1>
- Şener, E. (2019). İnsansız hava araçları kullanılarak olası kaya düşmelerinin coğrafi bilgi sistemleri tabanlı 3D modellenmesi: Kasımlar köyü (Isparta-Türkiye) Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(2), 419-426. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.501482>
- Topal, T., Akin, M. K., & Akin, M. (2012). Rockfall hazard analysis for an historical Castle in Kastamonu (Turkey). *Natural hazards*, 62, 255-274. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9995-1>
- Topal, T., Akin, M., & Ozden, A. U. (2006). Analysis and evaluation of rockfall hazard around Afyon Castle, Turkey. *Proceedings of the 10th international congress IAEG*.
- Topal, T., Akin, M., & Ozden, U. A. (2007). Assessment of rockfall hazard around Afyon Castle, Turkey. *Environmental Geology*, 53(1), 191-200. <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0633-2>
- Tunusluoglu, M. C., & Zorlu, K. (2009). Rockfall hazard assessment in a cultural and natural heritage (Ortahisar Castle, Cappadocia, Turkey). *Environmental geology*, 56(5), 963-972. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1198-z>
- Turner, & Schuster, R. L. (2012). *Rockfall Characterization and Control*, Transportation Research Board. Washington D.C.: National Academy of Sciences.
- Ulusay, R., Gokceoglu, C., Topal, T., Sonmez, H., Tuncay, E., Erguler, Z. A., & Kasmer, O. (2006). Assessment of environmental and engineering geological problems for the possible re-use of an abandoned rock-hewn settlement in Urgüp (Cappadocia), Turkey. *Environmental Geology*, 50(4), 473-494. <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0222-4>
- Ulusay, R., & Hudson, J. A. (2007). *The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring*. ISRM Turkish National Group, Ankara, Turkey.
- Ulusay, R., ve Sönmez, H. (2007). Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri. *Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Güncellenmiş ve Genişletilmiş*.

Varol, Akın, Orhan, Dinçer

Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. Special report, 176, 11-33.

Volkwein, A., Labiouse, V., & Schellenberg, K. (2011). Summary on the NHESS Special Issue "Rockfall protection—from hazard identification to mitigation measures". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(10), 2727-2728. <https://doi:10.5194/nhess-11-2727-2011>

Wyllie, D. C. (2014). *Rock fall engineering*. CRC Press.

Araştırma Makalesi / Research Article

HEC-RAS 2B Modeli Kullanılarak Yazılıkaya Deresi (Nallıhan Ankara) Sel Tehlike Haritalarının Hazırlanması ve Sel Kontrol Yapısının Etkinliği

The Preparation of Yazılıkaya Stream (Nallıhan Ankara) Flood Hazard Maps Using the HEC-RAS 2D Model and The Efficiency of Flood Control Structure

Hüseyin AKKUŞ , Engin YILDIZ , İsmail BULUT 

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Etüt ve Proje Daire Başkanlığı, Ankara

Geliş (Received): 21 Mart (March) 2023 / Düzeltme (Revised): 11 Mayıs (May) 2023 / Kabul (Accepted): 15 Mayıs (May) 2023

ÖZ

Sel, aşırı yağışlar ve karların hızla erimesi gibi meteorolojik koşulların değişim göstermesi sonucu oluşan doğa kaynaklı afetlerden birisidir. Bölgenin topoğrafyası, jeolojik yapısı, iklim koşulları, akarsu veya derelerin doğal yapılarında meydana gelen bozulmalar ve kontrolsüz kentleşme gibi faktörler sellerin oluşumunda büyük rol oynamaktadır. Bu çalışma kapsamında, Ankara İli Nallıhan İlçesi sınırları içerisinde bulunan ve Yazılıkaya deresinin su toplama havzası sınırları içerisinde sel tehlikesine karşı dere içi ıslah çalışmaları yapılmış, 78.8 hektar (Ha) alan içerisinde bir adet harçlı ıslah sekisi projelendirilmesi ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ankara İli Nallıhan İlçesi Yazılıkaya deresi dere içi ıslah çalışmasında elde edilen veriler (dere haritaları, debileri ve sanat yapısı en kesitleri) ve DSİ Sentetik Yöntemi ile Q_{10} ve Q_{100} debi değerleri kullanılarak HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) programı yardımıyla Yazılıkaya deresinde iki boyutlu sel modellenmesi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Yazılıkaya deresi üzerinde yapılan harçlı ıslah sekisinin, olası şiddetli ve anlık yağışlarda Q_{10} ve Q_{100} debi değerlerinin kullanıldığı analizlerde suyun hızı sırası ile yapısız durumda sırası ile 2 m/s – 3.2 m/s iken yapı yapıldıktan sonra 0.5 m/s – 0.75 m/s değerlerine düştüğü gözlemlenmiştir. Sırasıyla Q_{10} ve Q_{100} debi değerlerine göre yapılan yerleşim yerlerindeki su derinliği analizlerinde, harçlı ıslah sekisi yapımı tamamlandıktan sonra 2 cm (Q_{10}) ve 8 cm (Q_{100}) kadar su azalmalarının olduğu hesaplanmıştır. Genel olarak bu çalışmada, yukarı havza sel kontrol yapılarının (harçlı ıslah sekisi) yağış sularının akış rejimlerinin düzenlenmesinde (su enerjisi, hızı, derinliği, vb.), nüfusun yoğunlaştığı yerleşim yerlerinde ve karayolunda sel tehlikesine karşı etkileri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sel Tehlikesi, HEC-RAS Modellemesi, Sel Kontrol Yapısı, 2-Boyutlu Analiz

ABSTRACT

Flooding is one of the natural disasters that occur with changes in meteorological conditions such as excessive precipitation and the rapid melting of snow. The major flooding formation factors are a region's topography, geological structure, climatic conditions, any deterioration in the natural structures of rivers, and uncontrolled urbanization. To reduce the risk of flooding, this study conducted river rehabilitation work within the water collection basin of the Yazılıkaya River, located within the borders of the Nallıhan District of Ankara Province. Furthermore, a mortared check dam was designed and implemented in an area of 78.8 hectares (Ha). The study of the Yazılıkaya River in-stream rehabilitation project included a two-dimensional flood model, which was carried out with the help

of HEC-RAS software (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) using obtained data (stream maps, flow rates and art structure cross-sections) and the DSI Synthetic method with Q_{10} and Q_{100} flow rates. To analyze the effects of a mortared check dam on the Yazılıkaya River, the flow rate values of Q_{10} and Q_{100} in both heavy and sudden rains were used; it was observed that while the speed of the water was 2-3.2 m/sec before the construction of the dam, it decreased to 0.5 – 0.75 m/sec after construction. After the completion of the mortared check dam, it was calculated that there were water reductions of 2 and 8 cm respectively in the water depth analysis in the settlements made according to the Q_{10} and Q_{100} flow rates. Generally, this study investigated the effect of upper basin flood control structures (mortared check dam) and the regulation of precipitation water flow regimes (water energy, speed, depth, etc.), on flood hazard in populated settlements and on the highway.

Keywords: Flood Hazard, HEC-RAS Modelling, Flood-Control Structure, 2-Dimensional Analysis

GİRİŞ

Sellerin etki alanlarının, derinlik, hız ve zaman açısından etkilerini anlamak, etkili sel riski yönetimi için kilit bir unsurdur. Sel, çeşitli nedenler sonucunda bir akarsuyun herhangi bir noktasından doğal veya yapay dere yataklarını aşan nispeten yüksek su akışına ulaşması olarak tanımlanmaktadır (Şahin ve Sipahioğlu, 2003). Akarsuyun boyutu ve doğal yapısı, bölgenin iklim ve bitki örtüsü, jeolojik-jeomorfolojik, arazi kullanım durumu ve mevsimsel olarak değişen akarsu su debisindeki farklılıklar belirli bir bölgede sel felaketinin olup olmayacağını gösteren faktörlerdir (Nigusse ve Adhanom, 2019). Dano vd. (2020) ve Dereli vd. (2021)'de yapmış olduğu çalışmalara göre, sel tehlikesi doğa kaynaklı afetlerin en fazla can ve mal kayıplarına sebebiyet verenlerden birisi olmakla birlikte, son 30 yılda dünyada yılda ortalama yaklaşık 80 milyon insanın yaşamını etkilediğini söylemektedir.

Küresel iklim değişikliği sebebiyle son yıllarda tropik bölgeler dışında Türkiye gibi tropik kuşak dışında yer alan ülkelerde de şiddetli fırtına veya ani yağışlar sonucunda sel sayılarında ve şiddetinde artışlar meydana gelmektedir. Günümüzde kontrolsüz bir şekilde artan çarpık yapılaşma doğa kaynaklı afetlerden (sel, taşkın, heyelan, vb.) daha fazla etkilenmekte

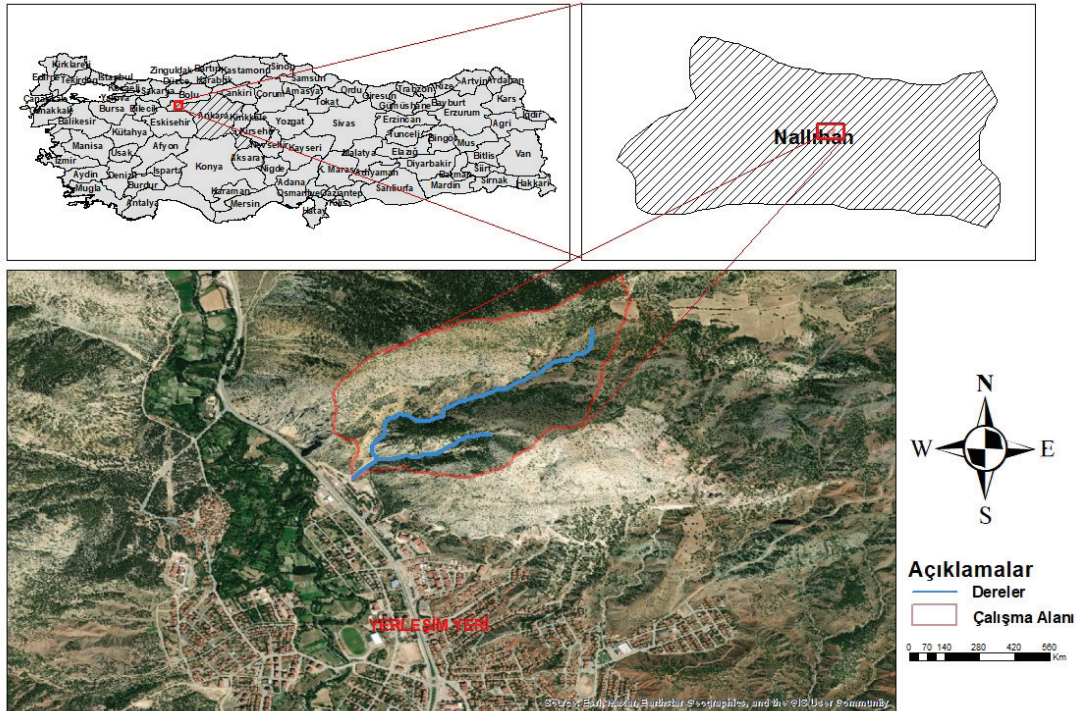
ve buna bağlı olarak can ve mal kayıplarında artışlar yaşanmaktadır (Kadioğlu, 2008). Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalarına göre, 2000'li yıllardan itibaren sel olaylarında artışlar meydana gelmiş ve son 10 yıl dikkate alındığında her yıl yaklaşık olarak 100 ve daha fazla sel olaylarında artışların olduğu belirtilmiştir (Erkan vd., 2021). Türkiye'de 2020 yılı içerisinde 297 adet doğa kaynaklı afetlerden olan sel olayı meydana gelmiştir (Erkan vd., 2021).

Horritt ve Bates (2002), İngiltere Severn Nehrinin 60 km'lik bir bölümünde 1-Boyutlu ve 2-Boyutlu hidrolik modelleri için 1998 ve 2000 yıllarındaki sel olaylarının özet görüntülerini uzaktan algılama uyduları ile elde etmiş ve 3 farklı sel modelinin performanslarını farklı yazılımlarla analiz ettiklerinde, en iyi sonucu veren yazılımın HEC-RAS olduğunu ifade etmiş. Desalegn ve Mulu (2020), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve HEC-RAS kullanarak Fetam Nehri (Abbay Yukarı Havzası, Ethiopia) boyunca sel alanlarının haritalarını çıkarmışlardır. Bu çalışmada 100, 50, 25, 10 ve 5 yıllık debiler kullanılarak oluşturulan HEC-RAS modeline göre Fetam Nehri kenarı yerleşim ve tarım alanlarının sel baskısına karşı oldukça hassas olduğunu tanımlamışlardır (Desalegn ve Mulu, 2020). Bharath vd. (2021), HEC-RAS ve HEC-GeoRAS yazılımlarını kullanarak Hindistan'ının

Karnataka eyaletinde bulunan Hidkal Barajının tek boyutlu bir hidrolik model kullanarak baraj yıkılma analizlerini gerçekleştirmiş ve taşkın varış ile su baskını haritalarının yer aldığı analiz sonuçlarında baraj yeri mansabında yer alan yerleşim yerlerinin sel nedeniyle çok fazla etkilendiği sonucuna varmışlardır.

HEC-RAS akarsu ve kanal su akış hidroligini bir boyutlu ve iki boyutlu modelleyen ve 1995 yılında ABD Savunma Bakanlığı Mühendisler Kolordusu tarafından geliştirilmiş bir bilgisayar programıdır (US Army Corps of Engineers, 2023). Bu çalışmada, inceleme alanı Ankara İli Nallıhan Belediyesi sınırları içerisinde 78.8 Hektar ve Ankara İl merkezine yaklaşık 135 km uzaklıkta yer alan Nallıhan İlçesi Hacıbey Mahallesi 701 ada 1 parselinde yer almaktadır

(Şekil 1). 2019 yılında meydana gelen aşırı yağışlar sel veya su baskınlarına sebebiyet vermiş ve beraberinde inceleme alanı içerisinde bulunan yerleşim yerlerine rusubat taşınımı olmuştur. Bu kapsamda, sel tehlikesi ile oluşabilecek zararları en aza indirmek, sel sonucunda oluşabilecek kıyı oyulmaları, kıyı göçmeleri, kıyı kaymaları ve oyuntu erozyonunu en aza indirmek için, temel ve savak yükseklikleri ile birlikte 6.5 metre yüksekliğe sahip bir adet harçlı ıslah seki projelendirmesi ve uygulaması yapılmıştır. Ayrıca, çalışma alanı sınırları içerisinde kalan derelere ilişkin jeolojik-jeomorfolojik, hidrolojik ve sel kontrol için yapılan yapı verileri kullanılarak olası bir sel anında selden etkilenecek alanların tehlike haritaları HEC-RAS yazılımı kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. The study area location map.

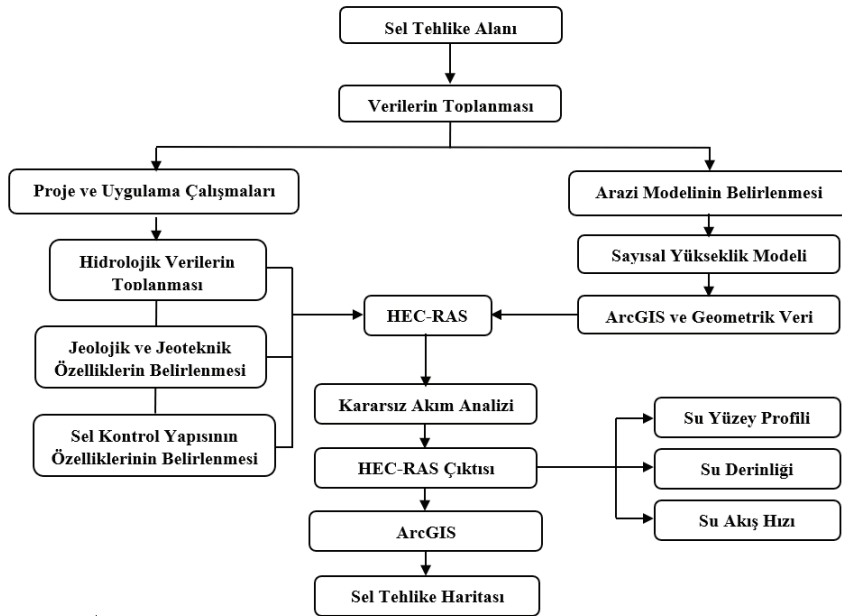
MATERYAL VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, projelendirme, uygulama ve sel riski modelleme çalışmaları olmak üzere üç aşamada tamamlanmıştır. İlk aşama olan projelendirme aşamasında, yapılacak olan yapının yapı yeri arazi etütleri (harita, jeoteknik ve jeofizik etütleri), laboratuvar deneyleri ve büro çalışmaları yapılmıştır. Büro çalışmaları kapsamında, ikinci aşamada uygulaması yapılacak olan dere ıslahı sanat yapısının yüksekliği, genişliği, savak boyutları ve stabilite hesaplamaları yapılmıştır. Son aşama olan üçüncü aşamada, çalışma alanı sınırları içerisinde yer alan derelerin hidrolojik özellikleri (dere uzunluğu, genişliği, debisi, vb.) dikkate alınarak meydana gelen sel felaketinin yapı uygulanmadan önceki ve sonraki sel tehlikesinin değerlendirmeleri

ArcGIS ve HEC-RAS programı yardımı ile yapılmıştır (Şekil 2). Elde edilen sel tehlike haritalarından, mevcut durum ve dere ıslahına yönelik iyileştirme arasındaki farklı koşullar altındaki durumlar değerlendirilmiştir.

Çalışma Alanı ve Çevresi Özellikleri

Çalışma alanı Ankara İli Nallıhan İlçesi sınırları içerisinde yer almakta ve şiddetli yağışlar neticesinde zaman zaman sel/su baskını doğa kaynaklı afetine maruz kalmaktadır. 2019 yılı yaz aylarında meydana gelen ani ve şiddetli yağış sonucu meydana gelen sel felaketi kamu binası, yerleşim yerleri ve karayolunda can kaybına neden olmamış fakat önemli ölçüde ekonomik kayıpların oluşmasına sebebiyet vermiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Sel tehlikesi değerlendirilme aşamaları.

Figure 2. Flood hazard assessment stages.

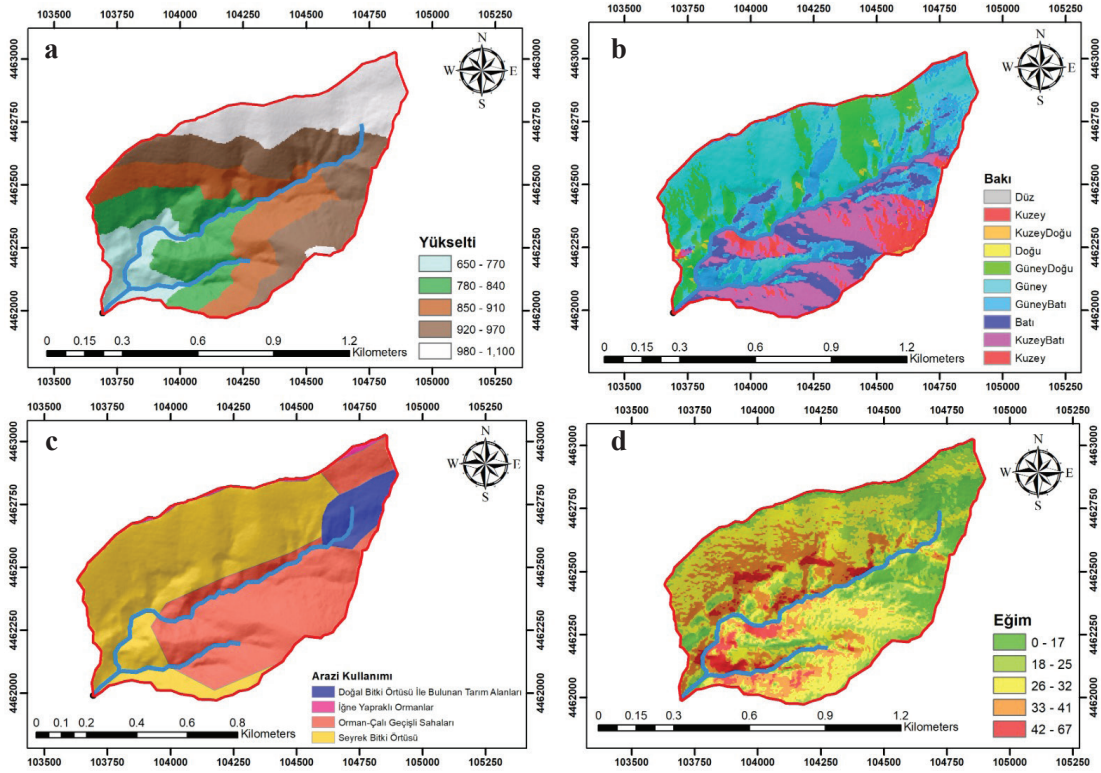


Şekil 3. Temmuz ve Ağustos 2019 yılında Nallıhan’da meydana gelen sel felaketinden görüntüler.

Figure 3. Images from the flood disaster that occurred in Nallıhan in July and August 2019.

Çalışma alanı içerisinde yer alan derelerin su toplama alanları son derece engebeli, orman-çalılık bitki örtüsü hakim ve İç Anadolu iklimi özelliklerine sahiptir. Yapılacak sel kontrolü yapısal önlemlerinin projelendirilmesi aşamasında iklim elemanları, ortalama sıcaklık, ortalama yüksek sıcaklık, ortalama yağış, ortalama nisbi nem, yağışın 10 mm’ye denk ve çok olduğu günler sayısı, günlük maksimum yağış, saatlik maksimum yağış, vejetasyon gün sayısı, donlu günler sayısı, en erken ve en geç don tarihleri dikkate alınmıştır. Ankara İli Nallıhan İlçesi sınırları içerisinde yer alan çalışma alanına ait sayısal yükseklik, eğim, arazi kullanımı ve bakı haritaları Şekil 4’te gösterilmektedir. Buna göre, inceleme alanı ağırlıklı olarak yüksek eğimli ve eğim değeri ağırlıklı olarak %20-45

aralığındadır (Şekil 4a). Alanın eğim değerlerinin yüksek olması ve bakı durumu sellerin meydana gelmesindeki en önemli etkenlerden biri olarak öngörülebilir. Güney, güneydoğu ve kuzey yönelim yoğunluklu olmak üzere inceleme alanında hemen hemen her bakıda yönelim bulunmaktadır (Şekil 4b). Çalışma alanı arazi kullanım durumu (Şekil 4c) Yazılıkaya deresi su toplama havzası dikkate alındığında, doğal bitki örtüsü ile bulunan tarım arazisi, iğne yapraklı ormanlar, orman-çalı geçişli alanlar ve seyrek bitki örtüsü alanlarının olduğu anlaşılmaktadır (European Environment Agency, 2018). İnceleme alanı yükseklik sınıfları bakımından değerlendirildiğinde alanın minimum 650 m ve maksimum 1100 m yükseklikler arasında kalmaktadır (Şekil 4d).



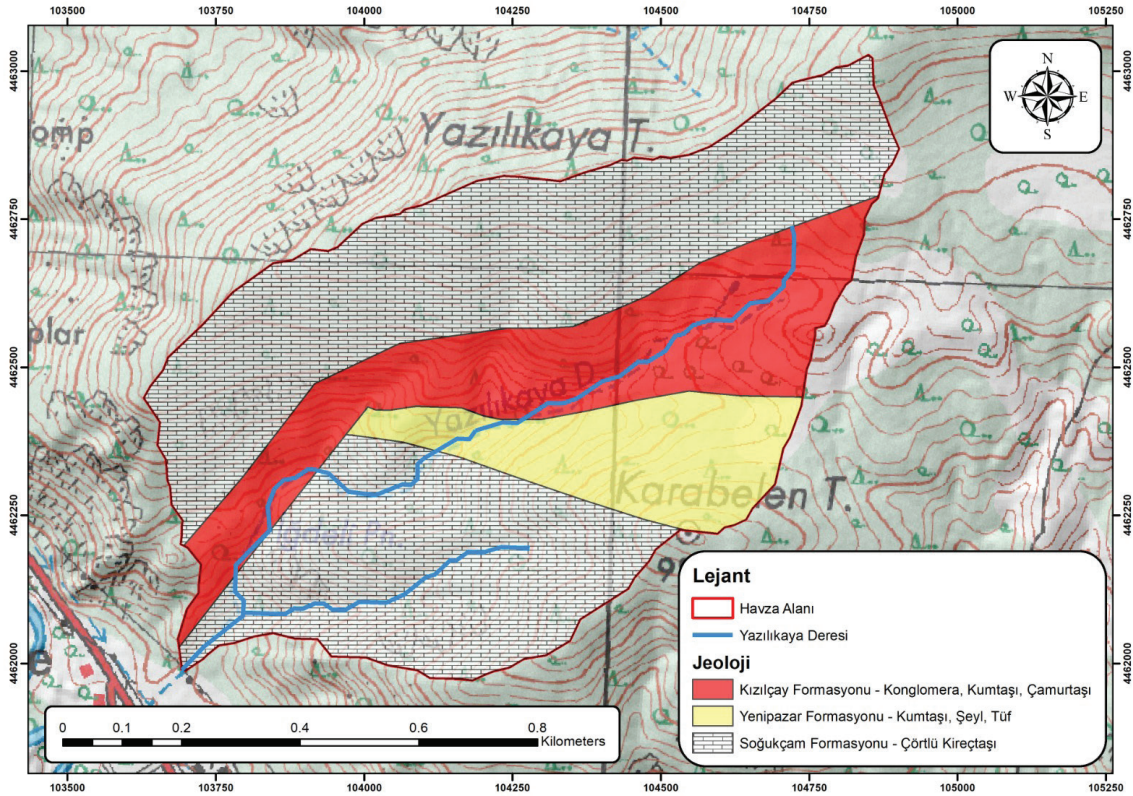
Şekil 4. Çalışma alanı yükselti (a), bakı haritaları (b), arazi kullanımı (c) ve eğim (d) haritaları.

Figure 4. Elevation (a), aspect (b), land use (c), and slope (d) maps for the study area.

İnceleme Alanı Jeolojik – Jeoteknik Özellikleri

İnceleme alanı ve çevresinin genel jeolojik özellikleri, Miyosen ve daha yaşlı kayalardan oluşan bir temel üzerine yerleşen Pliyosen karasal çökelleri ile tanımlanmaktadır (Timur ve Aksay, 2002). Çakıllı, kumlu, fakat daha çok siltli ve killi katmanlardan oluşan Pliyosen çökelleri, çevredeki kayaların özellikle andezitik volkanitlerin bozulma ürünlerinin, çukur alanları dolduran sıg göllerde ve yayvan akarsu vadilerinde çökmesi sonucunda oluşmuştur (Şekil 5). Genellikle kahverengi ve kırmızı renkli karasal çökellerin hakim olduğu konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı birimler

Kızılçay Formasyonu, kumtaşı, şeyl ve kireçtaşı birimlerinin hakim olduğu Yenipazar Formasyonu ve çörtlü kireçtaşlarının bulunduğu Soğukçam Formasyonları ile tanımlanmaktadır (Eroskay, 1965). Karaağaç (2019) yılda yapmış olduğu çalışmalara göre, Kızılçay Formasyonu genel olarak alüvyal- akarsu çökellerinden konglomera, kumtaşı ve çamur taşı ile tanımlanırken göl ortamı çörtlü kireçtaşı, bitümlü kireçtaşı ve killi kireçtaşlarının olduğu alanlar Soğukçam Formasyonu olarak tanımlanmaktadır. Holosen alüvyonları ise düzlük alanlarda veya akarsu yataklarında biriken yüzeysel bir örtü halinde izlenmektedir.



Şekil 5. İnceleme alanı jeoloji haritası.

Figure 5. Geological map of the study area.

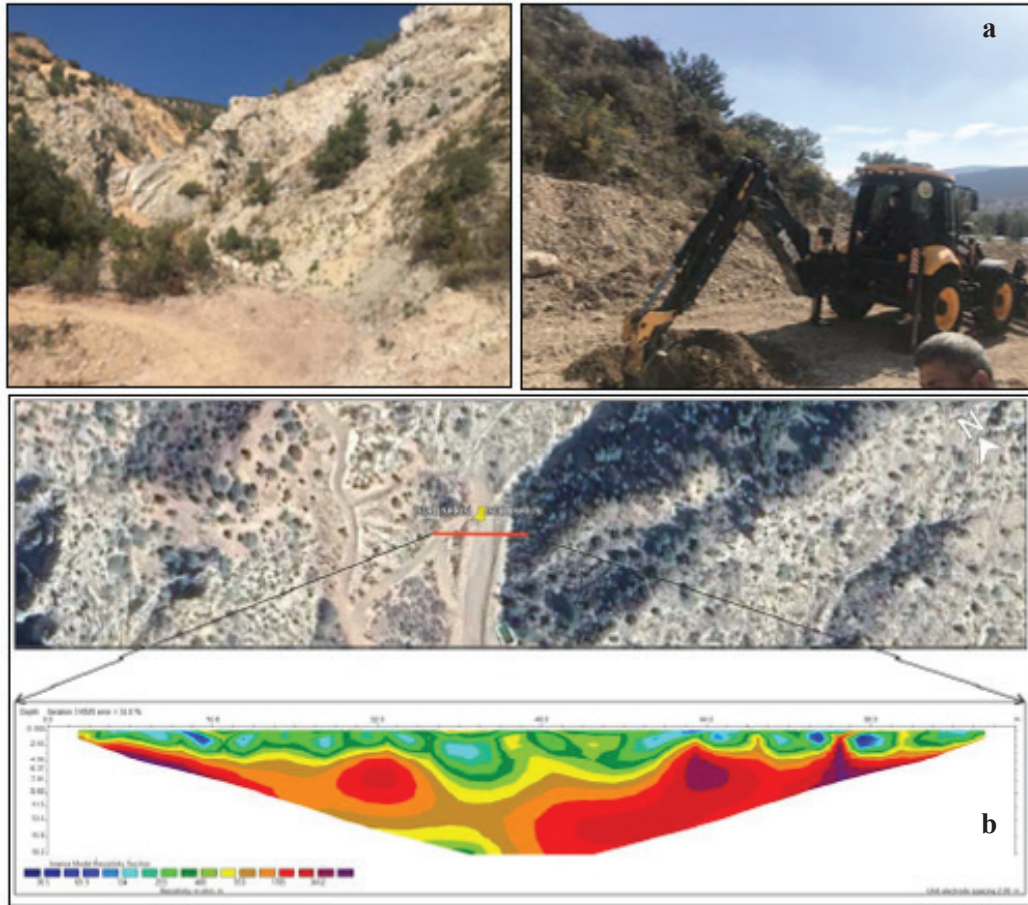
Bu çalışma kapsamında sel kontrolüne yönelik yapılması planlan harçlı ıslah sekisi için jeoteknik etüt yapılmış ve derinliği 1.00 metre olan 1 adet araştırma çukuru açılmıştır. Araştırma çukurunda yüzeyden 1.00 metre derinliğe kadar olan kesimde alüvyon (killi, kumlu iri çakıl) birimler gözlemlenirken, 1.00 metre sonrasında kireçtaşları gözlemlenmiştir (Şekil 6a). Alınan örselenmiş zemin örnekleri üzerinde yapılan elek analizi sonucu araştırma çukurunda 0 – 1 m arasında zemin siltli, iyi derecelenmiş çakıl (GW-GM) olarak tanımlanmıştır. Araştırma çukurunda 1 m derinlikten alınan kaya örneğindeki nokta yük deneyi sonucu ise 30.54 – 31.04 kg/cm² olarak hesaplanmıştır. Elde edilen zemin ve

kaya parametreleri kullanılarak sel kontrol yapısı stabilite koşulları, temel derinliği, taşıma kapasitesi ve yapı yüksekliği hesaplanmıştır.

İnceleme alanında farklı özellikli zeminlerin tabaka kalınlıklarını ve dere yamaç şevlerinin durumları hakkında tam bilgi elde etmek için 1 profilde çok elektrotlu rezistivite (ERT) ölçümü yapılmıştır. ERT'den elde edilen görüntü (görünür öz direnç yapma kesiti) bir ters çözüm algoritması ile işlenerek, profil boyunca belirtilerin öz direnç-derinlik değerleri hesaplanmaktadır (Bernard vd., 2004). Çok Elektrotlu Rezistivite çalışmasından elde edilen kesit (Şekil 6b) incelendiğinde, öz direnç

değerlerinin yanal ve düşey olarak değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bu değişkenlik özellikle ayrışma zonu olarak nitelendirilen ve mavi-yeşil renklerle gösterilen alanlardır. Bu alanlarda, yüksek eğimli bölgelerden düşme-dökülme yoluyla gelen kaya parçaları ve bunların arasında biriken çakıl-kil birimi nedeniyle, özdirenç değerleri bazı noktalarda yüksek, bazı noktalarda ise düşük değerlerdedir. Bu üstteki ayrışma zonunun özdirenç değerleri 50-500

ohm.m arasındadır. Kesitlerde sarı-kırmızı renklerle gösterilen alanların özdirenç değerleri daha yüksek olup nispeten daha sıkı yapıdaki kaya birimleri temsil ettiği düşünülmektedir. Bu tabakanın özdirenç değerleri ise yaklaşık 900-3400 ohm.m arasındadır. Yapılan jeoteknik, jeofizik ve laboratuvar deneyleri birlikte değerlendirilerek sel kontrol yapı yerinin kaya ve zemin birimlerin mühendislik davranışı ortaya koyulmaya çalışılmıştır.



Şekil 6. Araştırma çukuru açma çalışmalarında görüntü (a) ve Çok Elektrotlu Rezistivite (ERT) yöntemi ile elde edilen yer altı kesiti (b) (Koordinat X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Koordinat Sisteminde).

Figure 6. Image of the research pit excavations (a), and underground section obtained with the Multi-electrode Resistivity (ERT) method (b) (Coordinate X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Coordinate System).

İnceleme Alanı Hidrolojik Özellikleri

Herhangi bir hidrolojik modellemede için temel parametrelerden bir tanesi akarsu yatağı geometrisidir. Akarsu yatağı geometrisi saha araştırmaları veya uzaktan algılama verileri ile çıkarılabilir (Bharath vd., 2021). Uzaktan algılama verilerinin kullanılması zaman ve maliyet tasarrufu sağlarken hidrolik modellemelerde kullanım kolaylığı sağlamaktadır (Bharath vd., 2021b). İnceleme alanında Yazılıkaya deresi bulunmaktadır ve bu derenin geometrik özellikleri Harita Genel Komutanlığının (HGM) 5 metre çözünürlüklü Sayısal Yüksekli Modeli (SYM) kullanılmıştır. Olası sel tehlikesinde karşı, arazideki oyuntu ıslahı çalışmalarında Yazılıkaya deresi üzerinde yoğunlaşmıştır. Arazi çalışmaları sırasında derede mevsimlik olarak akışın olduğu, uygulanması planlan harçlı ıslah sekisinin mansap kısmında kalan oyuntuların derinliği yarım metreye kadar ulaşmakta ve membaya doğru ilerledikçe derinlik artmakta ve üç metreye kadar ulaşmaktadır (Şekil 7a). Derede yer yer vejetasyonun bulunduğu ve bunun da deredeki suyun akış hızına etken bir parametre olduğu arazi çalışmaları sırasında gözlemlenmiştir.

Hidrolojik Veriler: Şekil 7b'de gösterilen Yazılıkaya deresi, Sakarya havzası içerisinde yer almakta ve drenaj alanı yaklaşık 78.8 hektardır (0.78 km²). Yazılıkaya deresi havzası debi hesaplamaları (Çizelge 1) için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan yağış verileri ile DSİ – Sentetik (SCS) Yöntem kullanılmıştır. DSİ – Sentetik (SCS) Yöntem, drenaj alanı 1000 km²'den küçük olan bölgelerde birim akış

yüksekliğini veren 2 saat süreli bir yağışın birim alandan getireceği akış verimini hesaplamaktadır (Aslan, 1997).

HEC-RAS programında su yüzeyi profili modellenmesi yapılırken Manning katsayısı ve dere yatağı kesitleri tanımlanmıştır. 1956 yılında Cowan tarafından tanımlanan ve 1989 yılında U.S. Geological Survey tarafından geliştirilen (Arcement ve Schneider, 1989) Manning katsayısına, kanalın zemin özellikleri, akım şartları ve bitki örtüsü, yüzey düzensizliklerinin etkisi, kanal düzensizliği derecesi, kanal enkesiti şekli ve büyüklüğü, kanaldaki engellerin etkisi ve kanal kıvrım derecesi parametreleri etki etmektedir. Bu çalışmada, Yazılıkaya Deresi sel analizinde kullanılan Manning katsayısı için güzergâh boyunca gözlem ve incelemeler yapılmış ve HEC-RAS hidrolojik modellenmesi için kullanılan Manning katsayısı CORINE arazi örtüsü kategorisinden alınmıştır (Papaioannou vd., 2018). Ayrıca, sel tehlike haritalarının üretilmesinde Van Alphen ve Passchier (2007) formülü kullanılmıştır. Buna göre sel tehlike faktörü;

Sel Tehlikesi = (Derinlik x (Hız + 0.5)) + Süprüntü Faktörü olarak tanımlanmaktadır.

Derinlik: 2-boyutlu hidrolojik modelleme sonucunda yer alan her bir grid için su derinliği

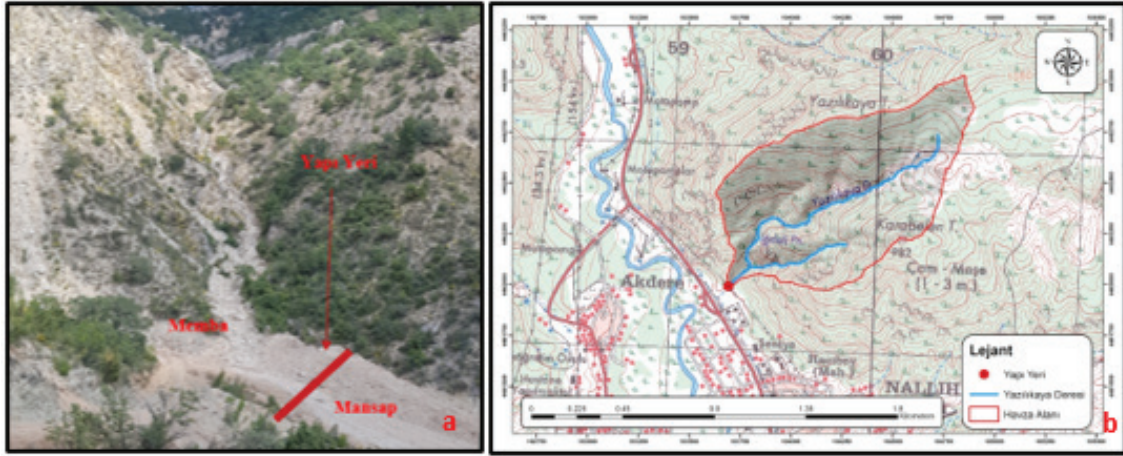
Hız: 2-boyutlu hidrolojik modelleme sonucunda yer alan her bir grid için su hızı

Süprüntü Faktörü: Süprüntü miktarının (mucur, moloz, taşınım, vs.) sel tehlikesine katkısının etkisi.

Çizelge 1. İnceleme alanı su toplama havzası içerisinde yer alan derelerin uzunlukları, debileri, Manning katsayısı ve eğim.

Table 1. The lengths, flow rates, Manning coefficient, and slope of the river in the water catchment basin of the study area.

Dere İsimleri	Uzunluk (km)	Debi		Manning Katsayısı	Ort. Eğim (Derece)
		Q_{100} (m ³ /s)	Q_{10} (m ³ /s)		
Yazılıkaya Deresi	1.53	3.66	1.12	Değişken	22.37
Yan Dere	0.52	1.51	0.27	Değişken	35.97



Şekil 7. Ankara İli Nallıhan İlçesi Hacibey Mahallesi 701 ada 1 parseli yapı yeri genel görüntüsü (Koordinat X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Koordinat Sisteminde) (a) ve Yazılıkaya deresi, yapı yeri ve çalışma alanı paftası (b).

Figure 7. Ankara Province Nallıhan District Hacibey Mahallesi 701 block 1 parcel building location general view (Coordinate X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Coordinate System) (a), and Yazılıkaya river, structure location and study area map (b).

Sel Kontrol Yapısı (Harçlı İslah Seki) Özellikleri

Sel kontrolü için ana dere ve yan derelerdeki oyulmalar, heyelanlar, yamaç göçmeleri, erozyon, rusubat, suyun akış hızını düzenlemek ve kontrol etmek amacıyla yapısal önlemler almak yerleşimin yoğun olduğu yerlerde olası sel tehlikesine karşı zarar azaltmada önemli rol oynamaktadır (Dinçsoy, 2013). Sel tehlikesine karşı zarar azaltmada kullanılan bu yapılar, dere eksenine dik ve sıralı olarak inşa edilir ve derelerdeki taban eğiminin düşürülmesi ile hem suyun hızında azalışı ve geçici depolanmasını hem

de rusubat taşınımının azalmasını sağlamaktadır. Görçelioğlu'nun (2005) yılında yapmış olduğu çalışmaya göre, sel tehlikesinin olduğu derelerde tabanın korunması, heyelanlı dere kıyılarının ve yamaçların desteklenmesi, taşınan rusubat ve suyun depolanması amacıyla dere yataklarına tek veya sıralı olarak yapılan savaklı beton ve harçlı yapılar olarak ıslah sekilerini tanımlamıştır.

İnceleme alanında uygulaması yapılmış olan harçlı ıslak sekisi (karğir yapı) gövde ve düşey havuzu olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım olan gövde kısmı dere yüzeyinden 1.5

metre temel derinliği, 1.5 metre savak yüksekliği ve 3.5 metrede gövde yüksekliği ile birlikte toplamda 6.5 metre yapı yüksekliğine sahiptir. Genişliği temelden yukarı (savak yüzeyine) doğru kademeli şekilde 6 metreden 1.25 metre arasında azalmaktadır (Şekil 8). İkinci kısım

olan ve düşey havuzu ise 12 metre uzunluğa ve 2.23 metre derinliğe sahiptir (Şekil 8). Yapılan sel kontrol yapısı HEC-RAS programında aynı şekilde tasarlanarak dere yatağında yapı ve yapısız duruma göre analizler yapılarak sel riski ortaya konmaya çalışılmıştır.



Şekil 8. Uygulaması yapılan sel kontrol yapısı Harçlı Islah Sekisinin görüntüsü (Koordinat X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Koordinat Sisteminde) ve harçlı ıslah sekisi en kesiti (AutoCAD – tüm çizimler metre olarak verilmiştir).

Figure 8. The view of the applied flood control structure, which is a mortared check dam (Coordinate X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Coordinate System) and the drawing of the mortared check dam cross section (AutoCAD – all drawings are given in meters).

HEC-RAS 2B Sel Tehlike Haritaları

Hidrolik modelleme için USACE (US Army Corps of Engineers) tarafından geliştirilen Nehir Analiz Sistemi (HEC-RAS) kullanılmıştır. 1-Boyutlu ve 2-Boyutlu kararlı ve kararsız akış, enerjinin korunumu ilkesiyle çalışan nehir hidroliği hesaplamaları, tortu taşınması, hareketli yatak modellemesi ve su sıcaklığı analizi yapmaya olanak sağlayan bir bilgisayar yazılımıdır (US Army Corps of Engineers, 2023). HEC-RAS programında geometrik modellemeler olarak, köprüler, menfezler, barajlar, pompa istasyonları, bentler, kapalı kapılar, dip yüzey pürüzlülüğü, taşıma eğimi gibi hidrolik yapı ve durumları tanımlamak mümkündür. Birçok değişkenin bu şekilde tanımlanabildiği HEC-RAS yazılımına akış verileri girilerek, su yüzeyi profilleri ve taşkın alanları, akış derinlikleri, akış hızları, taşma hacmi ve kararlı veya kararsız akış durumları gibi sel/taşkın karakteristiklerinin elde edilebilmektedir.

Hidrolik model için sayısal yükseklik modeli kullanılarak ArcGIS'ten nehir kesitleri alınmış, kesit değerleri hidrolik model yazılımına manuel olarak girilmiş ve uydu görüntüsünden nehir kıyı çizgileri gibi geometrik veriler elde edilmiştir. Bu sayede model hazırlama aşamasında çalışma alanının coğrafi özellikleri ve gerekli geometrik veriler tanımlanmıştır. Hidrolik sistemin çalışması için gerekli topoğrafik ve talveg hatları, kıyı hatları (sağ-sol kıyıları), akış yolları, akarsu kesitleri, akarsu kolları ve kıyıların birleşim-açı ve yükseklik bilgileri gibi geometrik veriler CBS ortamında elde edildikten sonra model için HEC-RAS yazılımında gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Mevcut verileri girerek, model kararlı durum için çalışmaya hazır hale getirilmiş ve uygulaması sel kontrol yapısının ani bir sel durumunda yerleşim yerlerine olan etkisi için hidrolojik model hesaplanmıştır.

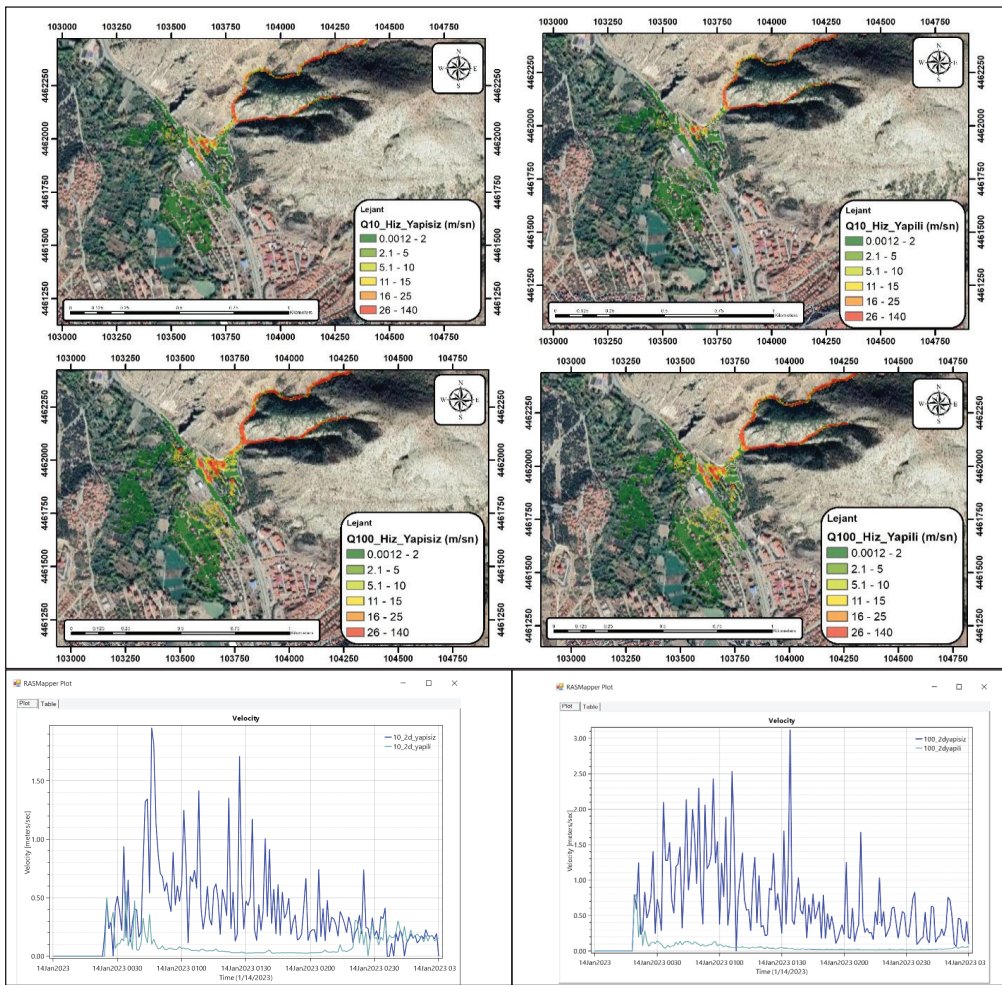
BULGULAR VE TARTIŞMA

Su kaynaklarının yönetiminde yukarı havza sel kontrol projeleri oldukça önemlidir. Ani ve şiddetli yağışlar sonucunda dere yatağı su kapasitelerinde artışı sonucunda sel felaketleri meydana gelmekte ve doğa kaynaklı afetlerden birisi olan sel, kontrol altına alınmaması durumunda ciddi ölçüde can ve mal kayıplarına sebebiyet vermektedir. Bu çalışmada, DSİ Sentetik yöntemi ile Q_{100} ve Q_{10} debi değerleri kullanılarak HEC-RAS programıyla 2-boyutlu sel modellemesi yapılmıştır. Öncelikle analiz yapılacak derenin sınır koşulları, geometrisi, hidrolojik özellikleri, jeolojik – jeomorfolojik özellikleri, çalışma alanı arazi kullanım durumu ve sel kontrol sanat yapısının özelliklerinin belirlenmesi için veri toplanmıştır. Daha sonra elde edilen verilerle arazide projelendirilen yapının uygulanması gerçekleştirilmiştir. Tüm verilerin elde edilmesinden sonra HEC-RAS programı ile gerçekleştirilen 2-boyutlu kararsız akım analizi sonucunda olası bir sel felaketi sırasında su yüzey profili, su derinliği (sanat yapısının olduğu yer ve yerleşim yerinin olduğu yer) ve su hızı sonuçlarını gösteren haritalar ve grafikleri elde edilmiştir. Ankara ili Nallıhan İlçesi sınırları içerisinde bulunan Yazılıkaya deresi üzerinde sel kontrol sanat yapısı (harçlı ıslah sekisi) yapılmadan önce ve yapı yapıldıktan sonraki değişimin karşılaştırılması yapılmıştır.

Olası anlık ve şiddetli yağışlar sonucunda meydana gelecek sel felaketinden korunmanın ilk kurallarından ilki suyun akış rejimindeki düzenlemeleri sağlamaktadır. Çalışma alanında yapılan sel kontrol yapısından önce ve sonra olmak üzere Q_{10} (10 yıllık debi değeri) ve Q_{100} (100 yıllık debi değeri) değerleri kullanılarak yapılan 2-Boyutlu HEC-RAS analizinde suyun hızındaki değişimler Şekil 9'da gösterilmektedir. Şekil 9'da haritada selden etkilenen alanlarda kırmızı renk ile ifade edilen yerlerde suyun

hızının maksimum değerlere ulaştığı ve bu değer 0.0012 m/s ile 140 m/s aralığında değiştiği görülmektedir. Bu kapsamda, Q_{10} yapısız durumda suyun maksimum hızı 2 m/s iken sel kontrol yapısı uygulandıktan sonra maksimum 0.5 m/s ye düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 9). Q_{100} 'ün dikkate alındığı 2-boyutlu sel modellemesinde yapısız durumda maksimum su hız değeri 3.2 m/s iken yapı yapıldıktan sonraki maksimum su hız değeri 0.75 m/s olduğu

gözlemlenmektedir (Şekil 9). 2-Boyutlu HEC-RAS analizlerinde olası bir sel anında suyun hasar verici etkisinden olan hızında kontrol yapısı yapılmadan önce 4 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Sel ile mücadelede sel kontrol yapılarının suyun enerjisini kırdığını ve suyun yıkıcı etkisi olan hızının düşürülmesinde önem teşkil edecek bir zarar azaltma unsuru olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 9. 10 yıllık debi (Q_{10}) ve 100 yıllık debi (Q_{100}) değerlerine göre kontrol yapısı yapılmadan ve yapıldıktan sonra olası sel anındaki suyun yıkıcı etkisi olan hızdaki (m/s) değişim.

Figure 9. The change in velocity (m/s), which is the destructive effect of water at the time of possible flood, before and after the control structure according to the 10-year flow (Q_{10}) and 100-year flow (Q_{100}) values.

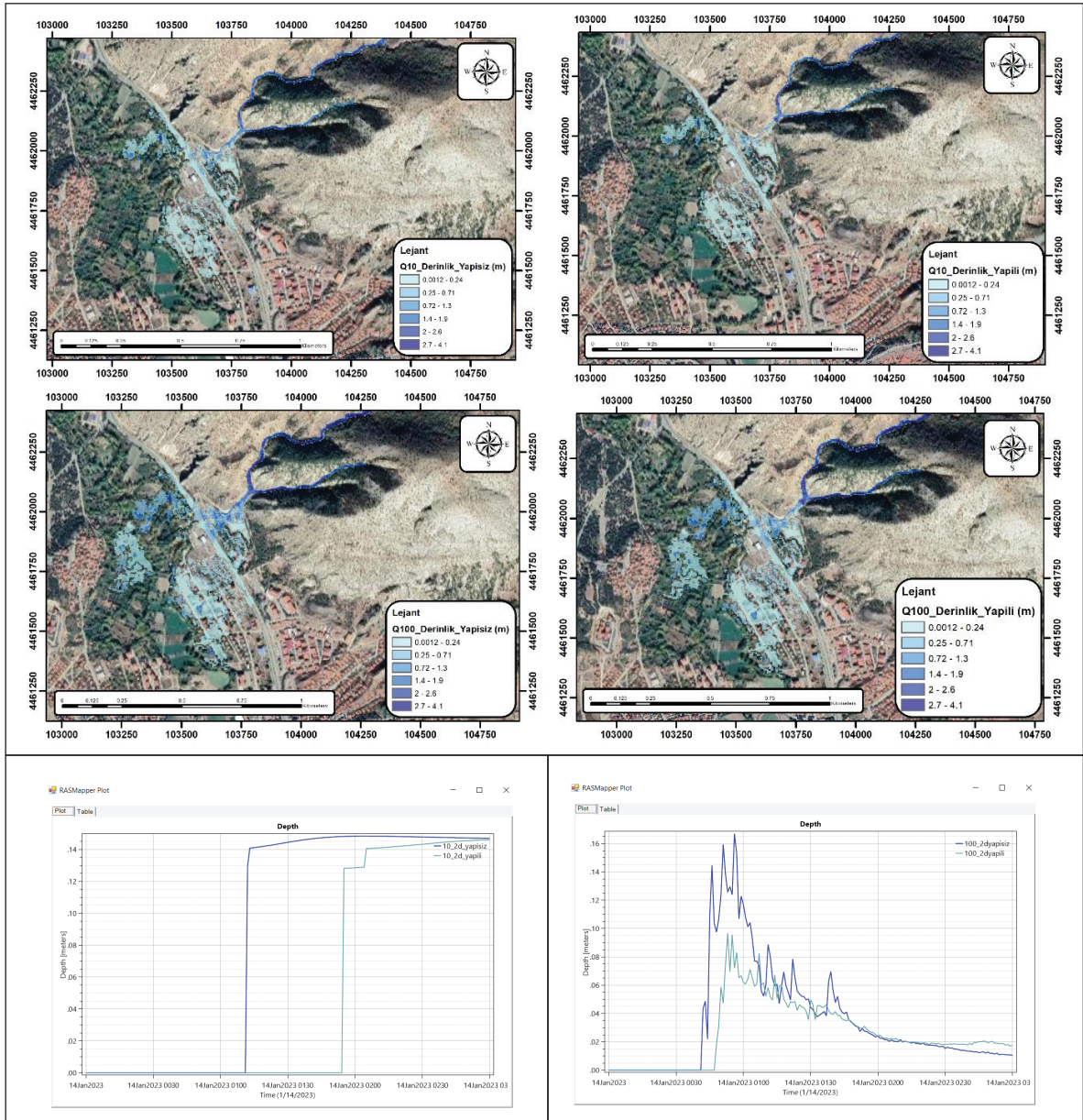
Sel kontrolünde dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli durum ise yerleşim yerlerindeki su derinliklerinin kontrolünü sağlamaktır. Şekil 10'daki haritalarda su derinliği açık maviye koyu maviye doğru değişimle ifade edilmekte olup, çalışma alanı ve çevresindeki su derinliği 0.0012 m ile 4.1 m aralığında değişmektedir. Q10 değerleri kullanılarak yapılan 2-Boyutlu HEC-RAS analizinde yerleşim yerindeki su derinliği harçlı ıslah sekisi yapılmadan önce sel anında 2. dakikada maksimum değeri olan 0.15 m'ye ulaşırken, harçlı ıslah sekisi yapıldıktan sonra aynı dakikada 0.13 m ulaşmaktadır. Q100 değerleri kullanılarak yapılan 2-Boyutlu HEC-RAS analizinde yerleşim yerindeki su derinliği harçlı ıslah sekisi yapılmadan önce sel anında 1. dakikada maksimum değeri olan 0.17 m'ye ulaşırken, harçlı ıslah sekisi yapıldıktan sonra aynı dakikada 0.09 m'ye ulaşmaktadır. Bu analizler göstermektedir ki, sel kontrol yapıları yerleşim yerlerini ve karayolu gibi ulaşım ağlarını tehdit eden su derinliğini azaltmada önemli bir rolü bulunmaktadır.

HEC-RAS 2B modeli kullanılarak çalışma alanı ve çevresinin güncel durumunu kapsayacak şekilde 2-boyutlu hidrolik modelleme ile sel tehlike haritası yapılmıştır. Bu kapsamda HEC-RAS modeli sonucunda belirlenen hız ve derinlikle birlikte arazi kullanım durumundan sel tehlike haritası ve tehlike dereceleri Şekil 11'de gösterilmiştir. 10 yıllık debi değerlerinin kullanılması sonucunda Yazılıkaya deresi, dereye yakın yerleşim yapıları ve dere ile karayolunun birleştiği bölgelerin çok yüksek sel tehlikesine sahip olduğu saptanmıştır (Şekil 11). Debi değerini artırıp 100 yıllık debi değerlerinin kullanılması sonucunda ise, Yazılıkaya deresi, yerleşim yerlerinin büyük kısmı ve karayolunun büyük bir kısmı çok yüksek sel tehlikesine

sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, yine yerleşimin yoğunlaştığı (nüfusun arttığı) yerlerde yüksek ve orta seviyede sel tehlikesinin olduğu gözlemlenmektedir. Sel tehlike analiz sonuçlarından elde edilen bulgular kapsamında, sel tehlikesine karşı yukarı havzada uygulanan sel kontrol yapılarının (harçlı ıslah sekisi, vb.) artan debi koşullarına karşı etkisinin azaldığı söylenebilir. Fakat daha fazla dere ıslah çalışmalarının yapılması (birden fazla sanat yapısının projelendirilmesi ve yapılması) ile nüfusun ve karayolu gibi ulaşım ağlarının sel tehlike derecesinin düşürülebileceği öngörülmektedir.

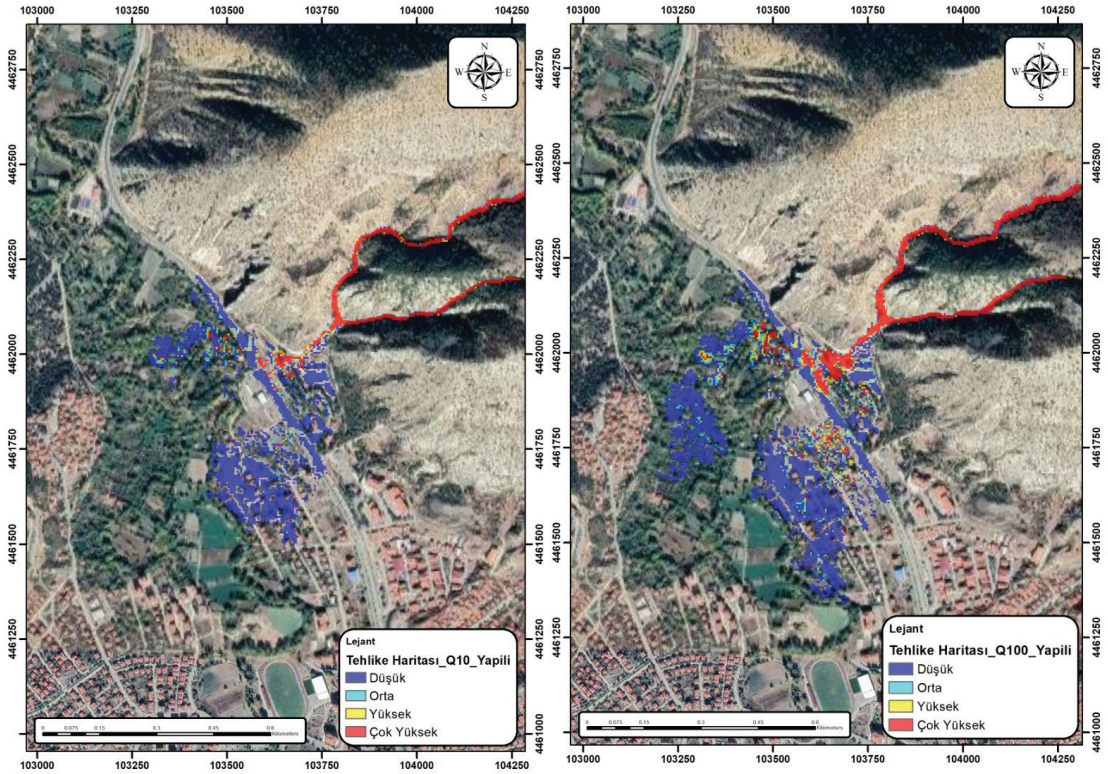
SONUÇLAR

Yapılan analizlerden elde edilen bulgular göstermektedir ki, su yönetiminde uygulanan yapılar olsun ya da olmasın, akarsular ve nehirler boyunca anlık ve şiddetli yağmurların bir sonucu olarak meydana gelen seller çok büyük hasarlara yol açabilir. Çalışmada, Ankara İli Nallıhan İlçesi sınırları içerisinde bulunan Yazılıkaya deresinde meydana gelebilecek bir sel felaketi tehlikesine karşın DSİ Sentetik Yöntemi ile Q_{10} ve Q_{100} debi değerleri kullanılarak HEC-RAS programı yardımıyla iki boyutlu sel modellemesi yapılmıştır. Sel modellemesi ile oluşturulacak sel tehlike haritaları için, Yazılıkaya deresinin topoğrafyası, kıyı hatları, akarsu kesiti, akarsu kolları gibi geometrik veriler CBS ortamında elde edilmiş ve HEC-RAS yazılımında kullanıma hazır hale getirilmiştir. Oluşturulan sel modeli kararlı akış durumu için analizleri yapılmış ve arazide uygulaması yapılan sel kontrol yapısının (harçlı ıslah sekisinin) ani bir sel durumunda yerleşim yerlerine olan etkisi sel tehlike haritaları ile gösterilmiştir.



Şekil 10. 10 yıllık debi (Q_{10}) ve 100 yıllık debi (Q_{100}) değerlerine göre kontrol yapısı yapılmadan ve yapıldıktan sonra olası sel durumunda suyun yerleşim yerlerindeki derinliğindeki (m) değişim.

Figure 10. The change in depth (m) of the water in the settlements in case of possible flooding, before and after the control structure according to the 10-year flow (Q_{10}) and 100-year flow (Q_{100}) values.



Şekil 11. 10 yıllık debi (Q_{10}) ve 100 yıllık debi (Q_{100}) değerlerine göre çalışma alanı ve çevresinin sel tehlike haritası.
Figure 11. Flood hazard map of the study area and its surroundings according to 10-year flow (Q_{10}) and 100-year flow (Q_{100}) values.

Oluşturulan sel tehlike haritalarında, Yazılıkaya deresi üzerinde yapılan harçlı ıslah sekisinin olası şiddetli ve anlık yağışlarda Q_{10} ve Q_{100} debi değerlerine göre suyun hızı sırası ile yapısız durumda 2 m/s – 3.2 m/s iken yapı yapıldıktan sonra suyun hızında meydana gelen değişimin 0.5 m/s – 0.75 m/s değerlerine düştüğü gözlemlenmiştir. Yerleşim yerlerindeki su derinliğinde meydana gelen değişimler ise harçlı ıslah sekisi yapımı tamamlandıktan sonra 2 cm (Q_{10}) ve 8 cm (Q_{100}) kadar su seviyesinde azalmalarının olduğu hesaplanmıştır.

Bu çalışma, yukarı havzadaki sel derelerinde yapılacak mühendislik yapılarından bir tanesi olan harçlı ıslah sekisinin sel tehlikesi ile

mücadeledeki önemini ortaya koymuştur. Yukarı havza sel derelerinde uygulanacak olan harçlı ıslah sekilerinin yanı sıra, betonarme ıslah sekileri, çelik moloz bariyerleri, gabion eşikler, çevirme hendeği (drenaj yapısı), kuru duvar eşikler, miks eşikler, taş dolgulu ahşap eşikler, geonet eşikler, çalı demetli canlı eşikler ve kafes tel eşikler gibi yapıların rusubat taşınımının azaltılmasında, akarsu akış rejiminin düzenlenmesinde, menfez tıkanmalarının engellenmesinde ve sel ile mücadele kapsamında oldukça önem teşkil etmektedir. Sel tehlikesinden kaynaklanacak zararların azaltılmasında, 100 yıllık akarsu debi değerlerinin kullanılması ile yapılacak olan 2-Boyutlu HEC-RAS analizlerinin sel tehlikesi

altında kalacak olan yerleşim yerleri, karayolları, tarım alanları ve diğer yatırım projeleri için dikkate alınması gerekmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu projenin hazırlanması aşamasında ve Türkiye'deki yukarı havza sel kontrol proje çalışmalarında öncü kurum olan Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğüne, projenin uygulanmasını başarılı olarak gerçekleştiren Nallıhan Orman İşletme Müdürlüğüne, Nallıhan Orman İşletme Şefi Orman Mühendisi Zülkarneyn Yanar'a ve proje arazi çalışmaları sırasında verdiği desteklerden dolayı İnşaat Mühendisi Yusuf Kantarkaya'ya teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

- Arcement, V.R., & Schneider, G. J., (1989). Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2339.
- Aslan, B., (1997). "S.C.S. Sentetik Birim Hidrograf Yönteminin Türkiye Şartlarında Uygulanabilirliğinin Araştırılması", İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Bharath, A., Shivapur, A.V., Hiremath, C.G., & Maddamsetty, R., (2021). Dam Break Analysis Using HEC-RAS And HEC-Georas: A Case Study of Hidkal Dam, Karnataka State, India.
- Bharath, A., Kumar, K.K., Maddamsetty, R., Manjunatha, M., Tangadagi, R.B., & Preethi, S., (2021b). Drainage morphometry based sub-watershed prioritization of Kalinadi Basin using geospatial technology. *Environ. Chall.* 5, 100277. doi: 10.1016/j.envc.2021.100277.
- Cowan, W. L., (1956). Estimating hydraulic roughness coefficients. *Agricultural Engineering*, 37(7), 473-475.

- Dano, U.L., Alhefnawi, M.A., Al-Shihri, F., Said M.A., Mohamed, E.E., Hashem, A., Alsayed, A., & Arif, S., (2020). Assessing the Accuracy of Image Classification Algorithms Using DURING-Flood TerraSAR-X Imagery, *Disaster Advances*, Vol. 13 (8) 1-11.
- Dereli, T., Eligüzel, N., & Çetinkaya, C., (2021). Content analyses of the international federation of red cross and red crescent societies (ifrc) based on machine learning techniques through Twitter, *Natural Hazards*, <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04527-w>.
- Desalegn, H., & Mulu, A., (2021). Mapping Flood Inundation Areas Using GIS and HEC-RAS Model at Fetam River, Upper Abbay Basin, Ethiopia, Department of Hydraulic and water resources Engineering, Technology Institute, Debre Markos University, Ethiopia, <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00834>.
- Dinçsoy Y., (2013). Yan Derelerde Erozyon ve Rusubat Kontrolü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Ankara.
- Erkan, M.A., Güser, Y., Odabaşı, E., Çamalan, G., Kılıç, G., Soydam, M., & Çetin, S., (2021). 2020 Yılı Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Eroskay, S.O., (1965). Paşalar Boğazı-Gölpazarı sahasının jeolojisi, İ.Ü.F.F. Mecm. Ser. B, 3-4,135-159.
- European Environment Agency (EEA), 2018. Corine Land Cover 2018 (CLC 2018), Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>. Erişim tarihi 1 Şubat 2023.
- Görcelioğlu, E., (2005). Sel ve Çığ Kontrolü Yapıları, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 4555, O.F. Yayın No. 487, İstanbul.
- Horritt M.S., & Bates P.D., (2002). Evaluation Of 1D And 2D Numerical Models for Predicting River Flood Inundation, *Journal of Hydrology*, 268, 87-99.

Akkuş, Yıldız, Bulut

- Kadioğlu, M., (2008). Sel ve Heyelan Yönetimi, 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Hazırlık Toplantıları, Taşkın Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Bildiri Kitabı, 101-130, Trabzon.
- Karaağaç. S. (2019). Nallıhan (Ankara) Dolayının Sedimenter İstifi ve Tektonik Özellikleri, İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Nigusse, A.G., & Adhanom, O.G., (2019). Flood hazard and flood risk vulnerability mapping using geo-spatial and MCDA around Adigrat, Tigray region, Northern Ethiopia, *Momona Ethiop, J. Sci.* 11 (2019) 90–107.
- Papaoannou, G., Efstratiadis, A., Vasiliades, L., Loukas, A., Papalexioiu, S., Koukouvinos, A., Tsoukalas, I., & Kossieris, P., (2018). An Operational Method for Flood Directive Implementation in Ungauged Urban Areas, *Hydrology*, 5, 24, <https://doi.org/10.3390/hydrology5020024>.
- Şahin, C., & Sipahioğlu, Ş., (2003). Doğal Afetler ve Türkiye, Gündüz Eğitim ve yayıncılık, Ankara.
- Timur, E., ve Aksay, A., 2002. 1:100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 39 Adapazarı – H26 Paftası, Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- US Army Corps of Engineers, (2023). HEC-RAS User's Manuel, Version 6.3.
- Van Alphen, J., & Passchier, R., (2007). Atlas of Flood Maps – Examples from 19 European Countries, USA, and Japan. The Hague, Netherlands: Ministry of Transport, Public Works, and Water Management.

Araştırma Makalesi / Research Article

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Etkilediği İllerdeki Bina Stokunun Özellikleri

Characteristics of Building Stock in Cities Affected by the February 6, 2023 Kahramanmaraş Earthquakes

Tuba EROĞLU AZAK^{*1} , Bekir Özer AY² 

¹ Milli Savunma Üniversitesi, Kara Harp Okulu, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara

² Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara

Geliş (Received): 9 Mayıs (May) 2023 / Düzeltme (Revised): 21 Mayıs (May) 2023 / Kabul (Accepted): 26 Mayıs (May) 2023

ÖZ

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde yaklaşık 9 saat arayla sırasıyla M_w 7.7 ve M_w 7.6 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. Birbirinden bağımsız meydana gelen iki deprem geniş bir alanda hissedilmiş, deprem merkezinde ve çevre illerde büyük hasara sebep olmuştur. Çok sayıda binanın yıkıldığı ve resmi kayıtlara göre 50 binden fazla can kaybının yaşandığı 6 Şubat 2023 depremlerinin en çok etkilediği şehirler Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye ve Şanlıurfa'dır. Bu çalışmada depremde en çok yıkımın ve büyük can kayıplarının olduğu bu illerdeki bina stoku derlenmiştir. İncelenen bina stoku bina taşıyıcı sistemine, kullanım amacına, kat sayısına ve deprem şartnamesi zaman dilimlerine göre ilçe bazında bir araya getirilmiştir. Depremler sırasında yıkılan, ağır hasar alan ve deprem sonrasında yıkımına karar verilen binalar artık derlenen yapı stoku içerisinde yer almamaktadır. Ancak, meydana gelen depremlere ait birçok kuvvetli yer hareketi istasyonunda kaydedilen yer ivmesi kayıtları ve yaşanan depremler nedeniyle hasar gören binaların bilgisi deprem çalışmaları açısından önemli bir veri seti oluşturmaktadır. Bu bağlamda, deprem öncesi yapı stoku için deprem risk çalışmalarının yapılarak yapı stokunda yer alan bina tiplerine uygun kırılgenlik eğrilerinin test edilmesi ve iyileştirilmesi mümkündür. Çalışmada sunulan verilerin deprem risklerinin gerçekçi hesaplanmasında ve bu sayede deprem risklerinin azaltılmasında alınacak önlemler konusunda önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bununla beraber, derlenen yapı stoku kullanılarak farklı bölgelerde deprem tehlikesi altındaki benzer yapı stokları için kayıp hesaplarının yapılması da mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Türk bina stoku, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri, Deprem riski, Türk yapı stokunun özellikleri, İstatistiksel çalışma

ABSTRACT

On February 6, 2023, two distinct earthquakes occurred approximately 9 hours apart in the districts of Pazarcık and Elbistan in Kahramanmaraş. The first earthquake had a magnitude of M_w 7.7; and was followed by a second earthquake with a magnitude of M_w 7.6. These independent seismic events were felt over a wide area and caused significant damage in the epicentral region and surrounding provinces. Numerous buildings collapsed and according to official records, the earthquakes resulted in the loss of more than 50,000 lives. The most affected cities include Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye, and Şanlıurfa; most of

the destruction and significant loss of life occurred here. This study has compiled the building stock in these provinces. The examined building stock has been gathered on a district basis, considering each building's structural system, building use, number of floors, and seismic code time periods. Buildings that collapsed, suffered severe damage, or were condemned (to be demolished) after the earthquakes are no longer included in the compiled building stock. However, the recorded ground motion acceleration data obtained during the earthquakes from various strong-motion stations; and the damage level information regarding the buildings in the stock, constitute an important dataset for earthquake studies. In this context, conducting earthquake risk assessments for the pre-earthquake building stock, testing and calibrating fragility curves appropriate for the building types within the building stock, is possible. It is believed that the information presented in this study will make a significant contribution to the realistic calculation of earthquake vulnerability and thus assist in taking measures to mitigate earthquake risks. Furthermore, utilizing the compiled building stock, it is also possible to perform loss calculations for similar building stocks exposed to seismic hazards in different regions.

Keywords: Turkish building stock, February 6, 2023, Kahramanmaraş Earthquakes, Earthquake risk, Characteristics of the Turkish building stock, Statistical study

GİRİŞ

Deprem risklerinin hesabı için gerekli iki önemli bileşen deprem tehlikesi ve yapısal davranıştır. Deprem, ne zaman, nerede ve ne büyüklükte olacağı kesin olarak tahmin edilemeyen bir doğa olayıdır. Ancak, deprem mühendisliğindeki yöntemler ve kabuller çerçevesinde oluşturulan tehlike modelleri sayesinde deprem yer hareketi parametrelerinin ihtimaller dahilinde hesaplanması mümkündür. Deprem risk çalışmalarının bir diğer unsuru olan yapıların deprem davranışı ise yapıya ait taşıyıcı sistem, malzeme kalitesi, yaş, kat sayısı, inşaat kalitesi, zemin tipi gibi parametrelerle ile doğrudan ilgilidir. Yapıların deprem tehlikesi altında hasargörebilirliklerinin hesaplanması sayesinde, deprem riskleri ve kayıplar tahmin edilebilmektedir. Bu bağlamda deprem risklerinin gerçekçi bir şekilde belirlenmesi ve mevcut yapı stoklarının depreme karşı dayanıklılığının artırılması büyük önem arz etmektedir.

Türkiye’de, özellikle yaklaşık son 25 yılda yaşanan depremlerde çok sayıda can kaybı yaşanmış, büyük ekonomik kayıplar verilmiştir. Ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda milat olarak kabul edilen 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi sonrasında ise çok sayıda

büyük deprem yaşanmıştır. Son olarak 6 Şubat 2023 tarihinde aynı gün yaklaşık 9 saat arayla gerçekleşen M_w 7.7 ve M_w 7.6 büyüklüğündeki depremler ise merkez üssü olan Kahramanmaraş ve çevre illerde büyük bir yıkıma ve can kayıplarına neden olmuştur. Ne yazık ki, deprem nedeniyle verilen can ve mal kayıpları deprem risklerinin azaltılması konusunda istenilen seviyeye gelinmediğini bir kez daha göstermiştir. Bu çalışmada 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin en çok yıkıma sebep olduğu Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye ve Şanlıurfa illerindeki yapı stoku derlenmiştir. Derlenen yapı stoku, kullanım amacı, taşıyıcı sistem, kat sayısı ve binanın tabi olduğu deprem yönetmeliği bilgisine göre ilçe bazında incelenmiştir. Yapılan incelemelerde verilen istatistikler bina sayısı olarak sunulmuş bazı incelemelerde ise bağımsız birim sayısı bilgisine de yer verilmiştir. Çalışmada sunulan istatistikler, incelenen bölgedeki bina stoku için temsili modellerin oluşturulmasında rahatlıkla kullanılabilir. Deprem sırasında yıkılmış binaların ve deprem sonrasında yıkımına karar verilen ağır ve orta hasarlı binaların derlenen bu yapı stokunda artık yer almadıkları bir gerçektir.

Ancak bu çalışmanın asıl amacı deprem öncesinde mevcut yapı stokunu ortaya koymaktır. Depremde hasar gören binaların hasar seviyeleri ile ilgili çalışmalar T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından deprem sonrasında tamamlanmıştır. Bununla beraber depremlere ait yer ivmeleri, çalışma sahasında geniş bir ağa sahip olan AFAD'a ait birçok kuvvetli yer hareketi istasyonunda kaydedilmiştir. Bu bağlamda, deprem öncesi mevcut bina stoku, deprem ivme kayıtları ve hasar tespit çalışmaları büyük bir veri setini oluşturmaktadır. Bu veri seti kullanılarak, deprem risk modellerinin oluşturulması, meydana gelen depremlerde hasar görmüş binaların hasar tahminlerinin yapılması aşamasında hesapların doğrulanması ve kayıp hesaplarının yapılması mümkündür.

Bununla beraber, Türk yapı stoku bölgesel olarak bazı farklılıklar içeriyor olsa da genel anlamda taşıyıcı sistem, kat sayısı, malzeme kalitesi gibi ana parametreler açısından zamana bağlı olarak farklı şehirlerde benzer değişimler göstermiştir. Bu anlamda, bu çalışmada sunulan bina stoku verilerinin deprem tehlikesi altındaki diğer şehirlerimizde yapılacak deprem risk çalışmaları için de bir altlık oluşturabileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın ilk kısmında öncelikli olarak daha önce Türk bina stoku hakkında yapılan çalışmalardan kısaca bahsedilecektir. Ardından çalışma sahası tanıtılacak, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun özelliklerine değinilecektir. Çalışmanın sonraki kısmında ise bina stoku verisinin derlendiği TÜİK 2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 yılları arasında derlenen Yapı İzin İstatistikleri hakkında bilgi verilecektir. Araştırma bulgularının sunulduğu bir sonraki kısımda ise, çalışmada incelenen 10 ile ait bina stokunun özellikleri dikkate alınan her bir parametre için ilçe bazında sunulacaktır.

Çalışmanın son kısmında ise elde edilen bilgiler özetlenecek ve sonuçlara değinilecektir.

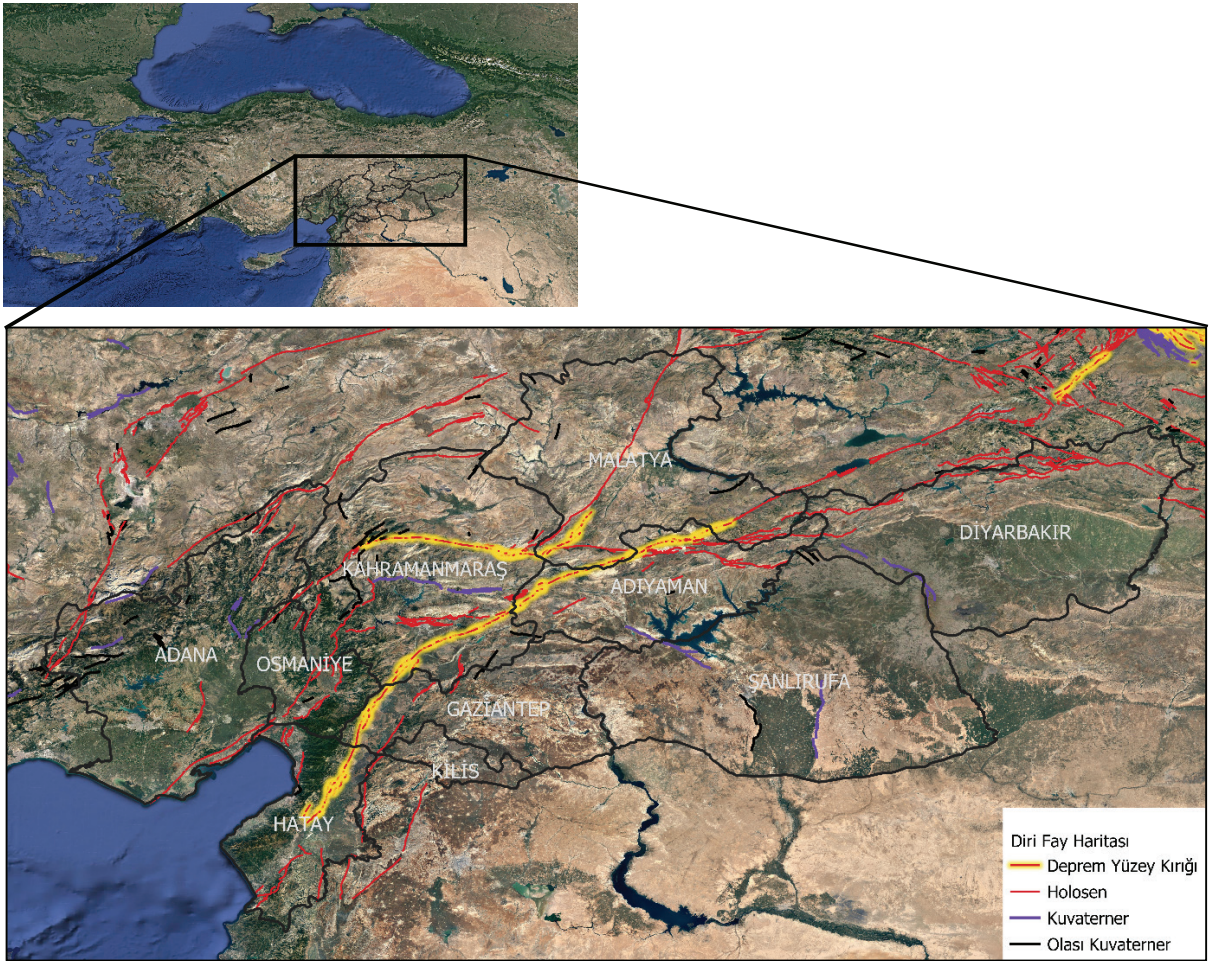
ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı, Türkiye'nin güneyinde ve güney doğusunda bulunan 10 ili kapsamaktadır. Bu iller, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen iki büyük depremin etkili olduğu Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malatya, Osmaniye ve Şanlıurfa olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Şekil 1'de sunulan çalışma sahasına ait harita üzerinde MTA Yenilenmiş Fay Haritası (Emre vd., 2013) çizilmiş, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş depremlerinin yüzey kırığı yazarlar tarafından güncellenerek eklenmiştir. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) yüzey kırığı için yapılan bu güncelleme, Özacar vd. (2023) tarafından hazırlanan rapordaki bilgiler ışığında yapılmıştır. DAFZ, yaklaşık olarak KD-GB doğrultusunda uzanan en önemli kıta içi transform faylardan birisidir. Anadolu Plakası ve Arap Levhasını ayıran yaklaşık 550 km uzunluğunda sol yanal atımlı bir fay zonu olan DAFZ, kuzeydoğuda Karlıova'dan güneybatıda Kahramanmaraş'a kadar uzanırken Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) ile karşılaşır (Bozkurt, 2001). DAFZ, kuzey ve güney kolları olmak üzere iki kola ayrılmaktadır. Yaklaşık 350 km uzunluğundaki DAFZ kuzey kolu (DAFZK) Çelikhane mevkiinde DAFZ'den ayrılarak İskenderun Körfezinde Kyrenia ve Misis Fayları ile birleşmektedir ve Sürgü-Misis Fay segmenti olarak adlandırılmaktadır. Karlıova ve Antakya arasında uzanan yaklaşık olarak 580 km uzunluğundaki güney kol (DAFZG) ise Arabistan, Afrika ve Anadolu levhalarının kesiştiği yer olan Kahramanmaraş yakınlarında ÖDFZ ile karşılaşır (Duman ve Emre, 2013).

Eroğlu Azak, Ay

ÖDFZ'nun yaşı, doğası ve toplam yer değiştirmesi nispeten genç olmasına rağmen kesişme noktasındaki doğası ve geometrisi konusunda tartışmalar devam etmektedir (Bozkurt, 2001). Bu iki fay zonunun bağlantılı olmadığı ve DAFZ'nun Karlıova'dan Osmaniye Yumurtalık, İskenderun Körfezi hattını takip ederek Kıbrıs'a kadar devam ettiği söylenmektedir (Hempton, 1987; Westaway, 1994; Westaway ve Arger, 1996). Bununla

beraber, bir başka görüşe göre de Osmaniye, Yumurtalık, İskenderun Körfezi hattını takip eden fay DAFZ'nun bir parçası olmamakla beraber, Anadolu ve Afrika levhalarının sınır hattını oluşturmaktadır ve doğuda DAFZ ile kesişmektedir. Başka bir çalışmaya göre de DAFZG, Amik birleşiminde Ölü Deniz Fay Zonu ve Kıbrıs Yayı ile birleşmektedir (Duman ve Emre, 2013).

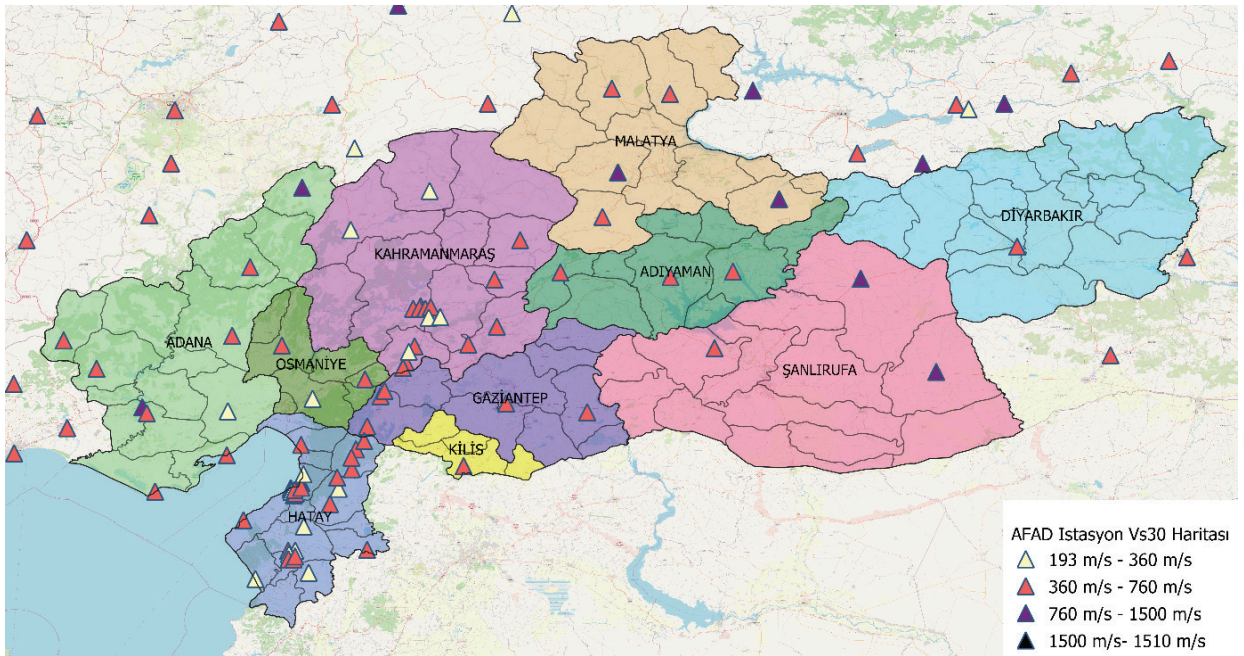


Şekil 1. Çalışma alanı ve etrafındaki diri fayların (Emre vd., 2013), 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri yüzey kırığı (Özacar vd., 2023) güncellemesi ile gösterimi

Figure 1. Presentation of the active faults in the study area and their surroundings (Emre et al., 2013) with the updated information on the surface rupture of the Kahramanmaraş earthquakes on February 6, 2023 (Özacar et al., 2023).

6 Şubat 2023 tarihli ilk deprem saat 04:17'de Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesinde meydana gelmiştir. M_w 7.7 büyüklüğünde ve 8.6 km derinlikte meydana gelen deprem, DAFZ'nun güneyinde yer alan Narlı fayı üzerinde başlamış ardından KD yönünde Pazarcık-Erkenek Fay segmentlerini, GB yönünde ise DAFZ Amanos segmentini kırmıştır. 6 Şubat 2023 tarihinde saat 13:24'te Kahramanmaraş'ın Elbistan ilçesinde M_w 7.6 büyüklüğünde ve 7 km derinlikte meydana gelen ikinci deprem ise Çardak-Sürgü Fay segmenti boyunca yüzey kırığı oluşturmuştur (Özacar vd, 2023). Depremler sırasında kırılan DAFZ segmentlerinin Kahramanmaraş, Adıyaman, Malatya, Gaziantep ve Hatay şehirlerinden geçtiği görülmektedir. Deprem

sırasında oluşan yüzey kırığının uzunluğu ve etki alanı, depremlerden etkilenen şehirlerinin artmasında büyük bir etkidir. Bununla beraber, yerel zemin koşullarının da deprem etkilerinin büyümesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, çalışma sahası için yerel zemin koşullarının bilinmesi, depremde zarar gören binaların hasargörebilirliklerinin hesaplanması ve kırılgenlik eğrilerinin test edilmesine yönelik çalışmalarda büyük önem arz etmektedir. Buna yönelik olarak, çalışma sahası ve çevresinde konuşlandırılmış AFAD kuvvetli yer hareketi istasyonlarının zemin koşulları derlenmiştir. Şekil 2'de çalışma sahası ve çevresindeki istasyonlara ait $V_{s,30}$ değerleri sunulmaktadır.



Şekil 2. Çalışma sahası ve çevresinde bulunan AFAD kuvvetli yer hareketi istasyonlarının üst 30 m'de ortalama kayma dalgası hızı ($V_{s,30}$) değerleri

Figure 2. Average shear wave velocity values in the upper 30m ($V_{s,30}$) for the AFAD strong motion stations within the study area and its surroundings.

Eroğlu Azak, Ay

Şekil 2’de görüldüğü gibi birçok istasyona ait $V_{s,30}$ değerleri Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne (TBDY, 2018) göre ZC zemin sınıfına işaret etmektedir. Bunların dışında az ayrılmış veya orta sağlam kaya zeminleri temsil eden ZB zemin sınıfı ve orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları temsil eden ZD zemin sınıfı zeminlerde konumlandırılmış istasyonların olduğu da görülmektedir.

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde, Türk bina stoku hakkında yapılmış çok sayıda çalışma bulunmamaktadır. Literatürdeki çalışmaların büyük bir kısmı belli bir bina tipi için ve belirli bölgelerdeki bina stoklarını dikkate almaktadır. Türk yapı stoku hakkında yapılmış çalışmalar, çalışma alanları, incelemeye tabi tutulan bina stoku tipi bilgisi ile beraber Çizelge 1’de sunulmaktadır.

Çizelge 1’de görüldüğü gibi literatürde yer alan çalışmalarda Türk bina stoku çoğunlukla bölgesel bazda incelenmiş (örn. Bal vd., 2007;

Bal vd., 2008, Eroğlu Azak vd., 2014, Albayrak vd., 2015, Kaplan vd., 2015, Konukçu vd., 2017), bütünsel olarak ve tüm bina tiplerini kapsayacak şekilde incelemeye sadece bir çalışmada (Ay ve Eroğlu Azak, 2021) rastlanmıştır. Ancak Ay ve Eroğlu Azak (2021) çalışması tüm Türkiye’yi kapsamı nedeniyle il bazında yapılmış, ilçe bazında sonuçlar verilmemiştir. Tüm bina tiplerinin incelendiği Konukçu vd. (2017) çalışması ise taşıyıcı sistem bilgisi içermemekte ve sadece İstanbul için sonuçlar sunmaktadır. Meral (2019) ise bu çalışmada incelenen 10 ilin bazılarında betonarme binalar için istatistikler sunmuştur. Ancak Meral (2019) tarafından sunulan sonuçlar çalışmanın kapsamındaki illerden seçilen 506 adet betonarme binadan derlenmiştir. Bu bağlamda, literatürde bu çalışmada incelenen 10 ile ait bina stoku hakkında ilçe bazında kapsamlı bir çalışmanın olmadığı görülmüştür. Ayrıca literatürde yer alan çalışmaların büyük bir kısmı yapıldıkları yıl itibariyle güncelliklerini yitirmiş durumdadırlar.

Çizelge 1. Türk bina stoku hakkında yapılmış çalışmalar

Table 1. Previous studies on the Turkish building stock

Çalışmanın Adı	İncelenen Bina Tipleri	Çalışma Alanı
Bal vd. (2007)	Betonarme İskelet	Kuzey Marmara Bölgesi
Bal vd. (2008)	Betonarme İskelet	Marmara Bölgesi
Eroğlu Azak vd. (2014)	Betonarme İskelet	İstanbul’un bazı ilçeleri ve Düzce
Albayrak vd., (2015)	Betonarme İskelet	Eskişehir
Kaplan vd. (2015)	Betonarme İskelet	Eskişehir
Konukçu vd. (2017)	Tüm Bina Tipleri (ayrısız)	İstanbul
Meral (2019)	Betonarme İskelet	Osmaniye, Adana, Kahramanmaraş, Gaziantep ve Hatay
Ay ve Eroğlu Azak (2021)	Tüm Bina Tipleri (ayrımli)	Tüm Türkiye

YÖNTEM

TÜİK Bina Stoku Veri Tabanları

Çalışmada incelenen şehirlere ait bina verisi TÜİK'ten elde edilmiştir. TÜİK, Türk yapı stokunun tamamı hakkında bilgi sunan en önemli veri kaynağıdır. 2000 yılına kadar çeşitli aralıklarla yapılan bina sayımları hem yapısal özellikler hem de binaların kullanımına dair bazı parametreler içermektedir. 1992 yılından itibaren yapı izni almış binaların bilgilerini içeren diğer bir kaynak da Yapı İzin İstatistikleridir. Bu çalışmada Bina Sayımı 2000 (2001) ve Türkiye Yapı İzin İstatistikleri (2022) ortak bir biçim belirlenerek birleştirilmiş ve seçilen bina özellikleri için incelemeye tabi tutulmuştur. 2000 Bina sayımı 2000 yılı dahil bina stokunu içermekte, 2001-2021 Yapı İzin İstatistikleri ise 2001 yılının başından itibaren kullanım izni almış binaların sayısını vermektedir. Birleştirilen iki veri tabanı arasındaki sınır yılı 2001 olduğu için bu çalışmada bina stoku yer yer 2001 öncesi ve 2001 sonrası bina stoku olarak da isimlendirilmiştir.

2000 Bina Sayımı

TÜİK tarafından son olarak 2000 yılında yapılan bina sayımında Türkiye genelinde toplam 7,838,675 bina ve 16,235,830 bağımsız birim sayılmıştır. 2000 Bina Sayımı istatistiklerine göre incelemeye tabi tutulan 10 il incelendiğinde ise, 2001 öncesinde toplam 1,117,273 bina olduğu görülmektedir. Bu sayı, 2001 öncesi Türk yapı stokunun yaklaşık %14'nün 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinden en çok etkilenen 10 ilde olduğunu göstermektedir. Dikkate alınan 10 ilde toplam bağımsız birim sayısı 2000 bina sayımı verisinden 1,884,075 olarak elde edilmiştir.

2001-2021 TÜİK Yapı İzin İstatistikleri

2001 yılı itibarıyla yapı ruhsatı sahipleri tarafından "Yapı Kullanma İzin Belgesi" formunun düzenlenmesi zorunlu hale getirilmiştir. Yapı İzin istatistikleri TÜİK tarafından derlenmekte ve kullanıma sunulmaktadır. 2001-2021 yılları arasında yapı kullanım izni almış bina sayısı incelendiğinde Türkiye genelinde toplam 1,844,871 adet bina için izin alındığı belirlenmiştir. Bu çalışmada incelemeye tabi tutulan 10 ilde 2001-2021 yılları arasında yapı kullanım izni almış binaların toplam sayısının ise 144,269 olduğu görülmüştür. Bu bilgiler ışığında incelenen 10 ildeki 2001 sonrası bina stoku aynı zaman dilimi için Türk bina stokunun yaklaşık %8'ine karşılık gelmektedir. Bağımsız birim sayısı olarak bakıldığında ise 10 ilde 2001-2021 yılları arası yapı kullanım izni almış binalarda toplam 974,184 bağımsız birimin olduğu görülmüştür.

2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 Yapı İzin İstatistiklerinin Birleştirilmesi

Bu çalışmanın amaçlarına uygun olarak, incelenen 10 ilde ait bina stoku verisinden kullanım amacı, taşıyıcı sistem tipi, kat sayısı ve binanın yapım yılına bağlı olarak tabii olduğu deprem yönetmeliği bilgisi bina sayısı için ilçe bazında elde edilmiştir. Çalışmada dikkate alınan bu parametreler bina stoklarının deprem davranışının belirlenmesinde temel alınan başlıca parametrelerdir. Bu bağlamda inceleme altındaki 10 ilde ait derlenen parametrelerin ve ikili istatistiklerin bina stokunu temsil edebilecek modellerin oluşturulmasında önem arz ettikleri düşünülmektedir.

2000 Bina Sayımı ve Yapı İzin İstatistikleri biçimsel açıdan ve veri içeriği bakımından farklılıklar göstermektedir. Çalışmada dikkate

alınan kullanım amacı değişkeni için 2000 Bina Sayımı, binaları ikamet amaçlı ve ikamet amaçlı olmayan olarak iki ana grup altında toplamaktadır. Yapı izin istatistikleri ise kullanım amacını daha ayrıntılı olarak işlemekte ve okul, kamu binası, hastane, ibadethane gibi alt başlıklar altında sunmaktadır. Derlenen istatistiklerin ortak bir biçimi olması açısından kullanım amacı, ikamet amaçlı (İA) ve ikamet amaçlı olmayan (İAO) olarak iki grup altında incelenmiştir.

Birleştirilen veri tabanları, yapısal davranışa etki eden başlıca parametrelerden biri olan taşıyıcı sistem tipi için de ortak bir biçime dönüştürülmüştür. 2000 Bina Sayımı, betonarme iskelet taşıyıcı sistemi tek bir başlık altında incelerken Yapı İzin İstatistikleri 2013 sonrasında betonarme iskelet sistemini, çerçevesel betonarme sistem, çerçevesel perdeli betonarme sistem ve betonarme perdeli sistem olarak daha detaylı incelemiştir. 2013 öncesinde tünel kalıp sistemi ayrı bir taşıyıcı sistem olarak ifade edilirken, 2013 sonrasında yapı izin istatistiklerinde betonarme perdeli sistem olarak ele alınmıştır. 2000 Bina Sayımının da tünel kalıp sistemi ayrı bir başlık altında incelediği görülmektedir. Çalışmada, istatistiklerin uyumlulaştırılması açısından betonarme iskelet taşıyıcı sistem için 2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 Yapı İzin İstatistikleri verileri alt başlıklar birleştirilerek betonarme iskelet başlığı altında incelenmiştir. Bunların dışında kalan diğer taşıyıcı sistem tipleri çelik iskelet, ahşap iskelet, yığma, prefabrik, kompozit ve bilinmeyen başlıkları altında ele alınmıştır.

Çalışmada kat sayısı, az katlı, orta katlı ve çok katlı olarak 3 gruba ayrılmış, kat sayısı bilinmeyen binalar için bilinmeyen başlığı eklenmiştir. Az katlı binalar 1-3 kat sayısına sahip binalar olarak, orta katlı binalar ise 4-7 kat arası binalar olarak, çok katlı binalar için ise 8 kat ve üzeri kat sayısına sahip binalar olarak dikkate alınmıştır.

2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 Yapı İzin İstatistikleri ile oluşturulan birleştirilmiş veri tabanı binaların tabii oldukları deprem şartnamesine göre de incelenmiştir. Türkiye’de kullanılan ilk deprem şartnamesi 1940 yılında yürürlüğe giren *Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi*’dir. Bu şartnameden sonra sırasıyla 1944, 1949, 1953, 1962, 1968, 1975, 1998, 2007 ve 2019 yıllarında deprem şartnameleri yürürlüğe girmiştir (Cansız, 2022). Binaların geçmişte tabii oldukları deprem yönetmelikleri, deprem tehlikesi, hesap yöntemleri ve kullanılan malzemelerle ilgili kurallar çerçevesinde incelendiğinde deprem şartnameleri için 4 sınıf belirlenmiştir. Geçmişte yürürlükte olan deprem şartnamelerinden 1975 şartnamesinde öncekilerden farklı olarak ülkenin 4 deprem bölgesine ayrıldığı, deprem kuvvetlerinin hesabı açısından birçok parametrenin dikkate alınarak hesapların detaylı yapıldığı ve önceki yönetmeliklerde görülen eksikliklerin giderilmeye çalışıldığı görülmüştür (Güner, 2020). Bu bağlamda 1975 deprem şartnamesi bu çalışmada şartname sınıfları belirlenirken milat olarak kabul edilmiştir. Buna dayanarak deprem şartname sınıfları için, depreme dayanıklı yapı tasarımına yönelik uygun kuralların olmadığı kabul edildiği “şartname yok” (NC) sınıfı 1975 yılı öncesi binalar için uygulanmıştır. Ancak 2000 Bina Sayımı’nda bina yapım yıllarının 10’ar yıllık zaman dilimlerinde sunulmasından dolayı bu tarih 1979’a çekilerek 1980 öncesi yapılmış binalar NC şartname sınıfına dahil edilmiştir. Bir sonraki şartname sınıfı, yetersiz şartname sınıfı (LC) olarak belirlenmiş, 1980-2000 arasında üretilen binaların bu sınıfa girdiği kabul edilmiştir. Üçüncü şartname sınıfı olarak belirlenen yüksek şartname sınıfı (HC) 2001-2018 yılları arasında inşa edilen binalar için kullanılmış, 2019 ve sonrası binalar ise üstün şartname sınıfı (EC) içerisinde dikkate alınmıştır.

Bu çalışmada sunulan bina stoku verileri, deprem şartname sınıfı ile ilgili verilen istatistiklerden ayrı olarak da her bir incelenen parametre için 2000 Bina Sayımı verisi ve 2001-2021 Yapı İzin İstatistikleri olarak ayrı ayrı sunulacaktır. Burada temel amaç, zaman dilimleri itibariyle gerek mimari gerekse yapısal açıdan büyük farklılıklar gösteren, alınan mühendislik hizmetleri, tabi olunan deprem şartnamelerinin yeterlilikleri, mühendislik tasarım süreci ve yapı denetimi konusunda ayrıştıkları düşünülen binaların ayrımının yapılmasıdır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bina Kullanım Amacına Göre Bina Sayısı

2000 Bina Sayımı ve Yapı İzin İstatistikleri, binaları kullanım amacına göre iki ana başlık altında incelenmiştir. Çalışmada öncelikli olarak

incelemeye tabi tutulan her bir ildeki toplam bina ve daire sayısı hakkında bilgi toplanmıştır. Bu bilgiler daha ayrıntılı olarak kullanım amacına göre ilçe bazında incelenmiştir. Çizelge 2, il bazında toplam bina, toplam bağımsız birim sayısı ve bunların oranlarını sunmaktadır.

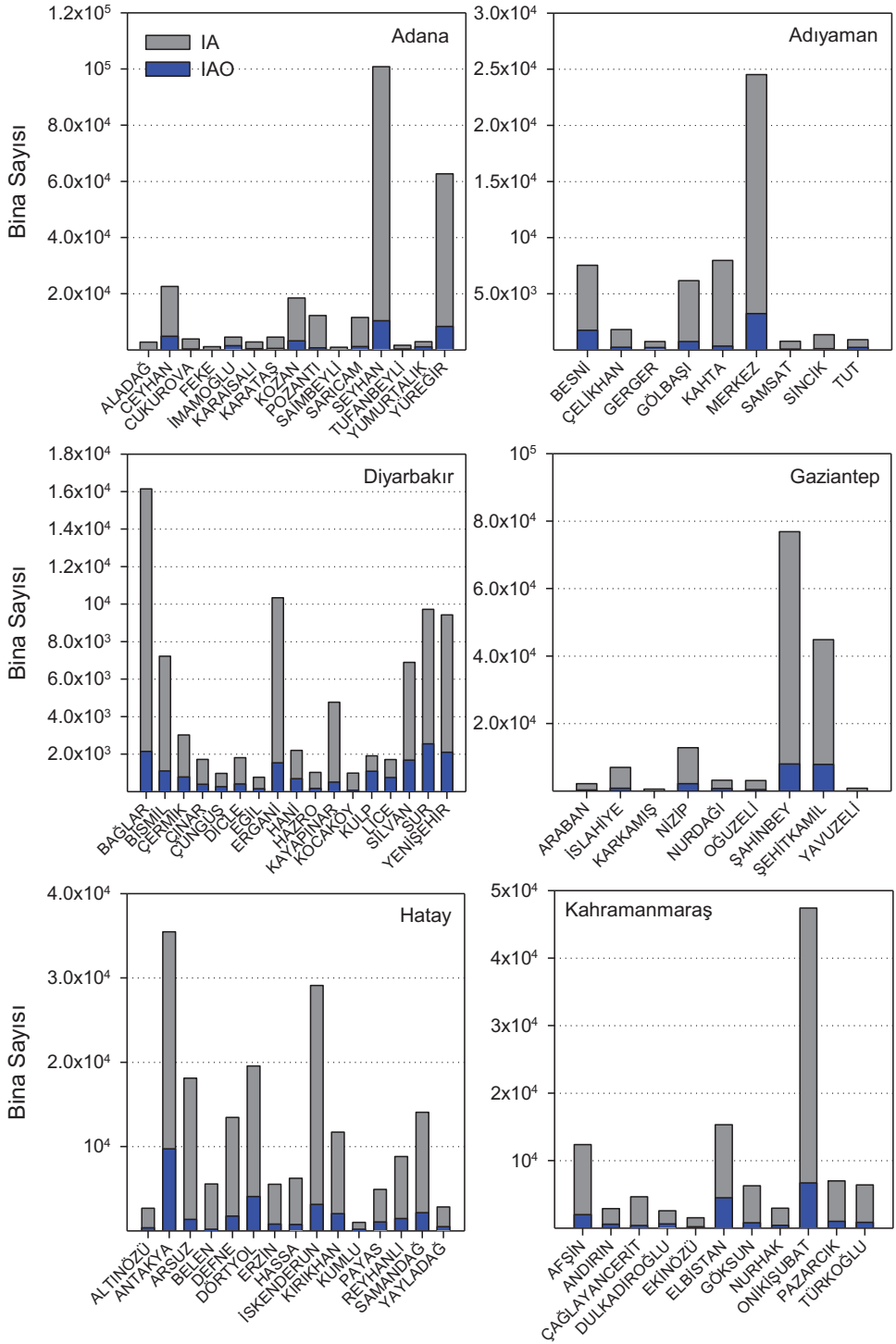
Çizelge 2’de görüldüğü gibi 10 ilde toplam 1,261,542 adet bina bulunmaktadır. İncelenen iller arasında en çok binanın olduğu il Adana’dır. İkinci sırada yer alan Hatay’ı sırasıyla Gaziantep ve Kahramanmaraş takip etmektedir. İncelmeye tabi tutulan iller arasında en az bina sayısına sahip il 15,124 bina ile Kilis’tir. 10 ildeki bina stoku içerisinde bağımsız birim/bina oranları incelendiğinde ise bu oranının ilden ilde farklılıklar gösterdiği ve 1.78 ile 2.79 arasında değiştiği görülmektedir. Her bir ilde ilçe bazında bina sayısı bilgileri ise Şekil 3’te sunulmaktadır.

Çizelge 2. İl bazında bina ve bağımsız birim sayıları

Table 2. Number of buildings and number of dwellings at the city level

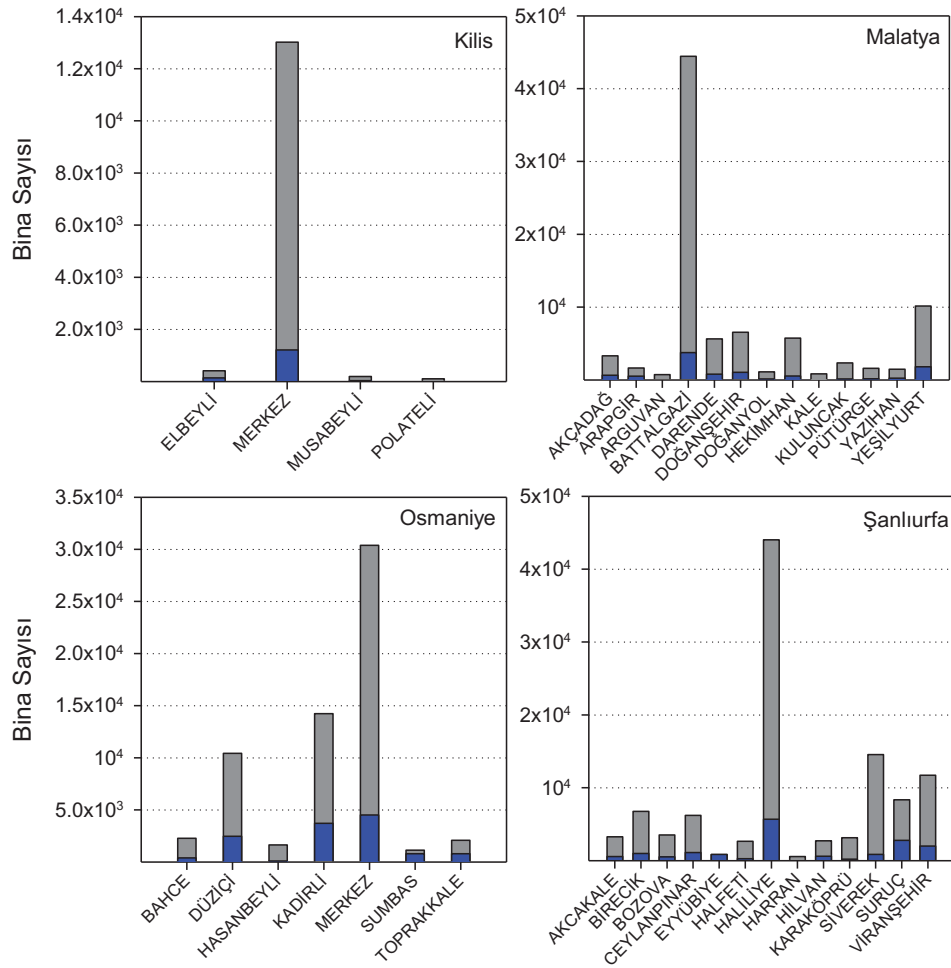
İl Adı	Toplam Bina	Toplam Bağımsız Birim	Bağımsız Birim/Bina
Adana	287,094	649,631	2.26
Adıyaman	58702	119,819	2.04
Diyarbakır	97,052	270,303	2.79
Gaziantep	172,148	452,981	2.63
Hatay	208,676	441,659	2.12
Kahramanmaraş	127,446	267,609	2.10
Kilis	15,124	32,868	2.17
Malatya	95,557	240,997	2.52
Osmaniye	74,950	133,776	1.78
Şanlıurfa	124,793	248,616	1.99
Toplam	1,261,542	2,858,259	2.27

Eroğlu Azak, Ay



Şekil 3. İlçe bazında kullanım amacına göre bina sayıları

Figure 3. Number of buildings in terms of usage purpose at the district level

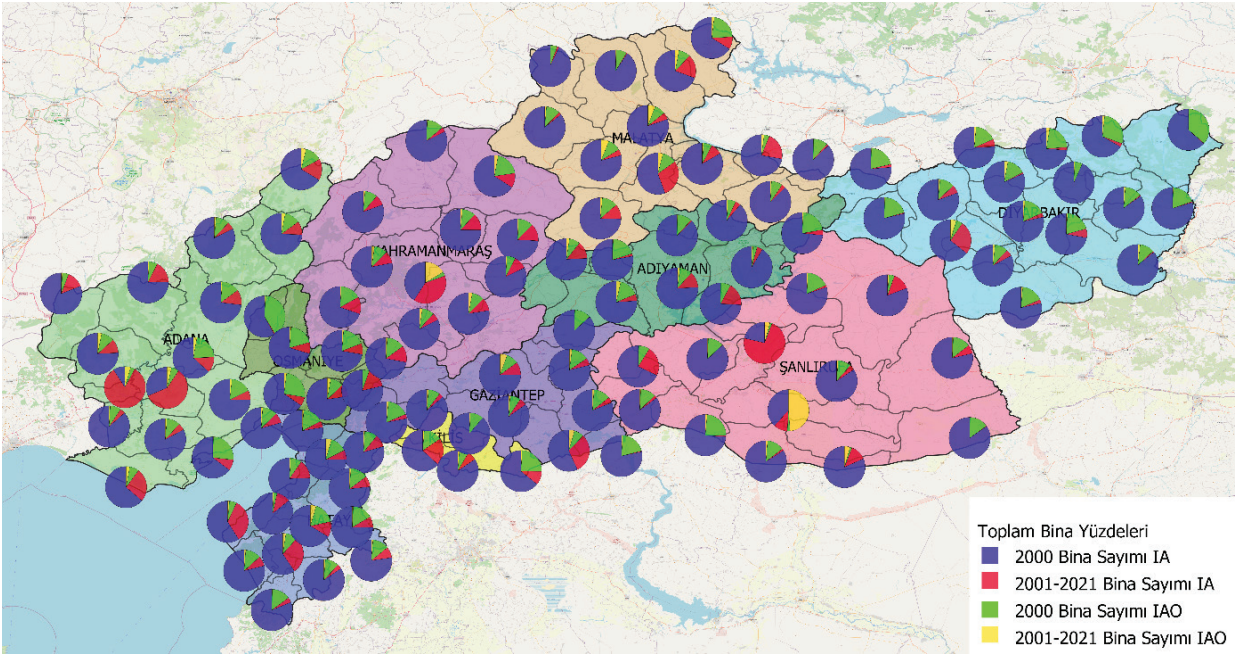


Şekil 3. İlçe bazında kullanım amacına göre bina sayıları (devam)

Figure 3. Number of buildings in terms of usage purpose at the district level (continued)

10 ildeki bina stoku, 2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 Yapı İzin İstatistikleri için kullanım amacına göre ayrı ayrı olarak da incelenmiştir. Şekil 4, bu incelemeyi ilçe bazında sunmaktadır. Şekil 4'te görüldüğü gibi 10 ildeki bina stokunun büyük bir kısmını 2001 öncesi yapılan binalar oluşturmaktadır. Ancak Şanlıurfa'nın Karaköprü

ilçesinde, Kahramanmaraş'ın Dulkadiroğlu ilçesinde ve Adana'nın Sarıçam ve Çukurova ilçelerinde yeni yapı stokunun daha fazla sayıda bina içerdiği dolayısıyla bu ilçelerdeki bina stokunun diğer ilçelere göre daha genç olduğu söylenebilir.



Şekil 4. Kullanım amacına göre 2001 öncesi ve sonrası bina stokunun ilçe bazında oranları

Figure 4. Ratios of pre-2001 and post-2001 building stocks by usage purpose at the district level

Bağımsız Birim Sayısı

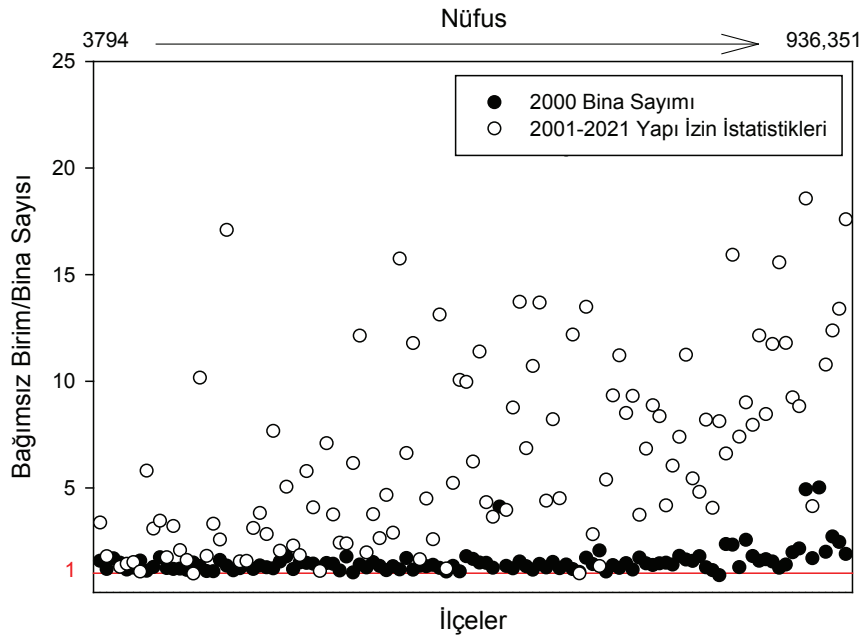
2000 Bina Sayımına göre incelenen 10 ilde ikamet amaçlı kullanılan binalardaki bağımsız birim sayısının bina sayısına oranı 1.9 olarak elde edilmiştir. İkamet amaçlı olmayan binalardaki bağımsız birim sayısının bina sayısına oranı ise 0.21 olarak hesaplanmıştır. Bağımsız birim sayısının bina sayısına oranları ayrıca ilçe bazında da incelenmiştir. Şekil 5, ikamet amaçlı binalar için bağımsız birim sayısı/bina sayısını ilçe bazında 22001 öncesi ve sonrası için ayrı ayrı olarak iki zaman diliminde sunmaktadır. Şekil 5'te ilçe bazında gösterilen bağımsız birim sayısı/bina sayısı oranı ilçelerin nüfuslarına göre soldan sağa doğru artan şekilde sıralanmıştır.

Şekil 5'te görüldüğü üzere bağımsız birim/bina sayısı 2001 öncesi ve 2001-2021 arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Elde edilen

sonuçlar 2001 sonrası nispeten yeni bina stokunun çok katlı ve daha fazla sayıda bağımsız birim içerdiğini ortaya koymaktadır.

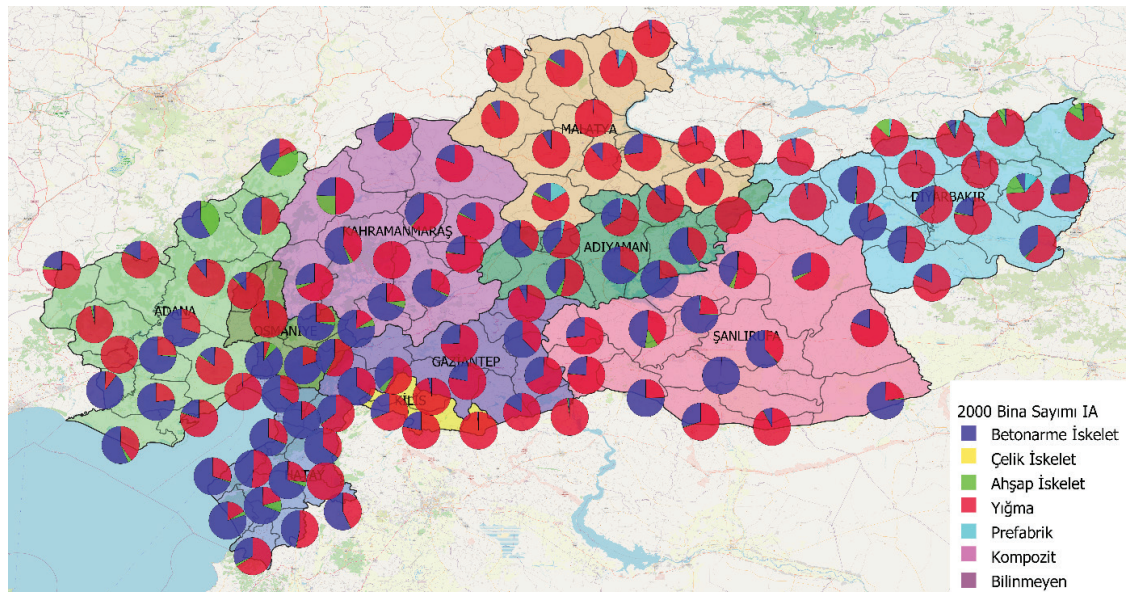
Taşıyıcı Sistem Tipi

Binaların taşıyıcı sistem tipine göre dağılımları kullanım amacına göre ve 2001 öncesi ve sonrası ayrımı gözetilerek ikili sorgulama ile incelenmiştir. Şekil 6, 2000 Bina sayımına göre ikamet amaçlı binaların taşıyıcı sistem tipini ilçe bazında ele almaktadır. 2001-2021 ikamet amaçlı bina stokunun ilçe bazında taşıyıcı sistem tipine göre dağılımları ise Şekil 7'de gösterilmektedir. Aynı istatistiklerin ikamet amaçlı olmayan binalar için dağılımları ise 2001 öncesi ve sonrası için sırasıyla Şekil 8 ve Şekil 9'da sunulmaktadır.



Şekil 5. İlçe bazında ikamet amaçlı binalar için bağımsız birim sayısı/bina sayısı

Figure 5. The ratio of number of independent units to number of buildings for residential buildings at the district level



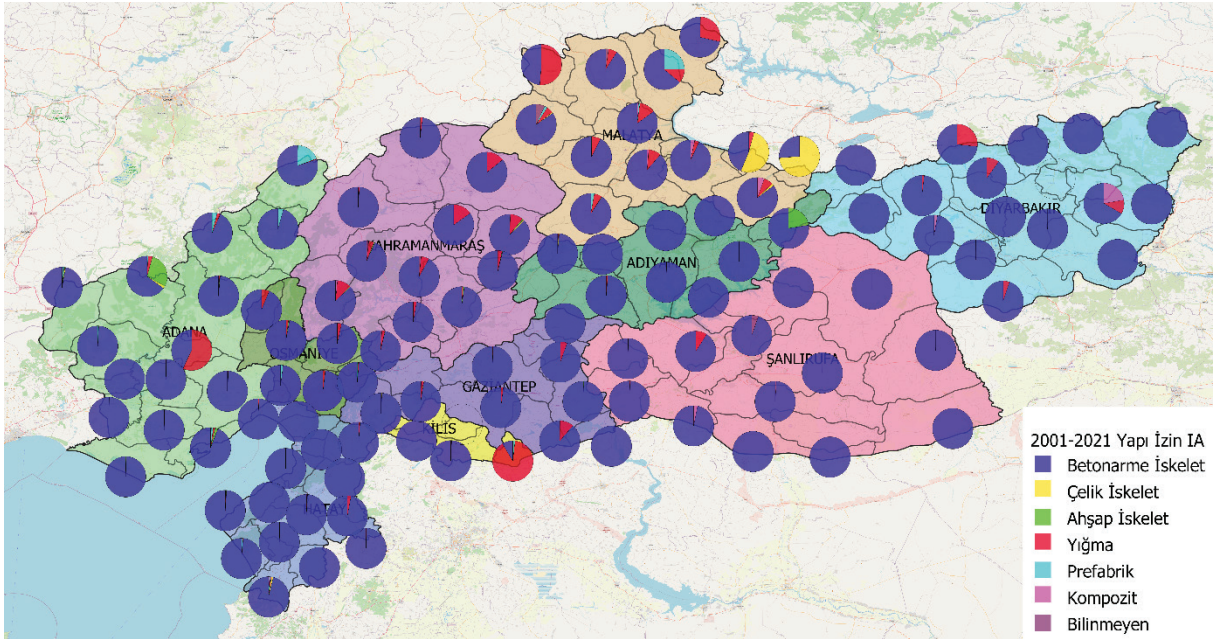
Şekil 6. İlçe bazında 2001 öncesi bina stokunda ikamet amaçlı binaların taşıyıcı sistem tipine göre yüzdeleri

Figure 6. Percentages of residential buildings by structural system type in pre-2001 building stock at the district level

Şekil 6’da sunulan sonuçlar 2001 öncesi bina stokunda yer alan binaların taşıyıcı sistem tipinin ağırlıklı olarak yığma taşıyıcı sistem olduğunu göstermektedir. Bununla beraber, özellikle Hatay’ın birçok ilçesinde ve Adana, Osmaniye, Adıyaman, Şanlıurfa, Diyarbakır ve Kahramanmaraş’ın bazı ilçelerinde betonarme iskelet taşıyıcı sistem tipinin daha ağırlıklı olduğu görülmektedir. Bu durum, bu ilçelerde yer alan binaların nispeten 2001 yılına daha yakın zaman dilimlerinde inşa edildikleri ve bu nedenle iskelet taşıyıcı sisteme sahip oldukları şeklinde açıklanabilir. Ayrıca Şekil 6, 2001 öncesi bina stoku için Adana’nın Feke ve Tufanbeyli ilçelerinde ve Kahramanmaraş’ın Göksun ilçesinde ahşap iskelet taşıma sisteminin büyük oranda tercih edildiğini de göstermektedir. Malatya Doğanşehir’de ise 2001 öncesi yapı

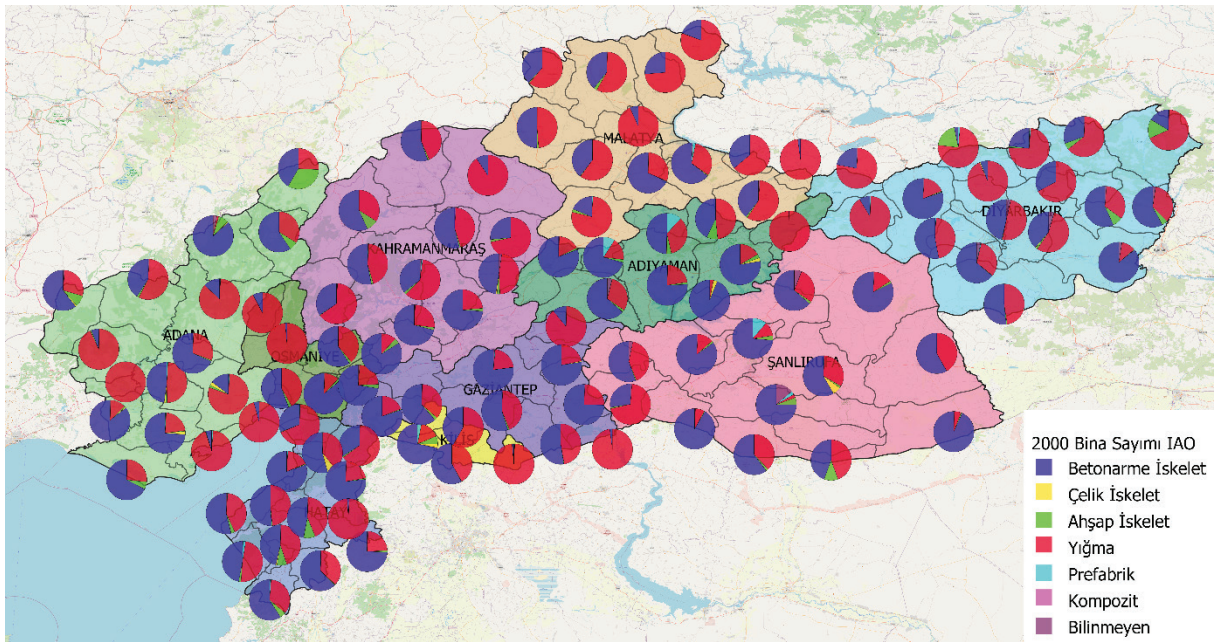
stokunda belirgin sayıda prefabrik binanın bulunduğu görülmektedir.

Şekil 7, genel olarak betonarme iskelet taşıyıcı sistemin 2001 sonrası bina stokunda büyük oranda tercih edildiğini göstermektedir. Bununla beraber, Kilis’in Elbeyli ilçesinde, Adana’nın İmamoğlu ilçesinde, Malatya’nın Kuluncak ilçesinde ve Diyarbakır’ın Lice ilçesinde yığma taşıyıcı sistem tercihinin iskelet taşıyıcı sisteme kıyasla halen daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlar, çelik iskelet taşıyıcı sistemin Malatya’nın Kale ve Doğanyol ilçelerinde oldukça ağırlıklı olduğuna da işaret etmektedir. Ayrıca bazı ilçelerde ahşap iskelet sistemin (Adana-Aladağ) ve kompozit taşıyıcı sistem tipinin (Diyarbakır-Hazro) belirgin şekilde tercih edildiği görülmüştür.



Şekil 7. İlçe bazında 2001 sonrası bina stokunda ikamet amaçlı binaların taşıyıcı sistem tipine göre yüzdeleri

Figure 7. Percentages of residential buildings by structural system type in post-2001 building stock at the district level



Şekil 8. İlçe bazında 2001 öncesi bina stokunda ikamet amaçlı olmayan binaların taşıyıcı sistem tipine göre yüzdeleri
 Figure 8. Percentages of nonresidential buildings by structural system type in pre-2001 building stock at the district level

Şekil 8, 2001 öncesi bina stokunda ikamet amaçlı olmayan binaların taşıyıcı sisteminin çoğunlukla yığma taşıyıcı sistem tipinde olduğunu göstermektedir. Ancak birçok ilçede yığma ve betonarme iskelet taşıyıcı sistem oranlarının birbirlerine yakın oldukları da görülmektedir. Bu tercih, çoğunlukla taşıyıcı sistem tercihlerinin kullanım amacından etkilendiğine de işaret etmektedir.

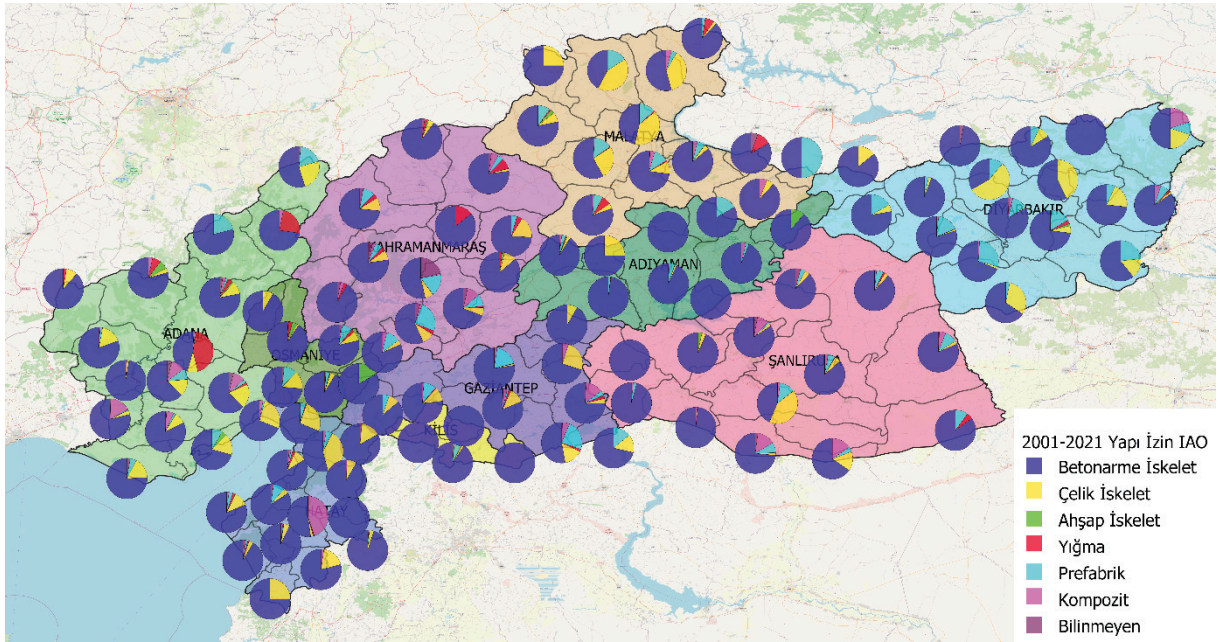
Şekil 9’da sunulan sonuçlar ışığında 2001 sonrası ikamet amaçlı olmayan bina stokunda yığma taşıyıcı sistemin neredeyse tamamen terk edildiği sadece birkaç ilçede belirgin oranlarda yığma taşıyıcı sisteme sahip bina olduğu görülmektedir. Ayrıca, çelik iskelet sisteminin 2001 sonrası ikamet amaçlı olmayan binalarda fazlaca tercih edildiği görülmüştür. Bu durum, ikamet amaçlı olmayan binaların büyük bir kısmının ticari amaçlı oldukları ve dolayısıyla fabrika türü yapıya sahip olmalarından dolayı

çelik taşıyıcı sisteminin tercih edilmesiyle açıklanabilir. Şekil 9 ayrıca, prefabrik taşıyıcı sistemin 2001 sonrasında daha da yaygınlaştığına işaret etmektedir.

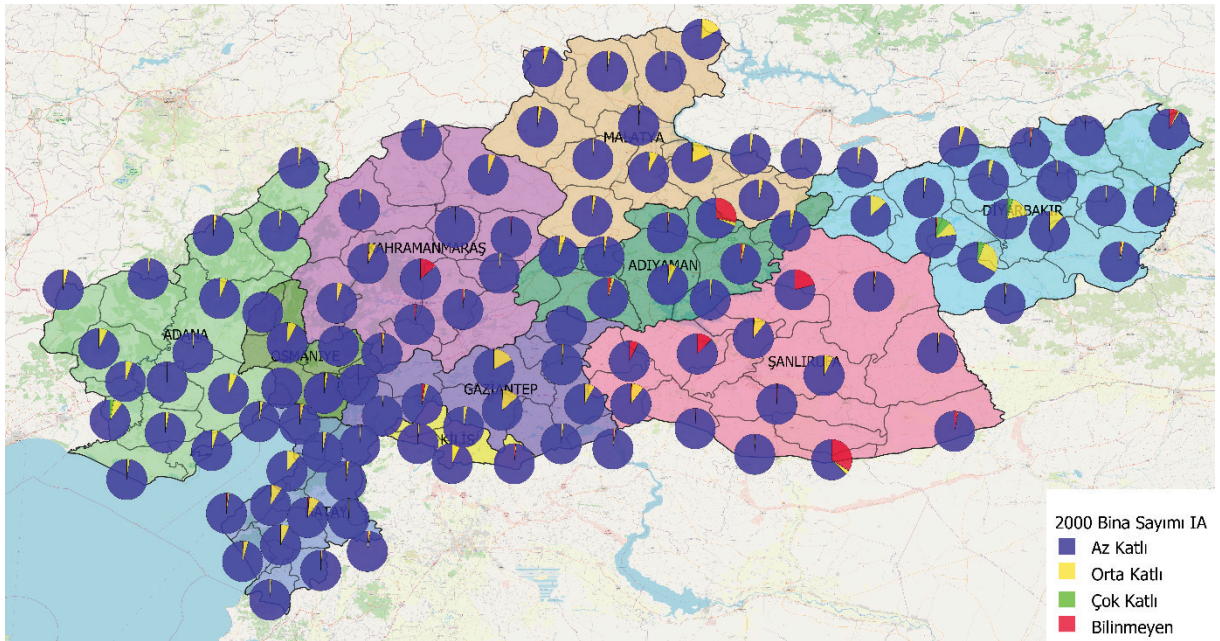
Kat Sayısı

Çalışmada incelenen bina stoku kat sayısı bazında da incelemeye tabi tutulmuştur. Bu amaca yönelik olarak, bina stoku, az katlı, orta katlı ve çok katlı bina sınıflandırılmasına göre ilçe bazında 2001 öncesi ve sonrası için sırasıyla Şekil 10 ve Şekil 11’de sunulmaktadır. Şekil 10 ve 11’de gösterilen sonuçlar sadece ikamet amaçlı kullanılan binalardan derlenmiştir. Çalışmanın yapıldığı 10 ilde ikamet amaçlı olmayan binaların yaklaşık %95’i az katlı binalardan oluşmaktadır. Bu nedenle, ikamet amaçlı olmayan binaların kat sayısı istatistiklerinin çizilmesine gerek duyulmamıştır.

Eroğlu Azak, Ay



Şekil 9. İlçe bazında 2001 sonrası bina stokunda ikamet amaçlı olmayan binaların taşıyıcı sistem tipine göre yüzdeleri
 Figure 9. Percentages of nonresidential buildings by structural system type in post-2001 building stock at the district level



Şekil 10. İlçe bazında 2001 öncesi bina stokunda ikamet amaçlı binaların kat sayısına göre yüzdeleri
 Figure 10. Percentages of residential buildings by number of floors in pre-2001 building stock

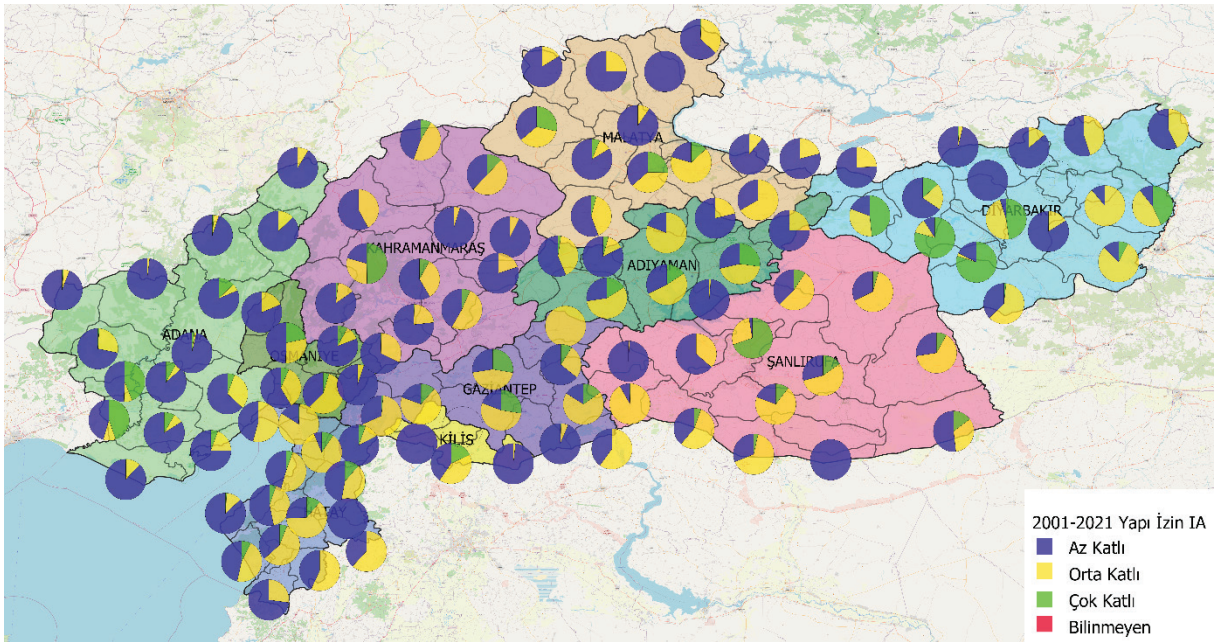
Şekil 10, 2001 öncesi bina stokunun büyük oranda az katlı binalardan oluştuğuna işaret etmektedir. Bazı ilçelerdeki bilinmeyen kat sayısına sahip binaların ise çok eski bina stokuna dahil oldukları ve bu nedenle az katlı olma ihtimallerinin yüksek olduğu düşünülebilir. Şekil 10 ayrıca, 2001 öncesi yapı stokunda çok katlı binaların neredeyse hiç olmadığına işaret etmektedir.

Şekil 11, 2001 sonrası bina stokunun birçok ilçede orta katlı binalardan oluştuğunu göstermektedir. Bununla beraber halen bazı ilçelerde az katlı binaların da bina stoku içerisinde büyük oranlara sahip oldukları görülmektedir. Şekil 11 ayrıca, Adana'nın Seyhan ve Çukurova ilçelerinde Kahramanmaraş'ın Onikişubat ilçesinde, Gaziantep'in Şehitkamil ve Şahinbey

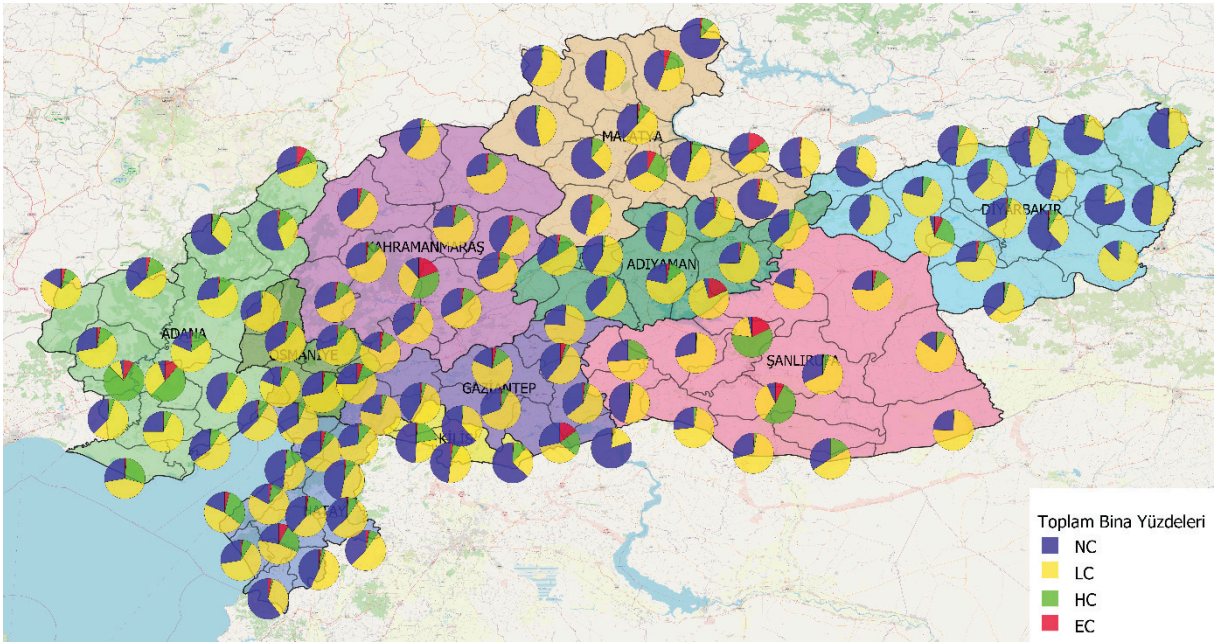
ilçelerinde, Malatya'nın Darende ve Yeşilyurt ilçelerinde, Şanlıurfa'nın Karaköprü ilçesinde, Adıyaman merkezde ve Kahta ilçesinde, Diyarbakır'ın Kayapınar, Bağlar ve Yenişehir ilçelerinde büyük oranda çok katlı bina bulunduğu da işaret etmektedir.

Binaların Tabi Oldukları Deprem Yönetmelikleri

Çalışmada derlenen bina stoku ayrıca inşaat yılına göre tabi olunan deprem yönetmelikleri açısından da incelenmiştir. Bu amaca yönelik oluşturulan 4 yönetmelik sınıfı için tüm binaların dağılımları ilçe bazında Şekil 12'de sunulmaktadır.



Şekil 11. İlçe bazında 2001 sonrası bina stokunda ikamet amaçlı binaların kat sayısına göre yüzdeleri
Figure 11. Percentages of residential buildings by number of floors in post-2001 building stock



Şekil 12. İlçe bazında 10 ildeki bina stokunun için deprem yönetmeliği sınıfı dağılımları

Figure 12. Distribution of building stock in terms of seismic code classes in 10 provinces at the district level

Şekil 12, derlenen 10 ilin bina stokunda yer alan binaların önemli bir kısmının depreme dayanıklı yapı tasarımına yönelik uygun kuralların olmadığı kabul edildiği “şartname yok” (NC) sınıfında yer aldığını göstermektedir. Bu durum depremlerde yaşanan can ve mal kayıplarının büyüklüğünü bir anlamda açıklamaktadır. Günümüz deprem şartnamesine göre farklılıklarından ve eksikliklerinden dolayı yetersiz şartname sınıfına (LC) dahil edilen binaların ise genel olarak çoğunlukta olduğu görülmektedir. 2000 sonrası bina yönetmeliklerine tabi binaların ise yerleşimin daha genç olduğu bazı ilçelerde ağırlıklı olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, bu ilçelerde deprem sonrası bina hasar durumlarının incelenmesi de önemli bir araştırma konusudur.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan depremlerinin büyük yıkıma sebep olduğu 10 ildeki bina stokunun genel özellikleri derlenmiştir. Bu hedefe yönelik olarak da 2000 Bina Sayımı ve 2001-2021 yılları arasında yapı kullanım izni almış binaların verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veri tabanları, bina kullanım amacı, taşıyıcı sistem tipi, kat sayısı ve tabi olunan deprem yönetmeliği sınıfı ana başlıkları altında incelenmiştir. İncelenen parametreler, yapıların deprem riski ve kayıp hesaplarında oluşturulacak modellerde başlıca öneme sahip parametreler olarak değerlendirilmektedir. Çalışmada derlenen veri tabanları 2001 öncesi ve 2001 sonrası bina stoku ayrımı yapılarak ilçe bazında incelemeye tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar 10 ilde 2001 öncesi ve sonrası bina stokunun büyük değişimler gösterdiğini ortaya

koymaktadır. Çalışmada incelen parametrelere göre elde edilen toplam bina sayısının, bunların ilçe bazında dağılımlarının ve bağımsız birim sayısı bilgisinin, çalışma alanı için gerçekçi bina stoku verisinin oluşturulmasında ve deprem kayıp hesaplarının güncellenmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ay, B. Ö., ve Eroğlu Azak, T. (2021). Türkiye’de Değişen Yapı Özelliklerinin Karşılaştırmalı İncelemesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 36(4), 1111–1126.
- Albayrak, U., Canbaz, M., Albayrak, G. (2015). A Rapid Seismic Risk Assessment Method for Existing Building Stock in Urban Areas, *Procedia Engineering*, 118, 1242-1249.
- Bal, I.E., Crowley, H., Pinho, R., Gülay, F.G. (2007). Structural Characteristics of Turkish RC Building Stock in Northern Marmara Region for Loss Assessment Applications. IUSS Press, Pavia.
- Bal, I.E., Crowley, H., Pinho, R., Gülay, F.G. (2008). Detailed Assessment of Structural Characteristics of Turkish RC Building Stock for Loss Assessment Models. *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, 28(10-11), 914–932.
- Bina Sayımı 2000 (2001). Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey-a synthesis. *Geodynamica Acta* 14, 3-30.
- Cansız, S. (2022). Türkiye’de Kullanılan Deprem Yönetmeliklerinin Özellikleri ve Deprem Hesabının Değişimi. 14(1), 58-71. doi: 10.29137/umagd.948025
- Duman, T.Y., Emre, O. (2013). The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. *Geol Soc London, Spec Publ* 372:495–529. doi: 10.1144/SP372.14
- Emre, Ö., Duman T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun Ş., ve Şaroğlu, F., (2013). Türkiye Diri Fay Haritası, MTA.
- Eroğlu Azak T., Ay, B.Ö., Akkar, S. (2014). A Statistical Study on Geometrical Properties of Turkish Reinforced Concrete Building Stock. 2nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, August 24-29, İstanbul, Türkiye.
- Güner, B. (2020). Türkiye’deki deprem hasarlarına dönemsel bir yaklaşım; 3 dönem 3 deprem. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 25(43), 139–152.
- Hempton, M. R. (1987). Constraints on Arabian Plate motion and extensional history of the Red Sea, *Tectonics*,6(6),687–705, doi:10.1029/TC006i006p00687.
- Kaplan, O., Güney, Y., Cengiz, A.E., Özçelikörs, Y., ve Topçu, A. (2015). Eskişehir İli Bina Envanterinin Yapısal Kusurları ve Düzensizlikler Bakımından İrdelenmesi, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim 2015, İzmir, Türkiye.
- Konukcu, B.E., Karaman, H., & Şahin, M. (2017). Determination of Building Age for Istanbul Buildings to be Used for the Earthquake Damage Analysis According to Structural Codes by Using Aerial and Satellite Images in GIS, *Nat. Hazards*, 85(3), 1811-1834.
- Meral, E. (2019). Evaluation of Structural Properties of Existing Turkish RC Building Stock. *Iran J Sci Technol Trans Civ Eng* 43, 445–462 (2019). <https://doi.org/10.1007/s40996-018-0207-z>
- Özacar, A., Uzel, B., Bozkurt, E., Sançar, T., Sopacı, E., Kaymakçı, N., Rojay, B., Gülerce, Z., Kıncal, C., ve Gregory, L. (2023). Bölgesel Tektonizma ve Sismik Kaynak, 6 Şubat 2023, Kahramanmaraş-Pazarcık (Mw=7.7) ve Elbistan (Mw=7.6) Depremleri, Ön değerlendirme Raporu: Bölüm 2, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi.
- Türkiye Yapı İzin İstatistikleri (2022). Türkiye İstatistik Kurumu.
- Westaway, R., (1994). Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean, *Journal of Geophysical Research*, 99:12071-12090.

Eroğlu Azak, Ay

Westaway R., Arger, J. (1996). The Gölbaşı basin, southeastern Turkey: a complex discontinuity in a major strike-slip fault zone. *Journal of the Geological Society*; 153 (5): 729–744. doi: <https://doi.org/10.1144/gsjgs.153.5.0729>

Teknik Not / Technical Note

Basen ve Yakın Fay Etkilerinin Deprem Yer Hareketi Üzerindeki Etkileri, Kahramanmaraş Pazarcık Depremi Antakya Kayıtlarının Değerlendirilmesi

Basin and Near-Fault Effects on Earthquake Ground Motions: An Evaluation of the Antakya Records of the Kahramanmaraş Pazarcık Earthquake

Nihat Sinan IŞIK

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

Geliş (Received): 18 Mayıs (May) 2023 / Düzeltme (Revised): 12 Haziran (June) 2023/ Kabul (Accepted): 13 Haziran (June) 2023

ÖZ

Yeryüzünde bir sahada oluşan deprem yer hareketi, fayın kırılma mekanizmasına, sismik kabuğun yapısına ve yüzeye yakın zeminler ile yumuşak kayaların özelliklerine bağlıdır. Yüzeğe yakın zeminlerin ve yumuşak sedimanter kayaların deprem kaynağından uzak mesafelerde bile önemli ölçüde yapı hasarlarına yol açabildikleri bilinmektedir. Ülkemizde son dönemlerde yaşanan depremlerde de bu durum gözlenmiştir. 30 Ekim 2020 tarihinde Ege Denizinde Sisam Adası açıklarında meydana gelen 6,9 moment büyüklüğündeki deprem, merkez üssünden yaklaşık 70 km uzaklıkta olan İzmir Bayraklı ilçesinde yoğun hasara yol açmıştır. 06 Şubat 2023 tarihinde merkez üssü Kahramanmaraş Pazarcık olan 7,7 moment büyüklüğündeki deprem geniş alanlarda oldukça büyük can kaybı ve yıkıma yol açmıştır. Kahramanmaraş Pazarcık depreminin Hatay, Antakya bölgesinde oluşturduğu yer hareketlerinin tepki spektrumları Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde tarif edilen tasarım tepki spektrumlarının çok üzerinde çıkmıştır. Bu çalışmada deprem yer hareketlerini etkileyen saha etkileri ve yakın fay etkileri özetlenmiş, Kahramanmaraş ili Pazarcık ilçesinde 7,7 büyüklüğünde meydana gelen depremin Hatay bölgesinde oluşturduğu kayıtlardan bazıları incelenmiş ve olası basen etkileri ile yakın saha etkileri açısından değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Basen Etkisi, Yakın Fay Etkileri, Zemin Büyütmesi

ABSTRACT

Earthquake ground motion on a site depends on the fault rupture mechanism, the structure of the crust, and the properties of the near-surface soils and soft rocks. It is known that near-surface soils and soft sedimentary rocks can cause significant structural damage even at great distances from the earthquake source. This phenomenon was observed in recent earthquakes in our country. The 6.9 magnitude earthquake that occurred off the coast of Samos Island in the Aegean Sea on October 30, 2020, caused extensive damage in the İzmir Bayraklı district, which is approximately 70 km from the epicenter. On February 6, 2023, the 7.7 moment magnitude Kahramanmaraş Pazarcık earthquake caused great loss of life and destruction in large areas. The response spectra of the ground motions created by the Kahramanmaraş Pazarcık earthquake in the Antakya region of Hatay, were far above the design response spectra defined in the Turkish Building Earthquake Code. In this study, the site effects affecting the earthquake ground motions and the near-fault effects are summarized. Some of the ground motion records recorded during the 7.7 magnitude Kahramanmaraş Pazarcık earthquake in the Hatay region were examined and evaluated in terms of possible basin effects and near field effects.

Keywords: Earthquake, Basin Effect, Near-Fault Effects, Soil Amplification

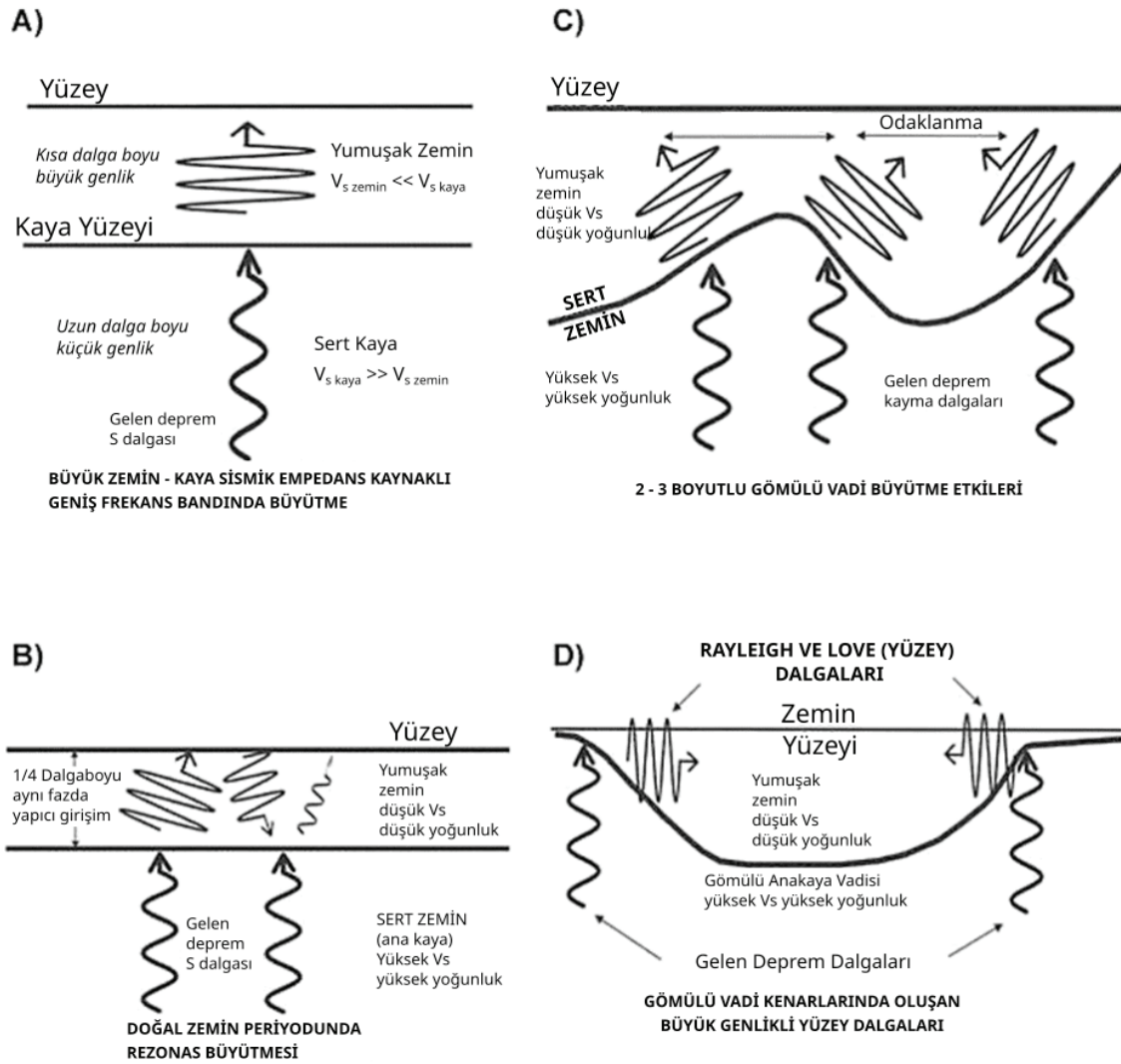
GİRİŞ

Deprem yer hareketi, fayın kırılma mekanizmasına, sismik dalgaların içerisinden geçtiği kabuğun yapısına ve yüzeye yakın zeminlerin ve yumuşak kayaların özelliklerine bağlıdır. Yüzeye yakın zeminlerin ve genç sedimanter kayaların deprem yer hareketi üzerindeki etkisi zemin büyütmesi – zemin tepkisi olarak isimlendirilmektedir. Zemin büyütmesi olayı 30 Ekim 2020 tarihinde Ege Denizinde Sisam Adası açıklarında meydana gelen 6,9 moment büyüklüğündeki depremde, merkez üssünden yaklaşık 70 km uzaklıkta olan İzmir Bayraklı ilçesinde yoğun hasara yol açmıştır. Deprem yer hareketi ayrıca faya yakın alanlarda, faya uzak alanlara kıyasla önemli farklılıklar içermektedir. Literatürde faya yaklaşık 10 km mesafede olan alanlar yakın alan olarak isimlendirilmektedir. Yakın fay alanında oluşan deprem yer hareketi kayıtlarında, maksimum düşey ivmenin maksimum yatay ivmeye oranının yüksek olması, hız zaman kayıtlarında hız darbesinin gözlemlenmesi, kalıcı yer değiştirme etkileri (fling step) ve yer hareketlerinde burulma bileşenlerinin varlığı gibi etkiler görülebilmektedir. Bu etkiler de yakın fay alanlarında daha büyük yıkıma yol açabilmektedir. Bu çalışmada deprem yer hareketlerini etkileyen saha etkileri ve yakın fay etkileri özetlenmiş, 06.02.2023 tarihi 04.17’de Kahramanmaraş ili Pazarcık ilçesinde 7,7 moment büyüklüğünde meydana gelen depremin Hatay bölgesinde oluşturduğu kayıtlardan bazıları incelenmiş ve olası basen etkileri ile yakın fay etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

DEPREM YER HAREKETİ ÜZERİNDE ZEMİN BÜYÜTMESİ ETKİSİ

Deprem yer hareketi, fayın kırılma mekanizmasına, sismik dalgaların içerisinden geçtiği kabuğun yapısına ve yüzeye yakın zeminlerin ve yumuşak kayaların özelliklerine bağlıdır. Yüzeye yakın zeminlerin ve genç sedimanter kayaların deprem yer hareketi üzerindeki etkisi zemin büyütmesi olarak isimlendirilmektedir. Zemin büyütme etkileri bir boyutlu ve iki – üç boyutlu etkiler olarak sınıflandırılabilir. Bir boyutlu etkiler, birbirini izleyen farklı yoğunluk ve kayma dalgası hızına sahip tabakaların empedans farkı nedeniyle sismik dalgaların genliklerinin artması, tabakaların doğal titreşim periyotlarındaki yer hareketlerini büyütme sebebiyle oluşan kısmi rezonans etkileridir. Sedimentasyon sırasında oluşan gömülü vadiler – basenler ise genellikle yüksek yoğunluk ve kayma dalgası hızına sahip kayalar ile sınırlandırılmış, daha düşük yoğunluk ve kayma dalgası hızına sahip yapılardır. Bu tür basenlerde iki ve üç boyutlu yapılar nedeniyle ilave zemin büyütme etkileri oluşmaktadır. Şekil 1’de sağlam zemin üzerinde bulunan yumuşak zeminlerin deprem yer hareketini büyütme mekanizmaları gösterilmiştir.

Basen etkileri terimi, konveks çöküntüleri dolduran yumuşak sedimanter çökellerdeki hapsolmuş yankılanan deprem dalgalarını ifade eder (Ayoubi vd., 2021). Basen etkileri dalgaların frekans içeriğini ve süresini önemli ölçüde değiştirir. Basen kenarlarında yüzey dalgaları oluşur. Ayrıca basen geometrisinden kaynaklanan sismik dalgaların odaklanarak şiddetlendiği alanlar da oluşabilmektedir.



Şekil 1. (a), (b), (c), ve (d) Sağlam zemin üzerinde bulunan yumuşak zeminlerin deprem yer hareketini büyütme mekanizmalarının şematik gösterimi (Hunter vd., 2010'dan değiştirilerek).

Figure 1. (a), (b), (c), and (d) Schematic representation of earthquake ground motion amplification mechanisms of soft soils on solid ground (modified from Hunter et al. 2010).

Basen etkileri geçmişteki $M_w=8,0$ 1985 Michoacan Meksika, $M_w 6,9=1995$ Kobe Japonya ve $M_w=7,8$ 2015 Gorkha Nepal gibi depremlerde sarsıntı şiddeti ve süresi üzerinde önemli rol oynamıştır (Ayoubi vd., 2021). Basen etkilerinin varlığı, dünya çapındaki birkaç test sahasının deneysel verilerinden de elde edilmiştir.

Çeşitli örnekler, Kuzey Yunanistan'daki Volvi havzasındaki Euroseistest (Chavez-Garcia vd., 2000; Raptakis vd., 2000), Japonya'daki Ashigara vadisi (Kudo vd., 1988; Kudo ve Sawada 1998), Japonya'daki Ohba vadisi (Tazoh vd., 1984; Gelagoti vd., 2007) şeklinde sayılabilir.

Zemin Tepkisinin Belirlenmesi

Yüzeğe yakın zeminlerin ve yumuşak kayaların, deprem dalgalarına etkisinin belirlenebilmesi için literatürde saha ölçümleri ve analitik - sayısal yaklaşımlar bulunmaktadır. Saha ölçümleri ve deneysel çalışmalarda gerçek depremlerde alınmış kuvvetli veya zayıf yer hareketi kayıtlarının değerlendirilmesi yapılmaktadır. Alternatif bir yöntem ise çok küçük titreşimler olarak tanımlanan mikrotremor kayıtlarının Fourier - spektral analizidir. Analitik - sayısal yöntemler ise saha etkilerin bir, iki veya üç boyutlu sayısal analiz (transfer fonksiyonları, sonlu elemanlar, sonlu farklar) yöntemleriyle incelenmesini kapsamaktadır.

Deprem kayıtlarının zemin büyütmesinin değerlendirilmesinde kullanan yaygın bir ölçüm yöntemi Borchardt (1970) tarafından önerilen spektral oran yöntemidir. Spektral oran (SSR) zemin yüzeyi kaydının Fourier spektrumunun genliğinin referans anakaya kaydının Fourier spektrumunun genliğine oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu şekilde transfer fonksiyonu elde edilmektedir. Kullanılan kayıtlar aynı depremin farklı yerlerde kaydedilmiş kayıtları olmalıdır. Bu yöntem sadece iki saha arasındaki mesafenin depremin kaynağına göre merkez üstü mesafesinden çok daha küçük olduğu durumda geçerli olmaktadır. Basitliği nedeniyle oldukça yaygın kullanılan bir spektral oran yöntemi, zemin büyütmesi tahmininde sadece bir istasyondaki kaydın kullanıldığı Nakamura yöntemidir. Bu yöntemde (HVSR) zemin büyütmesinin tahmininde bir noktada kaydedilen yer hareketinin yatay genliğinin düşey genliğine olan oranı (H/V) kullanılmaktadır. Bu yöntemin temel varsayımı yer hareketinin yatay bileşenlerinin zemin özelliklerinden etkilendiği, düşey bileşenin ise zemin özelliklerinden etkilenmediği kabulüdür. Derin yumuşak

alüvyonlardan oluşan bölgelerin haricinde, bu yöntem genellikle sahanın rezonans frekansının tahmininde başarılı olmaktadır. Ancak bu frekandaki genliğin tahmininde yetersiz olduğu ortaya çıkmıştır (Nakamura, 1989). Zemin tepkisinin belirlenmek istendiği sahada yeterli sayıda ve dağılımda kuvvetli yer hareketi kaydı bulunması durumunda SSR ve HVSR yöntemleri sağlıklı sonuçlar vermektedir.

Idriss ve Seed (1968) belirli bir deprem düzeyi için elde edilmiş olan zemin tepki karakteristiklerinin daha düşük veya daha yüksek şiddetteki bir deprem için kullanılmayacağını belirtmişler ve küçük deprem kayıtlarının zemin tepkisinin belirlenmesinde kullanılmasının yanıltıcı olabileceğini ifade etmişlerdir.

Hartzell (1998) yaptığı çalışmada zeminlerin doğrusal olmayan davranışın etkin olup olmadığının belirlenmesi için sahanın zayıf ve kuvvetli yer hareketleri etkisi altındaki kayıtları ile anakaya hareketinin spektral oranını kullanmıştır. Kuvvetli yer hareketlerinden elde edilen sonuçların zayıf yer hareketlerinden elde edilen sonuçlardan farklı olması saha zeminlerinin doğrusal olmayan davranış gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Analitik - sayısal yöntemler ise transfer fonksiyonlarının kullanıldığı viskoelastik yöntemler, transfer fonksiyonlarının kullanıldığı frekans alanında çalışan eşdeğer lineer yöntemler, karekök empedans yöntemi (SRI), zaman tanım alanında doğrusal ve doğrusal olmayan sonlu elemanlar, sınır elemanlar ve sonlu farklar yöntemleri şeklinde sıralanabilir. Ayrıca analitik yöntemler 1D, 2D ve 3D olarak ta kullanılabilir. Karekök empedans yöntemi (SRI) zeminlerin empedans farkından kaynaklanan etkileri hesaplayabilmekte ancak tabakaların rezonans etkilerini tam olarak hesaplayamamaktadır. Bu nedenle, bu yöntem

diğer yöntemlere kıyasla daha az kesin olan bir yöntemdir (Boore, 2013). Birçok durumda yerel etkiler ve zemin büyütmesi yatay ve düşey yönde yayılan kayma dalgası varsayımına dayanan tek boyutlu dinamik analizlerle hızlı ve kolay bir şekilde hesaplanabilmektedir. Yatay tabakalı zeminlerde zemin büyütmesine yol açan temel faktörler, yüzeye yakın tabakaların empedans farkları ve rezonanslarıdır (Shearer ve Orcutt, 1987). Ancak, gerçekte üç boyutlu yayılan bir dalgaanın yanal süreksizliklerden dolayı yüzey dalgalarının bir bölgede odaklanmasına yol açmasından dolayı, zemin büyütmesinin tek boyutlu analizlerle değerlendirilmesi her koşulda doğru bir yaklaşım olmamaktadır.

On yıllar boyunca, sismik yükleme koşullarında zeminlerin doğrusal olmayan davranışın önemli olup olmadığı jeoteknik mühendisleri ve sismologlar arasında itilafli bir konu olmuştur (Beresnev ve Wen, 1996). Zemin tepkisinin birim deformasyon seviyesine bağlı olması jeoteknik mühendisliği alanında standart bir kabul olagelmıştır (Finn, 1991). Bununla birlikte sismologlar kuvvetli yer hareketi kayıtlarında direk kanıt olmadığı için çoğunlukla zeminlerin doğrusal olmayan davranışlarını dikkate almamışlardır (Aki ve Richards 1980).

Zeminlerin gerilme birim deformasyon davranışlarının özellikle kayma birim deformasyonları $10^{-5} - 10^{-4}$ değerlerinden daha yüksek olduğu durumlarda doğrusal olmadığı bilinmektedir (Beresnev ve Wen, 1996). Deprem yükleri altında zeminlerin doğrusal olmayan davranışı nedeniyle artan kayma birim deformasyonlarıyla kayma modüllerinde azalma ve sönüm oranlarında artışlar oluşmaktadır. Doğrusal olmayan davranış nedeniyle zemin çökellerinin deprem sırasındaki tepkileri gerilme – birim deformasyon seviyesine, dolayısıyla deprem şiddetine bağlı olacaktır.

Aguirre ve Irikura (1997), 1995 Hyogo-ken Nanbu depremi sırasında Kobe, Port Island'daki yumuşak zeminlerin doğrusal olmayan davranışları, sıvılaşma davranışları ve hız değişimleri üzerine bir çalışma yapmışlar ve bu çalışmada ana şok öncesi ve sonrası S dalgası hız yapısının farklı olduğunu belirlemişlerdir. 1994 yılındaki Northridge (Kaliforniya) depremi, araştırmacıların kuvvetli yer hareketi kayıtlarından zeminin deprem sırasındaki davranışının doğrusal olmadığını belirlemelerine olanak sağlamıştır (Zeng vd., 1998). Doğrusal olmayan etkiyi tespit etmek için çeşitli teknikler kullanılmıştır. Bunlardan biri, güçlü ve zayıf yer hareketleri sırasında yüzey ve ana kaya arasındaki gözlenen verilerin spektral oran değerlendirmesidir (Hartzell 1998). Alternatif bir yol, dikey bir sismometre dizisinden alınan kayıtları kullanmaktır (Satoh vd., 1995). Kuvvetli yer hareketi sırasında tepe noktalarındaki azalma ve/veya kayma, zeminin doğrusal olmayan davranışının göstergeleridir.

Zemin tepki analizlerinde kayma birim deformasyonuna bağlı zemin parametrelerinin kullanılması gerektiğinden Idriss ve Seed (1970) eşdeğer doğrusal analiz yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntemde parametreleri ortalama birim deformasyon seviyesine göre iteratif bir yöntemle belirlenen viskoelastik zemin modeli kullanılmakta, zeminlerin kayma modülü ve sönüm oranı değerleri deneysel eğriler ile dikkate alınmaktadır.

Doğrusal olmayan saha tepkisi analizlerinde zaman alanında adım adım zeminin doğrusal olmayan davranışının gelişimi modellenmektedir ve bu nedenle bu analizlerde zeminin gerilme-birim deformasyon davranışının doğru karakterize edilmesi gerekmektedir. Zemin gerilme-birim deformasyon davranışının doğrusal olmayışı, zeminin kayma modülünün

sürekli olarak azaldığı ve elastik olmayan (plastik) davranışı ise zeminin yüklenme yolundan farklı bir yol boyunca gerilmenin azaldığı ve böylece zemin taneleri arasındaki temas noktalarında enerjinin sönmüldüğü anlamına gelir. Doğrusal olmayan analizlerin, eşdeğer doğrusal analize göre deprem gözlemiyle daha iyi uyum sağladığı gösterilmiştir (Beresnev ve Wen, 1996).

Gömülü basenlerin varlığında, ortamda yayılan dalgaların bir kısmı eğimli anakayaya çarpıp yansiyarak tekrar ortama dönüp tek boyutlu modellerle incelenmesi mümkün olmayan etkileri ortaya çıkarmaktadır. Özellikle basen kenarında oluşan yüzey dalgaları deprem süresini önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu gibi durumlarda analizlerin iki veya üç boyutlu yazılımlarla yapılması gerekmektedir.

Basen etkilerinin gözlenmesi için incelenen mevcut test sahalarına ait veriler çoğunlukla zayıf hareket uyarımlı küçük veya orta büyüklükteki depremler veya mikrotremorlardan oluştuğundan, sadece gömülü vadilerin doğrusal - elastik sismik tepkisi incelenmiştir. Bununla birlikte deneysel veriler, esas olarak, havza kenarlarında yüzey dalgalarının oluşumuna ilişkin teorik çalışmanın sonuçlarını doğrulamaktadır (Furumura vd., 1997). Deneysel veriler ile sayısal analizlerin sonuçları arasındaki karşılaştırma, genellikle basit 1D yaklaşımın yer sarsıntısı gözlemlerini açıklamadaki yetersizliğini ortaya koymaktadır.

Lanzo ve Pagliaroli (2009) Güney İtalya San Giuliano di Puglia bölgesinde artçı deprem kayıtlarını kullanarak yaptıkları çalışmada 1D analizlerin kayıt edilen dinamik tepkiyi önemli ölçüde daha az tahmin ettiklerini, bununla birlikte 2D modellemenin zemin büyütmesini daha gerçekçi olarak belirlediğini ifade etmişlerdir. Zhang ve Papageorgiou (1996) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Loma Prieta depreminde Marina bölgesinde zemin

davranışının sismik dalgalarının odaklanma etkileri ve dalgaların yanal girişimlerinin zemin doğrusal olmayan davranışı artıkça azaldığını ifade etmişlerdir. Gelagoti vd. (2010) basenlerin dinamik tepkilerinin önemli ölçüde iki boyutlu olduğunu, basen kenarlarında dalga odaklanması ve basen kenarlarında oluşan yüzey dalgalarının sismik hareketin büyütülmesinde etkili olduğunu, ve bir boyutlu analizlerle belirlenemeyeceğini ifade etmişlerdir.

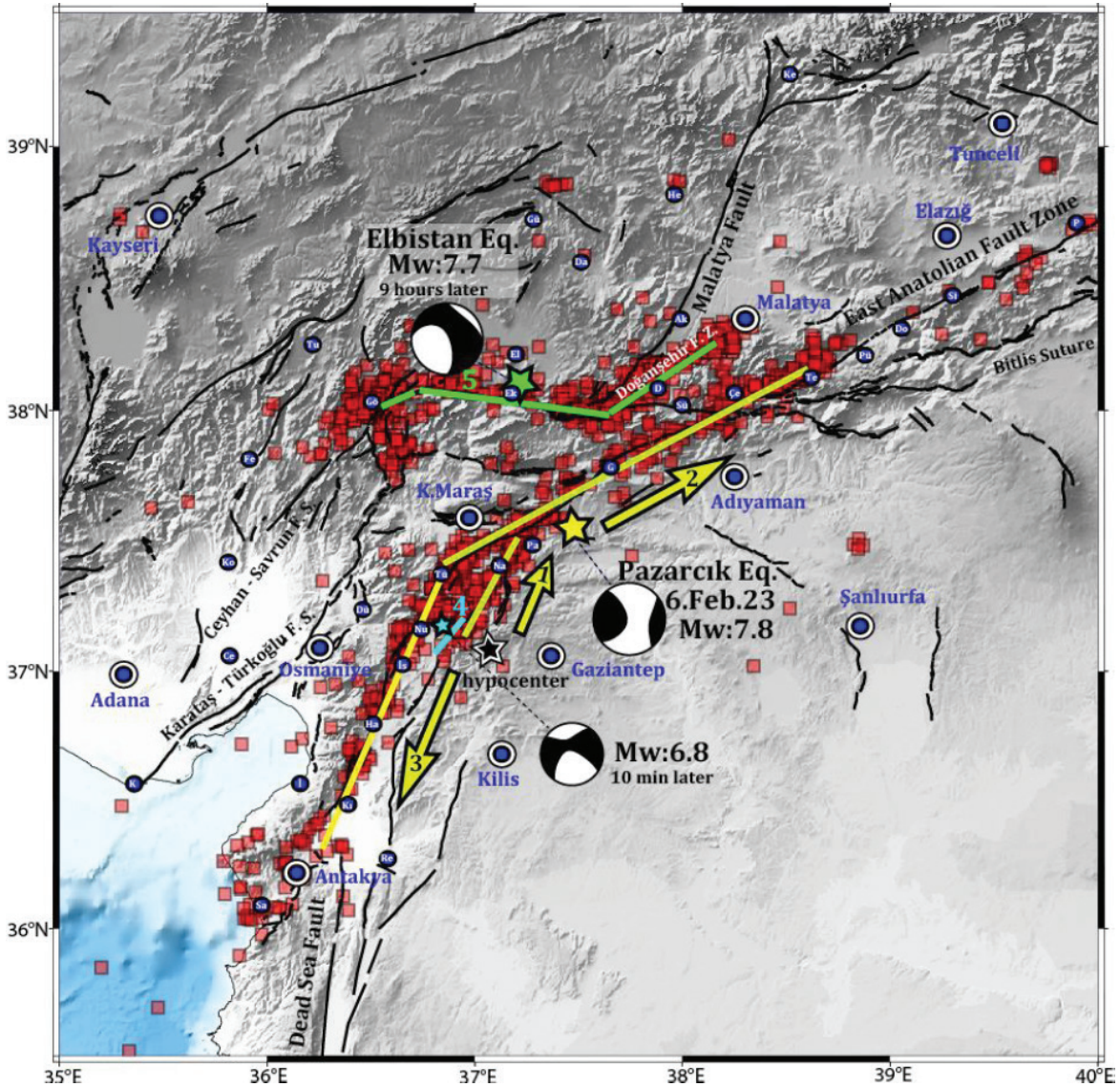
Gelagoti vd. (2010) basenlerin büyütme etkilerinin ve sismik dalgaların yoğunlaşmasının girdi deprem kaydının frekansına bağlı olduğunu, yüksek frekanslı dalgalarda büyütmenin basen kenarında yoğunlaştığı, düşük frekanslı dalgalarda ise büyütmenin olduğu alanların vadi içerisine doğru kaydığını tespit etmişlerdir. Gelagoti vd. (2010) basen ortasında meydana gelen büyütmenin basen kenarlarında oluşan ve yatay olarak vadi ortasına doğru hareket eden Rayleigh dalgalarının yapıcı girişiminden kaynaklandığını tespit etmişler ve simetrik olmayan basenlerin geometrilerinin büyütme davranışına önemli ölçüde etkili olduğu ifade edilmiştir.

DEPREM YER HAREKETİ ÜZERİNDE YAKIN FAY ETKİLERİ

Yakın fay alanında oluşan deprem yer hareketi kayıtları, uzak mesafe kayıtlarına göre farklılıklar içermektedir. Bunlar, maksimum düşey ivmenin maksimum yatay ivmeye oranlarının 2/3'ten büyük olması (Elgamal ve He, 2004), fay atımı kaynaklı kalıcı yer değiştirmelerin kayıtlarda gözükmesi (fling step), kırılma yönünün etkisi (yönsellik), hız kayıtlarında darbe türü hareket (velocity pulse) ve yer hareketinde burulma bileşenleri şeklinde sayılabilir. Kırılma sahaya doğru ise ileri doğru yönsellik, sahadan uzağa doğru ise geri

yönsellik olarak ifade edilir. Hız darbesi türü kayıtlarda hız zaman kaydının faya dik bileşeni belirgin olarak faya paralel bileşenden yüksek olmakta ve faya dik yönlü hız zaman kaydında belirgin bir hız darbesi oluşmaktadır. Bu olgu özellikle kırılma hızı kayma dalgası hızına yakın

olduğunda oluşmaktadır (Somerville, 2000). İlerleyen kırılmanın oluşturduğu yer hareketleri birbiri üzerine binerek ileri yönsellik etkisinde kalan sahalarda kısa süren yüksek şiddetli yer hareketleri oluşturmaktadır.



Şekil 2. Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan depremlerinin kırık düzlemleri, merkez üsleri ve mekanizma çözümleri (DMAM, 2023).

Figure 2. Rupture planes, epicenters and moment tensor solutions of the Kahramanmaraş Pazarcık and Elbistan earthquakes (DMAM, 2023).

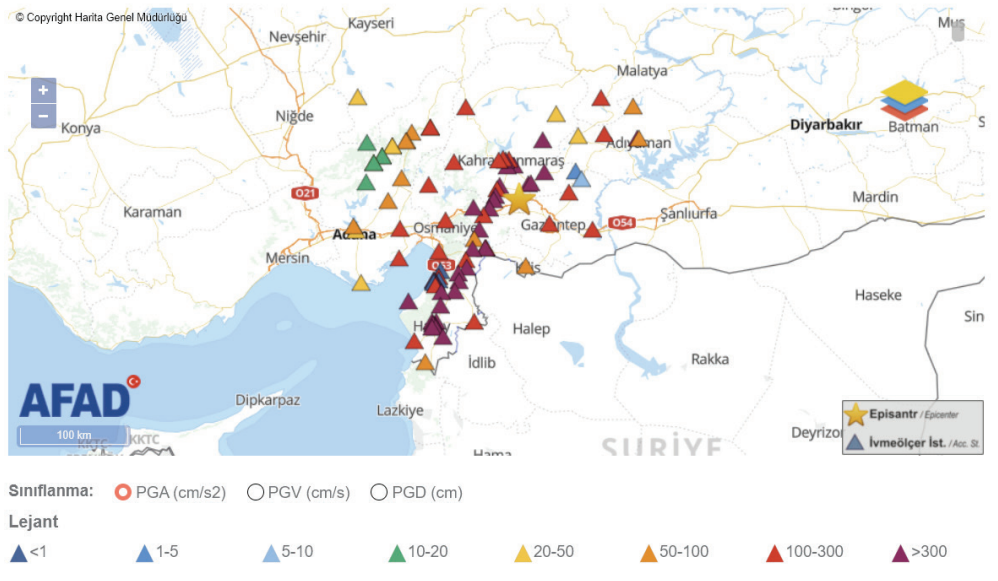
Moustafa ve Takewaki, (2010)'ye göre hız darbesi görülen yer hareketi kayıtlarında genlik büyük ve baskın periyod genellikle 1 sn üzerindedir, depremin moment büyüklüğü arttıkça baskın periyot ta artar, maksimum yer hızı maksimum yer ivmesi oranları ve maksimum yer değiştirmesi maksimum yer ivmesi oranları yükselir. Enerjinin büyük kısmı bir veya birkaç hız darbesi şeklinde ortaya çıkar ve bu tür yer hareketleri alışlagelen tepki spektrumlarından farklı tepki spektrumları oluşturur.

KAHRAMANMARAŞ PAZARCİK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ

06.02.2023 tarihi, Türkiye saati ile 04.17'de sol yanal atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde, merkez üssü Enlem 37.288°, Boylam 37.043°, AFAD'a göre moment büyüklüğü 7,7 olan bir deprem meydana gelmiştir. Deprem

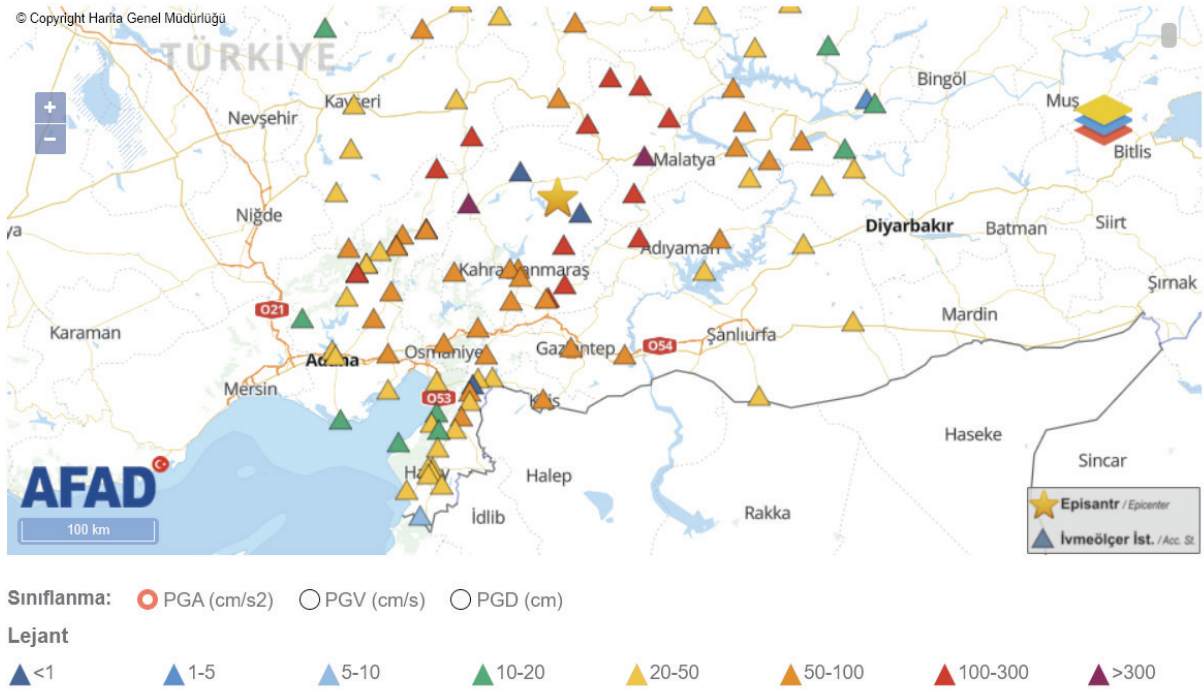
merkez üssü Kahramanmaraş, Pazarcık olarak belirlenmiştir. Elde edilen ilk sismik verilere göre, DAFZ'nun güneyinde yer alan Narlı fayı üzerinde başlayan bu deprem, kuzeyde fayın ana kolu üzerine sıçramış, Pazarcık-Erkenek fay bölümlerini KD'ya, Amanos bölümünü ise GB'ya doğru biraz gecikmeli olarak kırmıştır (DMAM, 2023). Kahramanmaraş Pazarcık depreminden sonra Türkiye yerel saatine göre 13.24'te sol yanal atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde moment büyüklüğü AFAD'a göre 7,6 olan diğer bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremin merkez üssü Kahramanmaraş, Elbistan, Enlem 38.089°, Boylam 37.239°, olarak belirlenmiştir (Şekil 2).

Kahramanmaraş Pazarcık depremi kuvvetli yer hareketi kayıtlarına göre istasyonlarda kayıt edilen maksimum yer ivmelerinin dağılımı Şekil 3'te, Elbistan depremi maksimum yer ivmelerinin dağılımı ise Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 3. Kahramanmaraş Pazarcık depremi kuvvetli yer hareketi kayıtlarına göre istasyonlarda kayıt edilen maksimum yer ivmelerinin dağılımı (AFAD TADAS, 2023, <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/17966>).

Figure 3. Distribution of maximum ground accelerations recorded at stations according to strong ground motion records of the Kahramanmaraş Pazarcık earthquake (AFAD TADAS, 2023, <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/17966>).



Şekil 4. Kahramanmaraş Elbistan depremi kuvvetli yer hareketi kayıtlarına göre istasyonlarda kayıt edilen maksimum yer ivmelerinin dağılımı earthquake (AFAD TADAS, 2023, <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/17969>).

Figure 4. Distribution of maximum ground accelerations recorded at stations according to strong ground motion records of the Kahramanmaraş Elbistan earthquake (AFAD TADAS, 2023, <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/17969>).

Şekil 3 ve 4 incelendiğinde Pazarcık depreminin Elbistan depremine göre Hatay bölgesinde daha etkili olduğu görülmektedir. Kahramanmaraş Pazarcık depremi sırasında son kırılan Şekil 2'de 3 numaralı ok ile gösterilen segment Hatay Antakya bölgesine çok yakındır ve kırılma Hatay Antakya'ya doğru gerçekleşmiştir. Kahramanmaraş Elbistan depreminin merkez üssü Hatay Antakya bölgesine 200 km'den fazla bir mesafededir. Bu nedenle Pazarcık depremi Elbistan depremine göre Hatay bölgesinde daha etkili olmuştur.

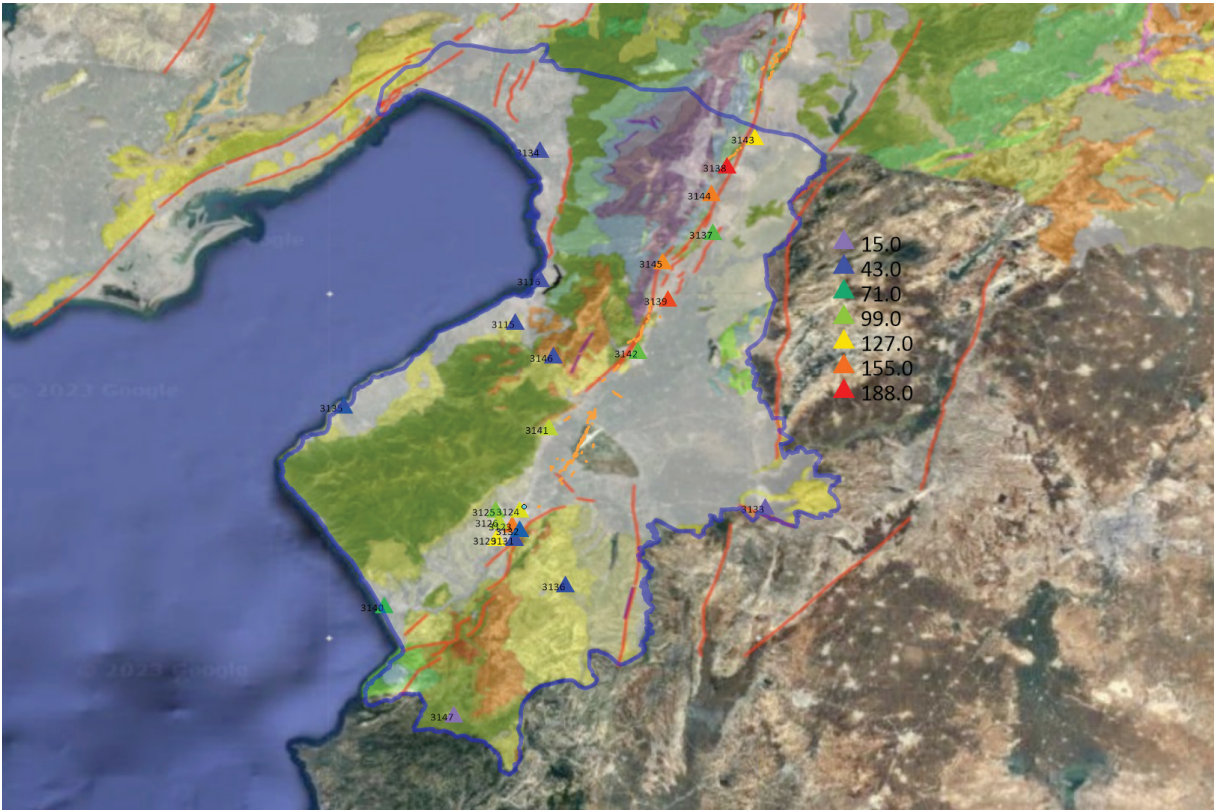
KAHRAMANMARAŞ PAZARCİK DEPREMİ HATAY BÖLGESİ KUVVETLİ YER HAREKETİ KAYITLARININ İNCELENMESİ

Hatay bölgesindeki birçok istasyon faya oldukça yakın konumdadır (3123, 3124, 3125, 3126, 3131, 3132, 3133, 3137, 3138, 3139, 3141, 3142, 3143, 3144, 3145). Şekil 5'te Hatay, Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt İstasyonları konumları ve Kahramanmaraş Pazarcık Depremi kayıtlarının yatay PGM (cm/sn) geometrik ortalamaları görülmektedir. Şekil 5 incelendiğinde Kahramanmaraş Pazarcık depreminin Hatay bölgesinde çok şiddetli yer hareketleri oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Ayrıca bu bölgenin jeomorfolojik yapısı incelendiğinde doğu ve batıdan yükseltilerle sınırlanan bir basen yapısı görülür. Bu nedenle bölgede Kahramanmaraş Pazarcık depremi kayıtlarında hem basen hem de yakın fay etkilerinin görülmüş olması beklenmektedir. Abdelmeguid vd. (2023) inceledikleri yakın fay Kahramanmaraş Pazarcık depremi kayıtlarında süper kayma hızlarının ağırlıklı olarak ilk kırılmanın geliştiği Narlı fayı ve Hatay bölgesinde fay kırığı izinin güney – güney batı ucunda görüldüğünü belirtmişlerdir. Bununla birlikte Abdelmeguid vd. (2023)'nin çalışmasında, fayın karmaşık geometrik yapısı

nedeniyle Narlı fayı ve Hatay bölgesindeki kırılmanın normal hızda kırılma ile süper kayma türü kırılmaların karışımı şeklinde geliştiği ifade edilmiştir. Mello vd. (2016)'ne göre kırılma hızının, kayma dalgası hızını aştığı süper kayma türü kırılmaların oluşturduğu yer hareketlerinin karakteristik özellikleri faya paralel oluşan yer hızının faya dik bileşene göre yüksek olmasıdır.

Çizelge 1'de ise seçilen istasyonların özellikleri ve kuvvetli yer hareketleri parametreleri özetlenmiştir. Bu istasyonlarda maksimum düşey ivmenin maksimum yatay ivmeye oranı değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Hatay, Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt İstasyonları konumları ve Kahramanmaraş Pazarcık Depremi kayıtlarının yatay PGV (cm/sn) geometrik ortalamaları.

Figure 5. Hatay, Strong Ground Motion Recording Stations locations and horizontal PGV (cm/sec) geometric averages of the Kahramanmaraş Pazarcık Earthquake records.

Çizelge 1. Seçilen bazı istasyonların özellikleri ve kuvvetli yer hareketleri parametreleri.

Table 1. Properties and strong ground motion parameters of some selected stations.

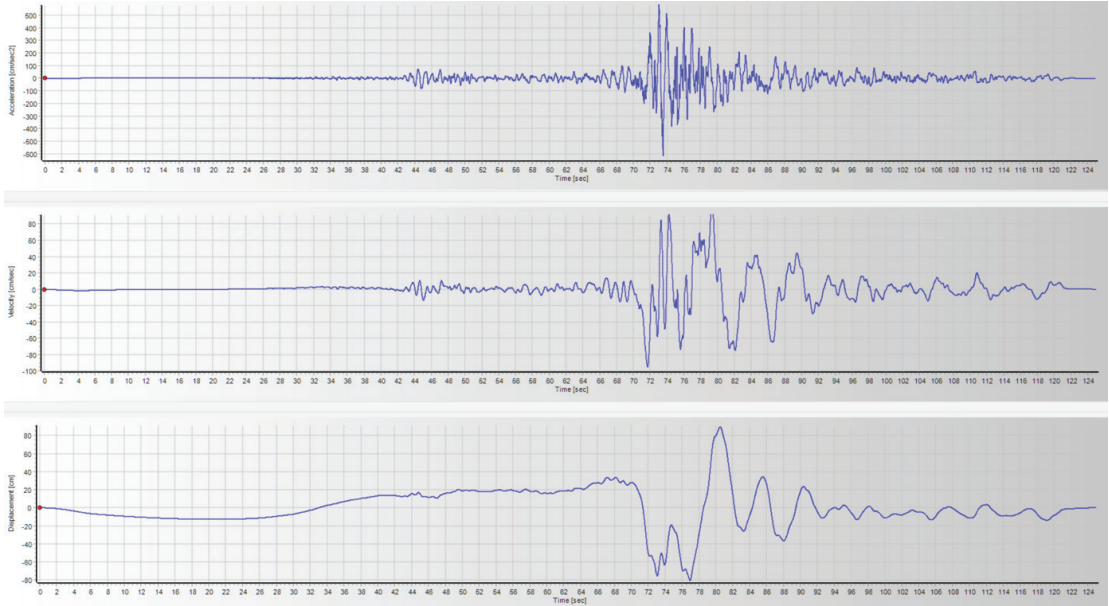
İstasyon	RJB (km)	V_{s30} (m/sn)	PGA E (g)	PGA N (g)	PGA U (g)	Oran D/Y	PGV E (cm/sn)	PGV N (cm/sn)	PGV U (cm/sn)
3143	0,4	445	0,36	0,39	0,42	1,12	106,4	129,5	29
3138	2	618	0,76	0,91	1,09	1,31	216,9	135,3	83,2
3144	2,1	535	0,78	0,62	0,46	0,69	139	138,1	80,2
3137	1	688	0,86	0,46	0,51	0,79	77,2	78,2	40,1
3145	3,7	533	0,71	0,61	0,67	0,95	157,7	116,5	61,8
3139	0,3	272	0,51	0,59	0,39	0,66	150,1	157	54,3
3142	0,4	539	0,76	0,66	0,51	0,69	76,5	87,8	30,6
3141	6,9	338	0,87	0,96	0,63	0,73	124,5	83,1	43,2

Çizelge 1 incelendiğinde maksimum düşey ivmenin maksimum yatay ivmeye oranının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, bu bölgelerde yakın fay etkilerinin varlığını göstermektedir. Kahramanmaraş Pazarcık depreminin Hatay bölgesinde oluşturduğu kuvvetli yer hareketi karakteristiklerini anlamak için bölgeden hem faya yakın hem de yer hareketi maksimum hız değerleri göreceli olarak yüksek olan iki istasyon 3124 ve 3143 seçilmiş bunların kayıtları ve tepki spektrumları incelenmiştir. 3124 numaralı istasyon fayın güney ucunda fayın hemen batısında, 3143 numaralı istasyon ise kuzeyde fayın hemen doğusunda bulunmaktadır. AFAD TADAS internet sitesinde bu iki istasyon için yapılmış Jeofizik Etüd Raporları bulunmaktadır. Bu kapsamda MASW, REMİ ve mikrotremor çalışmaları yapılmıştır. 3143 numaralı istasyonun V_{s30} değeri, 445 m/sn, 3124 numaralı istasyonun V_{s30} değeri, 283 m/sn olup her iki istasyon da Kuvaterner yaşlı birimler

üzerindedir. 3143 numaralı istasyonun oturduğu birimler alüvyon yelpazesi olarak tanımlanmış olup 3124 numaralı istasyonun oturduğu birimler ayrılmamış Kuvaterner olarak tanımlanmıştır. AFAD TADAS sisteminden alınan bilgilere göre 3124 numaralı istasyonun hakim periyodu 0.81 sn, 3143 numaralı istasyonun hakim periyodu ise 1.43 sn olarak bildirilmiştir. Morfolojik yapı incelendiğinde 3143 numaralı istasyonun ova kenarında, 3124 numaralı istasyonun ise ovanın orta kısımlarında bulunduğu anlaşılmaktadır.

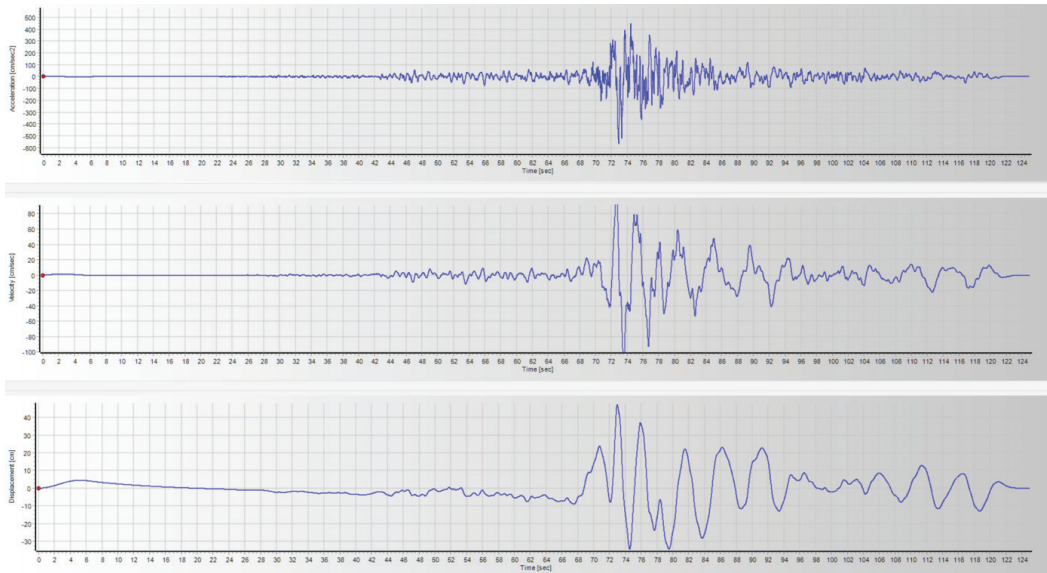
Şekil 6'da 3124 numaralı istasyonun Pazarcık depremine ait doğu – batı yönlü ivme zaman, hız zaman ve yer değiştirme zaman kayıtları, Şekil 7'de ise aynı istasyonun kuzey – güney yönlü ivme zaman, hız zaman ve yer değiştirme zaman kayıtları görülmektedir. Çizelge 2'de 3124 numaralı istasyonun Pazarcık depremine ait doğu – batı ve kuzey güney yönlü bileşenlerine ait kuvvetli yer hareketi parametreleri sunulmuştur.

Işık



Şekil 6. 3124 numaralı istasyonun Pazarcık depremine ait doğu – batı yönlü ivme zaman, hız zaman ve yer değiştirme zaman kayıtları.

Figure 6. East-west direction acceleration time, velocity time and displacement time records of the Pazarcık earthquake of station 3124.



Şekil 7. 3124 numaralı istasyonun Pazarcık depremine ait kuzey – güney yönlü ivme zaman, hız zaman ve yer değiştirme zaman kayıtları.

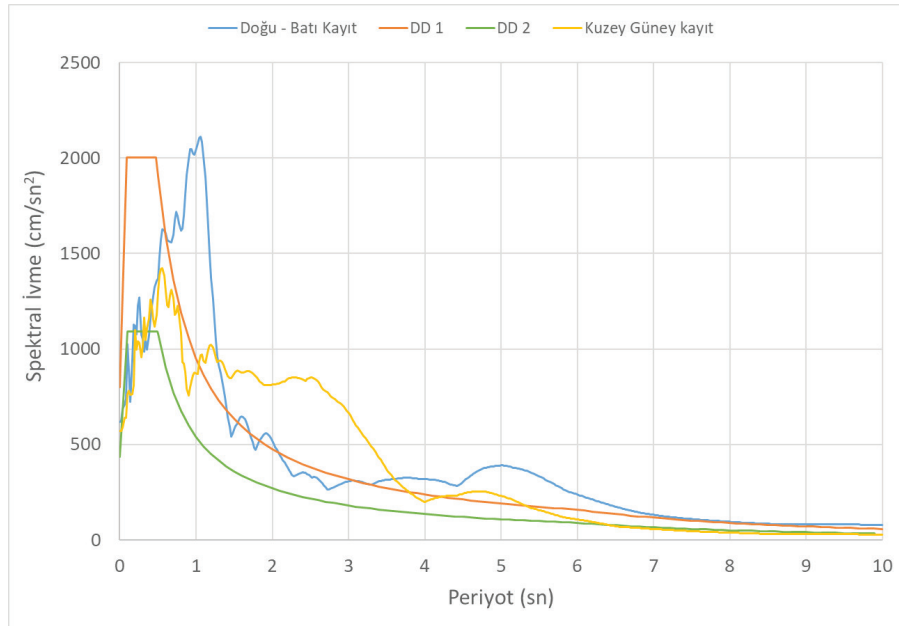
Figure 7. North-south direction acceleration time, velocity time and displacement time records of the Pazarcık earthquake of station 3124.

Çizelge 2. 3124 numaralı istasyonun Pazarcık depremine ait doğu – batı ve kuzey güney yönlü bileşenlerine ait kuvvetli yer hareketi parametreleri.

Table 2. Strong ground motion parameters of east-west and north-south direction components of the Pazarcık earthquake of station 3124.

Parametre	Doğu – Batı Yönü	Kuzey – Güney Yönü
Maks. İvme (cm/sn ²)	618,7	568,8
Maks. İvme Anı (sn)	73,06	72,97
Maks. Hız (cm/sn)	97	112,3
Maks. Hız Anı (sn)	79,3	73,6
Maks. Yerdeğiştirme (cm)	89,4	47,3
Maks. Yerdeğiştirme Anı (sn)	80,5	73
Vmaks / Amaks: (sn)	0,16	0,2
İvme RMS: (cm/sn ²)	62,1	55,6
Hız RMS: (cm/sec)	18	15,6
Yerdeğiştirme RMS: (cm)	20,9	9,2
Arias Yoğunluğu (m/sn)	7,7	6,2
C. A. V. (cm/sec)	3370,8	3138,8
Etkin Süre (sn)	18,88	21,42

3124 numaralı istasyonun Kahramanmaraş Pazarcık depremi kayıtları incelendiğinde her iki yatay yönde de maksimum hız ve maksimum ivme değerlerinin birbirlerine yakın olduğu ancak doğu – batı yönlü maksimum yer değiştirmenin kuzey güney yönüne oranla oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca hem kuzey – güney hem de doğu batı yönlerinde hız zaman kayıtları darbe türü olmaktan uzak olup hızların ve yer değiştirmelerin giderek azalan 6 – 7 adet dalga şeklinde olduğu görülmektedir. Bu durum olası bir basen etkisine işaret etmektedir. Şekil 8’de sunulan tepki spektrumları iki yatay yönde farklı baskın periyotların büyütülmüş olduğunu, özellikle uzun periyotlarda TBDY (2018)’in istasyonun bulunduğu alandaki ZD zemin sınıfı için hesaplanmış olan hem DD2 hem de DD1 deprem seviyesi için tasarım tepki spektrumlarının üzerinde spektral ivmeler oluştuğunu göstermektedir.



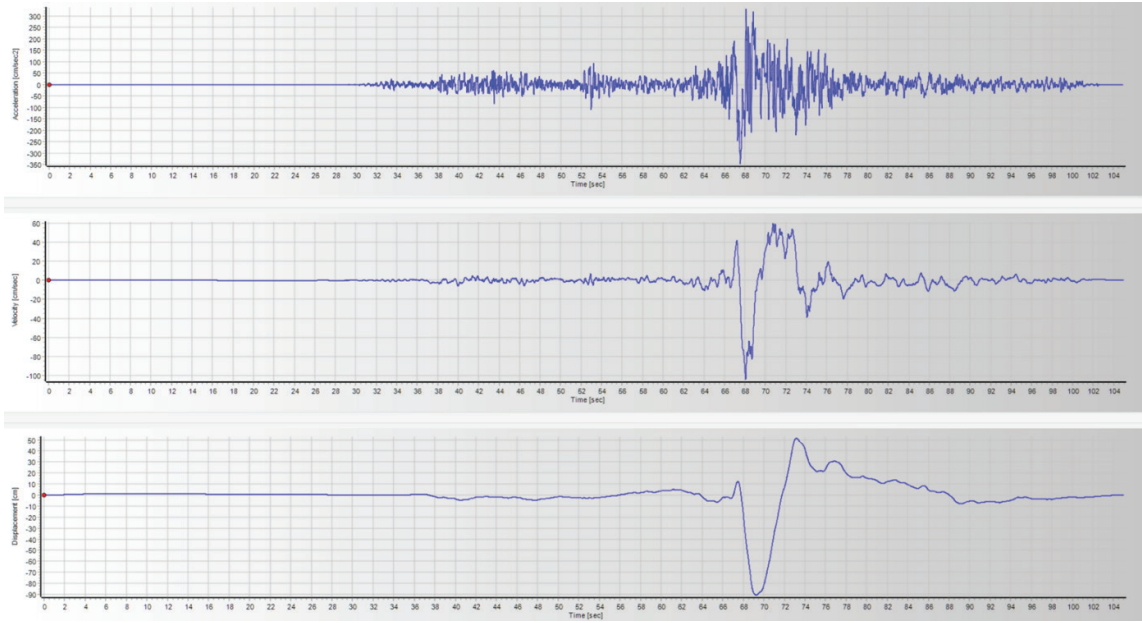
Şekil 8. 3124 numaralı istasyonun Pazarcık depremine ait doğu – batı ve kuzey güney yönlü bileşenlerine ait tepki spektrumları ve DD1 ve DD2 deprem düzeyine ait TBDY (2018) tasarım tepki spektrumları.

Figure 8. Response spectra of east-west and north-south components of the Pazarcık earthquake of station 3124 and TBDY (2018) design response spectra of DD1 and DD2 earthquake levels.

Işık

Şekil 9'da 3143 numaralı istasyonun Pazarcık depremine ait doğu – batı yönlü ivme zaman, hız zaman ve yer değiştirme zaman kayıtları, Şekil 10'da ise aynı istasyonun kuzey – güney yönlü ivme zaman, hız zaman ve yer değiştirme zaman kayıtları görülmektedir. Şekil 11'de ise 3143 numaralı istasyonun Pazarcık depremine ait doğu – batı ve kuzey güney yönlü

bileşenlerine ait tepki spektrumları ve aynı noktanın ZC zemin sınıfı için TBDY (2018)'e göre hesaplanmış DD1 ve DD2 yatay tasarım tepki spektrumları sunulmuştur. Çizelge 3'de 3143 numaralı istasyonun Pazarcık depremine ait doğu – batı ve kuzey güney yönlü bileşenlerine ait kuvvetli yer hareketi parametreleri verilmiştir.

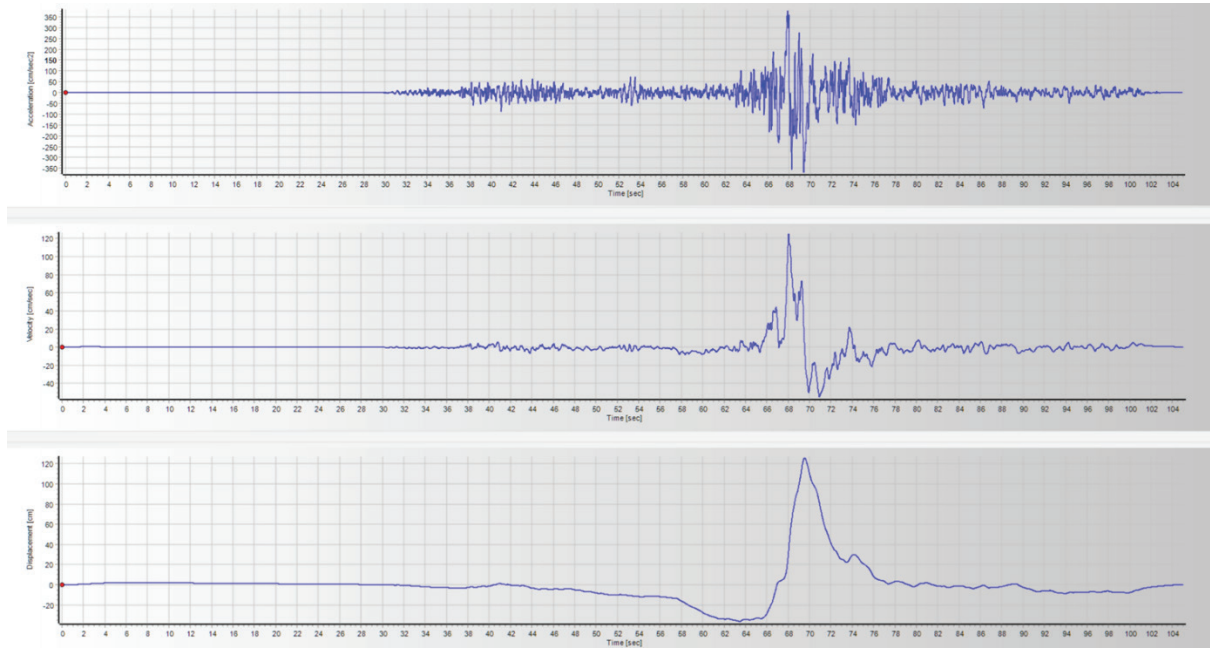


Şekil 9. 3143 numaralı istasyonun Pazarcık depremine ait doğu – batı yönlü ivme zaman, hız zaman ve yer değiştirme zaman kayıtları.

Figure 9. East-west direction acceleration time, velocity time and displacement time records of the Pazarcık earthquake of station 3143.

Şekil 9 ve 10 incelendiğinde 3143 numaralı istasyonun hem kuzey – güney hem de doğu – batı yönlerindeki hız kayıtlarında hız darbesi biçiminde yer hareketlerinin oluştuğu düşünülmektedir. Şekil 11 incelendiğinde ise TBDY (2018)'in hem DD2 deprem seviyesi için tasarım tepki spektrumlarının üzerinde spektral ivmeler oluştuğunu görülmektedir. Hız darbesi türünde kayıtların özellikle faya dik yönde

oluşması beklenmektedir. Fay neredeyse kuzey – güney yönlü uzandığı için 3143 numaralı istasyonun doğu – batı yönlü hız kayıtları üzerinde Kardoutsou vd. (2017)'nin algoritmasıyla SeismoSignal (Seismosoft, 2022) yazılımı ile hız darbesi tanımlaması yapılmış olup, sonuçlar Şekil 12'de sunulmuştur. Şekil 12'ye göre kayıt hız darbesi olarak tanımlanmış, hız darbesinin periyodu 3,94 sn olarak belirlenmiştir.



Şekil 10. 3143 numaralı istasyonun Pazarçık depremine ait kuzey – güney yönlü ivme zaman, hız zaman ve yer değiştirme zaman kayıtları.

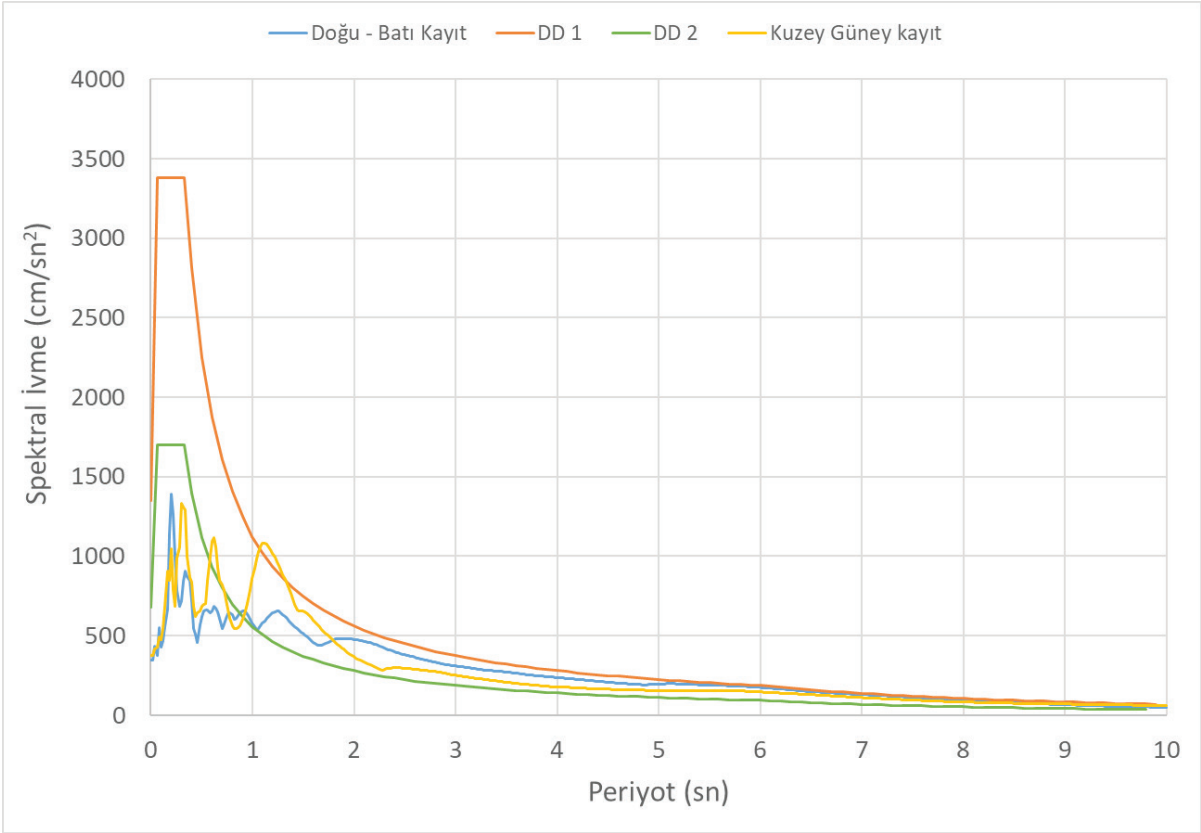
Figure 10. North-south direction acceleration time, velocity time and displacement time records of the Pazarçık earthquake of station 3143.

Çizelge 3. 3143 numaralı istasyonun Pazarçık depremine ait doğu – batı ve kuzey güney yönlü bileşenlerine ait kuvvetli yer hareketi parametreleri.

Table 1. Strong ground motion parameters of east-west and north-south direction components of the Pazarçık earthquake of station 3143.

Parametre	Doğu – Batı Yönü	Kuzey – Güney Yönü
Maks. İvme (cm/sn ²)	346,7	378
Maks. İvme Anı (sn)	67,58	67,89
Maks. Hız (cm/sn)	104,4	124,8
Maks. Hız Anı (sn)	68,08	68,04
Maks. Yerdeğiştirme (cm)	96,6	125,6
Maks. Yerdeğiştirme Anı (sn)	69,23	69,53
Vmaks / Amaks: (sn)	0,3	0,33
İvme RMS: (cm/sn ²)	38,4	40,05
Hız RMS: (cm/sec)	12,2	11,82
Yerdeğiştirme RMS: (cm)	15,1	20,56
Arias Yoğunluğu (m/sn)	2,48	2,7
C. A. V. (cm/sec)	1882,18	1829,94
Etkin Süre (sn)	26,39	23,16

Işık



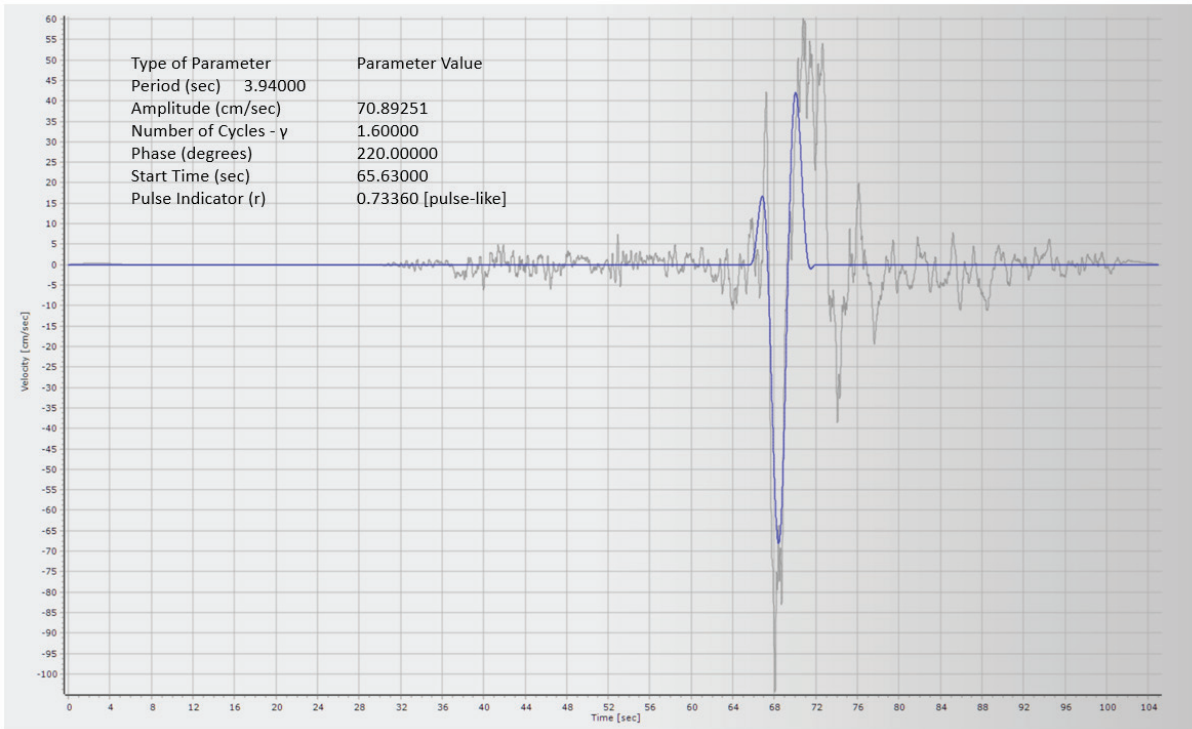
Şekil 11. 3143 numaralı istasyonun Pazarcık depremine ait doğu – batı ve kuzey güney yönlü bileşenlerine ait tepki spektrumları ve DD1 ve DD2 deprem düzeyine ait TBDY (2018) tasarım tepki spektrumları.

Figure 11. Response spectra of east-west and north-south components of the Pazarcık earthquake of station 3143 and TBDY (2018) design response spectra of DD1 and DD2 earthquake levels.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Deprem sırasında bir alanda oluşan sismik dalgaların frekans içeriği ve genlikleri fayın kırılma mekanizmasına, sismik kabuğun yapısına ve yüzeye yakın zeminler ile yumuşak kayaların özelliklerine bağlıdır. Zemin etkileri, özellikle basen etkileri deprem yer hareketleri üzerinde yüksek periyotlarda büyütme etkisi oluşturmaktadır. Bu tür alanlarda gerçekleşen yer hareketleri deprem yönetmeliklerinde verilen tasarım tepki spektrumlarının üzerinde tepki spektrumları oluşturabilmektedir. Ülkemizde son dönemlerde yaşanan depremlerde de bu

durum gözlenmiştir. Deprem yer hareketi, ayrıca faya yakın alanlarda, faya uzak alanlara kıyasla farklılıklar içermektedir. Yakın fay alanında oluşan deprem yer hareketi kayıtlarında, maksimum düşey ivmenin maksimum yatay ivmeye oranının yüksek olması, hız zaman kayıtlarında hız darbesinin gözlemlenmesi, kalıcı yer değiştirme etkileri (fling step) ve yer hareketlerinde burulma bileşenlerinin varlığı gibi etkiler görülebilmektedir. Bu etkiler nedeniyle de yakın fay alanlarında yönetmeliklerin önerdiğinden daha şiddetli yer hareketleri oluşabilmektedir.



Şekil 12. 3143 numaralı istasyonun Pazarlık depremine ait doğu – batı yönlü hız zaman kaydında Kardoutsou vd. (2017)'nin algoritmasıyla yapılmış hız darbesi tanımlaması sonuçları.

Figure 12. The results of the velocity pulse analysis performed with the algorithm of Kardoutsou et al., (2017) in the east-west direction velocity time record of the Pazarlık earthquake of station 3143.

Zemin büyütmesi bir boyutlu etkiler ile iki – üç boyutlu etkiler nedeniyle oluşmaktadır. Bir boyutlu etkiler tabakaların empedans farklılıklarından oluşan genlik artışı, tabakaların kısmi rezonansı şeklindeki iki – üç boyutlu etkiler, basenlerde kayma dalgalarının yüzey dalgalarına dönüşmesi, basen rezonansı ve basen şekli nedeniyle sismik dalgaların odaklanması şeklinde oluşmaktadır. Yakın fay alanlarında ise fay kırılma hızının kayma dalgası hızına yakın olması nedeniyle ileri yönsellik etkisindeki sahalarda faya dik yönde hız darbesi oluşumu, kırılma hızının kayma dalgası hızından yüksek olması durumunda faya paralel yönde yüksek şiddette titreşimler oluşması ve fay atımından kaynaklanan kalıcı deformasyonların

yer değiştirme kayıtlarında görülmesi gibi durumlarla karşılaşılabilmektedir.

Bu çalışmada 06.02.2023 tarihi 04.17'de Kahramanmaraş ili Pazarlık ilçesinde 7,7 büyüklüğünde meydana gelen depremin Hatay bölgesinde oluşturduğu kayıtlardan 3124 ve 3143 numaraları istasyonların kayıtları değerlendirilmiştir. 3124 numaralı istasyonun Kahramanmaraş Pazarlık depremi kayıtları incelendiğinde her iki yatay yönde de maksimum hız ve maksimum ivme değerlerinin birbirlerine yakın olduğu ancak doğu – batı yönlü maksimum yer değiştirmenin kuzey güney yönüne oranla oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca hem kuzey – güney hem de doğu - batı yönlerinde

hız zaman kayıtları darbe türü olmaktan uzak olup hızların ve yer değiştirmelerin giderek azalan 6 – 7 adet dalga şeklinde olduğu görülmektedir. Esasen Hatay – Antakya bölgesinde kayıt edilen kuvvetli yer hareketleri, hem bir boyutlu zemin büyütme etkileri (empedans farkı kaynaklı büyütme, tabakaların kısmı rezonans etkisi), hem 2 – 3 boyutlu basen etkileri (basen kenarında oluşan yüzey dalgaları, odaklanma etkisi, basen rezonansı) hem de faya yakın sahalarda gözlenen etkilerin bileşiminden oluşmaktadır. Ancak yüksek periyotlarda çok yüksek spektral ivmelerin gözlenmesi olası bir basen etkisine işaret etmektedir. 3143 numaralı istasyonun hem kuzey – güney hem de doğu – batı yönlerindeki hız kayıtlarında hız darbesi biçiminde yer hareketlerinin oluştuğu görülmüştür. 3143 numaralı istasyonun doğu – batı yönlü hız kayıtları üzerinde Kardoutsou vd. (2017)'nin algoritmasıyla hız darbesi tanımlaması yapılmış, hız darbesinin periyodu ise 3,94 sn olarak belirlenmiştir.

Yumuşak zeminler ile dolu basenlerde, özellikle yüksek periyotlarda yönetmelikler tarafından önerilen tasarım tepki spektrumlarının üzerinde yer hareketleri oluşturabilmektedir. Bu tür etkiler 2 – 3 boyutlu zemin tepki analiz yöntemleriyle değerlendirilebilmektedir. Bununla birlikte bu tür analizlerin yapılabilmesi için basen geometrisi, jeolojik yapısı ve birimlerin kayma dalgası hızları – mekanik özellikleri bilinmelidir. Bu özelliklerin belirlenebilmesi için derin zemin araştırma teknikleri gerekmektedir. Bu tür araştırmaların parsel bazında etütlerle belirlenmesi çok olası gözükmemektedir. Bu nedenle İmara Esas Jeolojik – Jeoteknik etütlerde çalışma sahasında basen yapılarının bulunması durumunda bu konunun araştırılması ve saha için özel tasarım tepki spektrumlarının oluşturulması önerilir.

KAYNAKLAR

- Abdelmeguid, M., Zhao, C., Yalcinkaya, E., Gazetas, G., Elbanna, H. & Rosalis, A., (2023). Revealing The Dynamics of the Feb 6th 2023 M7.8 Kahramanmaraş/Pazarcık Earthquake: near-field records and dynamic rupture modeling, arXiv:2305.01825 [physics.geo-ph].
- AFAD (2023, 03 Mart), TADAS Türkiye İvme Veritabanı ve Analiz Sistemi <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/17966>.
- AFAD (2023, 03 Mart), TADAS Türkiye İvme Veritabanı ve Analiz Sistemi <https://tadas.afad.gov.tr/event-detail/17969>.
- Aguirre, J. & Irikura, K., (1997). Nonlinearity, liquefaction, and velocity variation of soft soil layers in Port Island, Kobe, during the Hyogoken Nanbu earthquake. *Bull Seism Soc Am* 87:1244–1258
- Aki, K. & P. Richards (1980). *Quantitative Seismology. Theory and Methods*, W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- Ayoubi, P., Mohammadi, K. & Asimaki, D., (2021). A systematic analysis of basin effects on surface ground motion, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 141.
- Beresnev, I. A. & Wen, K., (1996). Nonlinear Soil Response – A Reality?, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 86, No 6, pp. 1964 – 1978.
- Boore, D.M., (2013). The Uses and Limitations of the Square-Root-Impedance Method for Computing Site Amplification, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 103, No. 4, pp. 2356–2368, August 2013, doi: 10.1785/0120120283.
- Borcherdt, R. D., (1970). Effects of Local Geology on Ground Motion Near San Francisco Bay, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 60, No 1, pp 29 – 61.
- Chavez-Garcia, F., Raptakis, D., Makra, K., & Pitilakis, K. (2000). “Site effects at EuroSeisTest—II: Results from 2-D numerical modelling and comparison with observations.” *Soil. Dyn. Earthquake Eng.*, 191, 23–39.

- DMAM O.D.T.Ü. Deprem Araştırma Merkezi, (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık Mw=7.7 ve Elbistan Mw=7.6 Depremleri Ön Değerlendirme Raporu.
- Elgamel, A. & He, L., (2004). Vertical earthquake ground motion records: an overview, *Journal of Earthquake Engineering*, 8 (05), 663 – 697.
- Finn, W. D. L. (1991). Geotechnical engineering aspects of microzonation, *Proc. of the Fourth International Conference on Seismic Zonation*, Stanford, California, Vol. 1, 199-259.
- Furumura M., Sasatani T. & Furumura T., 1997, Generation of Basin Induced Surface Waves Observed in the Tokachi Basin, Hokkaido Japan, *J. Phys. Earth*, 45, 287 – 305.
- Gelagoti, F., Gazetas, G., & Kourkoulis, R. (2007). 2D Valley Effects: How predictable and important are they?”, *Proceedings, 4th International Conference of Earthquake Geotechnical Engineering*, Thessaloniki, 2007.
- Gelagoti, F., Kourkoulis, R., Anastasopoulos, I., Tazoh, T. & Gazetas, G., (2010). Seismic Wave Propagation in a Very Soft Alluvial Valley: Sensitivity to Ground-Motion Details and Soil Nonlinearity, and Generation of a Parasitic Vertical Component, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 100, No. 6, pp. 3035–3054.
- Hartzell, S. H., (1998). Variability in nonlinear sediment response during the 1994 Northridge, California, earthquake. *Bull Seismol Soc Am* 88(6):1426–1437
- Hunter, J. A, Crow, H., Brooks, G. R., Pyne, M., Lamontagne, M., Pugin, A., Pullan, S. E., Cartwright, T., Douma, M., Burns, R. A., Good, R. L., Motazedian, B., Folahan, I., Dixon, L., Dion, K., Duxbury, A., Landriault, V., Ter-Emmanuel, V., Jones, A., Plastow, G. & Muir, D., (2010). Seismic site classification and site period mapping in the Ottawa area using geophysical methods, Technical Report.
- Idriss, I. M. & H. B. Seed (1968). An analysis of ground motions during the 1957 San Francisco earthquake, *Bull Seism. Soc. Am.* 58, 2013 - 2032.
- Idriss, I. M. & H. B. Seed (1970). Seismic response of soil deposits, *J. Soil Mech. Foundations Div. ASCE* 96.
- Kardoutsou, V., Taflampas, I. & Psycharis, I. N. (2017). A new pulse indicator for the classification of ground motions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 107(3):1356-1364.
- Kudo, K., & Sawada, Y. (1998). A brief review on the Ashigara blind prediction test and some follow-up studies. *Proc., 2nd Int. Symp. On the Effects of Surface Geology on Seismic Motion*, Yokohama, Japan, 1, 305–312.
- Kudo, K., Shima, E., & Sakaue, M. (1988). Digital strong motion accelerograph array in Ashigara valley. *Proc., 9th World Conf. On Earth. Engin., Earthquake Engineering Research Center*, Berkeley, 119–124.
- Lanzo, G & Pagliaroli P, (2009), Numerical Modeling of Site Effects at San Giuliano di Puglia (Southern Italy) during the 2002 Molise Seismic Sequence, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 135, No. 9.
- Mello, M., Bhat, H.S. & Rosakis, A.J., (2016). Spatiotemporal properties of Sub-Rayleigh and supershear rupture velocity fields: Theory and experiments. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 93, 153–181 (2016). <https://doi.org/10.1016/j.jmps.2016.02.031>
- Moustafa, A. & Takewaki, I., (2010). Characterization and modelling of near-fault pulse-like strong ground motion via damage-based critical excitation method. *Struct. Eng. and Mechanics*, 34, 755-778.
- Nakamura Y., (1989). A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremor on the Ground Surface, *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute*, Vol 30, No 1.
- Raptakis, D., Chavez-Garcia, F., Makra, K., & Pitilakis, K. (2000). Site effects at EuroSeis test—I: Determination of the valley structure and confrontation of observations with 1D analysis. *Soil. Dyn. Earthquake Eng.*, 191, 1–22.

- Satoh, T., Sato, T. & Kawase, H. (1995). Nonlinear Behavior of Soil Sediments Identified by Using Borehole Records Observed at the Ashigara Valley, Japan. *Bull Seismol Soc Am* 85(6):1821–1834.
- Seismosoft, (2022), SeismoSignal - A computer program for signal processing of time-histories. www.seismosoft.com.
- Shearer, P. M. & J. A. Orcutt (1987). Surface and near-surface effects of seismic waves-theory and borehole seismometer results, *Bull. Seism. Soc. Am.* 77, 1168-1196.
- Somerville, P. G., (2000). Seismic hazard evaluation. *Bull. New Zealand Soc. Earthq. Eng.*, 33, 371-386.
- Tazoh, T., Dewa, K., Shimizu, K., & Shimada, M. (1984). Observations of earthquake response behavior of foundation piles for road bridges. *Proc., 8th World Conf. on Earth Engineering*, Vol. 3, 577–584.
- TBDY, (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği: Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar, Türkiye Cumhuriyeti, Ankara.
- Zeng, Y., Johnson, P.A & Beresnev, I.A. (1998). Pervasive nonlinear sediment response during the 1994 Northridge Earthquake: observations and finite-source simulations. *J Geophys Res* 103 (26):869
- Zhang, B., & Papageorgiou, A., (1996). Simulation of the response of the Marina District Basin, San Francisco, California, to the 1989 Loma Prieta earthquake, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 86, no. 5, 1382–1400.



Derleme / Review

Agrega Üretim Sahalarındaki Belirsizlik ve Risklerin Azaltılmasında Jeoloji ve Mühendislik Jeolojisi Araştırmalarının Önemi

The Importance of Geology and Engineering Geology Studies in Reducing Uncertainties and Risks in Aggregate Production Sites

Atiye TUĞRUL , Murat YILMAZ 

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320 Avcılar/İstanbul

Geliş (Received): Geliş 24 Mayıs (May) 2023 / Kabul (Accepted): 10 Haziran (June) 2023

ÖZ

Agrega ocaklarında üretilen malzemeler, beton ve çimento hammaddesi, asfalt ve dolgu agregası, demiryolu balast malzemesi vb. olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Çoğunlukla şehir içlerinde veya şehirlere yakın bölgelerde yürütülen agrega üretim faaliyetleri, jeolojik, çevresel, sosyal, yasal ve ekonomik belirsizlikler nedeniyle riskli bir faaliyettir. Teknik ve bilimsel verilere dayalı, belirsizlik ve riskleri azaltılmış, şeffaf ve tutarlı verilerle geliştirilmiş projeler iç ve dış tüm paydaşların proje riskleri hakkında doğru bilgiye sahip olmalarını sağlayacaktır.

Kayaçların kullanım alanlarına göre beklenen kaliteleri değişkenlik sunmaktadır. Birçok ocak yerinde, kayaçların bileşim ve dokuları, organik madde ve kavkı içeriği, yapısal unsurların kayaç kalitesine etkisi, farklı ayrışma türleri ve ürünleri, kayaçların kökeni ile ilgili zararlı bileşenler vb. unsurların çok kısa mesafelerde değiştiği bilinmektedir. Bu nedenle, ocaklarda işletme öncesi jeoloji ve mühendislik jeolojisi araştırmaları yapılmalıdır. Ocaklarda bulunan kayaçların bileşim ve kalite değişimleri ile jeolojik, hidrojeolojik, jeoteknik ve çevresel risklerinin belirlenmesi üretimin devamlılığında önemli rol oynayacaktır. Bu çalışmanın amacı; ocak alanlarında belirsizlik ve risklerin azaltılması için gerekli detaylı jeoloji ve mühendislik jeolojisi araştırmalarının önemini vurgulamaktır.

Anahtar Kelimeler: Agrega üretimi, agrega kalitesi, mühendislik jeolojisi araştırmaları, risk

ABSTRACT

Materials produced in rock quarries have many uses, such as concrete and cement raw material, asphalt and embankment aggregates and railway ballast. Aggregate production activities, which are mostly carried out in urban areas, are a risky activity due to geological, environmental, social, legal and economic uncertainties. Projects based on technical and scientific data have reduced uncertainty and risks; furthermore, projects developed with transparent and consistent data, will ensure that all internal and external stakeholders have accurate information about project risks.

Tuğrul, Yılmaz

The quality expectations of rocks change according to their planned use. Many quarries exhibit parametric differences within very short distances. For example rock composition and texture, organic material and shell content, structural characteristics, weathering types and their products, and the presence of dangerous substances can all vary. For this reason, pre-operation geology and engineering geology studies should be carried out in the quarries. Determining the composition and quality changes of the rocks in the quarries and the geological, hydrogeological, geotechnical and environmental risks will play an important role in the quarry and facility planning. The aim of this study is to emphasize the importance of detailed geology and engineering geology surveys in reducing uncertainty and risks in quarry areas.

Keywords: Aggregate production, aggregate quality, engineering geological studies, risk

GİRİŞ

Son yıllarda yoğun göçe maruz kalan ülkemizin özellikle büyükşehirlerinde büyüme süreci oldukça hızlanmıştır. Bu durum, beton ve çimento hammaddesi (kırmataş, kum-çakıl, kil, kireçtaşı, tras vb.), asfalt ve dolgu agregaları, anroşman malzeme vb. ihtiyacını arttırmıştır (Çizelge 1). Bu bağlamda, bölgeye en yakın kaynaklar, çoğunlukla bilimsel ve teknik verilere dayalı planlama ve projelendirme yapılmadan günümüze kadar işletilmiştir. Hızlı büyüme nedeniyle, şehirlerin hammadde ihtiyacını karşılayan agrega sektörü giderek şehir içinde kalmalarının yanı sıra, iklim değişikliği vb. ile

mücadele nedeniyle gün geçtikçe artan çevresel baskılar ve kısıtlara maruz kalmıştır. Buna karşın risk ve belirsizlikleri azaltmaya yönelik teknik ve bilimsel çalışmaları yetersizdir (Tuğrul vd. 2016; Tuğrul, 2018).

Agrega üretimi için, yatırım öncesi yapılması gerekli arama faaliyetleri, kaynak tahmini ve rezerv hesabı yatırımın en önemli faaliyetlerinden birini oluşturmaktadır. Zira sahada jeolojik risk varsa, örneğin sahadaki bir fay ile jeolojik koşullar değişiyor ve kaynak sınırlanıyorsa bu durum proje açısından çok önemli bir risktir.

Çizelge 1. Doğal yapı malzemelerinin kullanım alanları (McNally (1998)'den değiştirilerek)

Table 1. Usage areas of natural building materials (modified from McNally (1998)).

Malzeme Türü	Kullanım Alanları
Kaya Blokları	<ul style="list-style-type: none"> Dalgakıran Dolgularda yamaçları koruyan bloklar Barajlarda kaya dolgu ve riprap malzeme
Kırmataşlar	<ul style="list-style-type: none"> Beton ve asfalt agregaları Demiryolu balast malzemesi, gabion vb. inşasında kullanılan malzeme Filtre malzemesi
Doğal Kum ve Çakıllar (Karasal çökeller, nehir çökelleri, gölsel çökeller, deniz kumları ve çakılları)	<ul style="list-style-type: none"> Beton ve asfalt agregaları Dolgu malzemeleri Filtre malzemesi Harç kumu

Ancak, sürdürülebilirlik bakımından çevresel, sosyal ve yönetsimsel konular da raporlanmalıdır (Tuğrul, 2021). Zira, bu konularda risk taşıyan bölgelerde, sahada ekonomik değeri yüksek agrega kaynağı olsa dahi, üretim yapılması mümkün olmayabilir. Bu nedenle yatırım birçok yönüyle değerlendirilmelidir. Örneğin, Dünya Ekonomik Forumu'nun 2014 yılında yayımladığı rapora göre; endişe duyulan küresel risklerin en önemlilerinden biri su krizidir (su kaynaklarının azalması/ kirlenmesi). Nitekim, ülkemizde ve dünyada madencilığe karşı görülen halk hareketlerinin çoğu su kaynaklarının kirlenmesi ile ilgilidir.

Pazarda rekabet etmek, satış fiyatını düşürerek değil; doğru bilgilerle, inovasyon ve Ar-Ge çalışmalarından elde edilen verilere dayalı ekonomik üretimle mümkündür (Tuğrul, 2021). Piyasa arzının sürdürülebilir olması için risk değerlendirme ve entegre risk yönetimi kritik husustur. Riskini yönetebilen ve en aza indirmeyi başaran şirketlerle, klasik yöntemlere başvurarak veya fiyat düşürerek rekabet etmek, günümüz

ve gelecek şartlarında mümkün olmayacaktır; zira karlılığını artırmak isteyen madencilik şirketleri günümüzde uluslararası mutabakatlar, sözleşmeler, anlaşmalara uygun üretim yapmak durumundadır. Madencilik şirketleri ile ilgili riskler Şekil 1'de özetlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada; kum-çakıl ve kırmataş ocaklarından çıkarılan malzemelerin efektif bir şekilde değerlendirilmesinin yanı sıra, ocak işletmeciliği sırasında karşılaşılabilecek risk ve belirsizlikleri en aza indirmek amacıyla yapılması gerekli jeoloji ve mühendislik jeolojisi araştırmalarının önemi vurgulanmaktadır. Bu kapsamda; özellikle jeolojik açıdan heterojen kaya ortamlarında açılan ocak yerlerinde, ocak açımı öncesi ve sırasında, çok farklı amaçlar için, ocaktaki malzemenin mümkün olduğunca değerlendirilebileceği üretimi sağlayabilmek, ocakların üretim aynalarında oluşabilecek şev yenilmelerini önceden belirlemek, ocakların çevresel etkilerini değerlendirmek için gerekli olan mühendislik jeolojisi parametrelerine değinilmiştir.

Sosyal Riskler

(Toplum sağlığı ve güvenliği, iş ve işçi güvenliği/sağlığı, paydaşların katılımı, acil durumlar, paylaşılan değerler, sosyal durum, bölge halkının istihdamı vb.)

Kurumsal Yönetişim

(Kamusal yönetim, şirket yönetimi, paydaşların katılımı, izinler, şikayetler, şeffaflık, iş/meslek etiği vb.)

Üretim kaynaklı riskler

(Üretim, güvenlik, ekipmanlar vs.)

Çevresel riskler

(Arazi kullanımı, biyoçeşitlilik, toz, gürültü, titreşim, maden atık ve atıkları, su kaynaklarının kirlenmesi, CO₂ emisyonu, izinler vd.)

Küresel Riskler

(İklim değişikliği, Kovid-19 pandemisi, Volkan patlaması)



EKONOMİK RİSK

Jeolojik riskler

(jeolojik belirsizlik, maden kaynak ve rezervinde belirsizlik, depremler vd.)

Jeoteknik riskler

(kayaç stabilitesine uygun ocak dizaynı, Maden atık yığınları, heyelanlar, atık barajları vd.)

Su kaynaklı riskler

(hidrojeolojik riskler, sellenme, su kaynaklarının azalması vd.)

Şekil 1. Madencilik endüstrisinde riskler (Tuğrul, 2021).

Figure 1. Risks in the mining industry (Tuğrul, 2021).

RİSK VE BELİRSİZLİKLERİN AZALTILMASINDA MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ARAŞTIRMALARININ ÖNEMİ

Agregada üretim sahalarındaki belirsizlik ve risklerin azaltılmasında jeoloji ve mühendislik jeolojisi araştırmalarının önemli bir adımı da bir sahada agregada üretimi açısından aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir.

- *Kaynak/Rezerv*
- *Kaynak Kalitesi*
- *Kaynak özelliklerine uygun kaliteli üretim*
- *Jeoteknik ve hidrolojik/hidrojeolojik riskler*
- *Çevresel etkiler*
- *Lokasyon*

Bu koşulların herhangi birinin sağlanmaması ocaktaki veya tesistesi pazarlanabilir ürün miktarını sınırlar veya üretimi engeller. Bu nedenle detaylı ve dikkatli araştırmaların yapılması gereklidir.

Jeolojik kaynak agregada olarak kullanıma uygun ve yeterli miktarda olmalıdır. Üretim ekonomisini etkileyen dekapaj miktarı (yüzeydeki farklı litolojiler veya kalın ayrışma zonu, kullanılmayan kayaçların varlığı) az olmalıdır. Kaynağın görünür rezerve dönüştürülebilmesi diğer bir deyişle işletilebilecek durumda olabilmesi için madencilik, ekonomik, pazarlama, yasal, alt yapı, çevresel, sosyal, yönetsimsel ve düzenleyici/ıdari faktörler açısından sorun olmamalıdır.

Agregada kaynağı, bileşim, fiziksel ve kimyasal yönden uygun olmalıdır. Öte yandan, Ocak üretim planı, kaynak modeli, mühendislik jeolojisi modeli/haritası ile ilişkilendirilmezse üretim sırasında beklenmedik problemlerle karşılaşılabilir. Ülkemizde üretimlerin çoğu

genellikle mühendislik jeolojisi haritalarına gerek duyulmadan ocaktaki agregaların ortalama kalitesi dikkate alınarak yapılmaktadır. Bu durum Avrupa'nın birçok ülkesinde benzer şekildedir (Raisanen, 2005). Birçok ocakta farklı kaya birimleri sıklıkla çıkarılmakta, kırılmakta ve birbirleriyle karıştırılmak suretiyle düşük dirence sahip kayaların üretimi minimize edilmekte, ancak bu sırada bazı yüksek kaliteli agregada kayıpları olmaktadır. Eğer ocak yerindeki kalite değişimi önceden araştırılmışsa ve üretim yapılacak malzeme yeterince yaygın ve ocak alanı yeterince genişse, daha yüksek kaliteye sahip malzemeler ayrı bir şekilde üretilebilir (Raisanen, 2005). Van Loon (2002) tarafından belirtildiği gibi; bir agregada ocağında üretim kalitesi, ocağın bulunduğu alanın jeolojik özelliklerine bağlıdır. Agregada tane şekli, üretim tekniğinin yanısıra, kayacın yapısal ve dokusal (fabrik) özelliklerinden kaynaklandığı bilinmektedir (Ramsey vd., 1974). Birçok standartta verilen testler agregada kaynaklarını yeterince karakterize etmemektedir (Langer, 2001). Bu nedenle jeolojik araştırmalar mutlaka yapılmalıdır.

Kaya kalitesi değişiminin detaylı araştırıldığı heterojen kaya ortamlarında, seçici ocak işletmeciliği agregada kaynağının etkin bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Örneğin düşük kaliteli agregada kullanımının uygun olduğu alanlarda, iyi kaliteli agregaların kullanılarak en uygun şekilde değerlendirilmelerini engeller (Raisanen, 2005). Ayrıca; ocakta seçici üretim yapılmayıp, farklı kaya birimlerine ait agregaların karıştırıldığı durumda daha düşük kaliteli agregalar elde edilir. Öte yandan karıştırılan malzemeler arasında zararlı reaksiyonlar da oluşabilir. Örneğin; mafik lavlardaki karbonatlar, sülfite zengin mika şistlerden oluşan asidik akışkanlarla reaksiyona girerek sülfatları oluşturabilir veya diğer ayrışma ürünlerinin artışına neden olabilir. Bu durum su

absorbsiyonunu artırır ve malzemenin donma-çözölmeye karşı direncini düşürür (Raisanen, 2005).

Ocaklardan üretilen farklı agregaların uygunluğunun değerlendirilmesi için, üretici, fabrika üretim kontrolü için başlangıçta bazı araştırma ve testleri yaptırmalıdır. Bunun gerçekleştirilmesinde ilk adım; ocaklar için detaylı jeoloji haritalarının hazırlanmasıdır. Ancak örtülü arazilerde, özellikle jeolojik olarak heterojen kaya ortamlarında yüzey verilerine göre detaylı jeoloji haritası yapımı zordur. Bu da agregaların efektif bir şekilde kullanımlarını azaltır. İşletilen bir ocağın planlamasının ve üretiminin ocak yeri ile ilgili jeolojik verilere dayandırılmadığı durumda daha az verimli olması kaçınılmazdır (Raisanen, 2005). Ocak yerinde bulunan kaya birimlerinin özellikleri ve bu özelliklerin değişimi ocak ekipmanı ve maliyetini etkilemektedir. Ayrıca, Lizotte ve Scoble (1994)'de belirttiği gibi; kayaçların jeolojik özelliklerinin, üretim proseslerine (patlatma, kırma vb.) etkisinin önemli olmasının bilinmesine rağmen, bununla ilgili bilgiler yeterli değildir. Patlatma ve kırma sonucu, bazı kayaç türlerinde çok ince malzeme oranı, bazılarında uzun ve/veya yassı tane oranının yüksek olmasına karşın, bazılarında ise herhangi bir problem görülmemektedir (Jern, 2001). Kırılan tanenin yüzey geometrisi ve şekli kayacın kırma ve patlatma prosesine karşı davranışı ile ilgilidir (Briggs ve Bearman, 1996; Evertsson, 2000). Özellikle heterojen kaya ortamlarında ocak yeri değerlendirmesi yapılırken kayacın jeolojik ve mekanik özelliklerinin dikkate alınması işletmeye ekonomik yönden yarar sağlayacaktır (Stubbs ve Smith, 1997; Houston ve Smith, 1997; Lolcama vd., 2002; Persson, 2002; Raisanen, 2005). Smith ve Collis (1993)'e göre; bir ocak yerinin planlanmasında çevresel ve jeolojik faktörlerin yanı sıra üretim sistemi

ve bunun ekonomik boyutu değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmelerin temelinde mühendislik jeolojisi araştırmaları önemli yer tutar.

Agrega üretim sahalarındaki kalıntı toprak, zayıf, tutturulmamış ve/veya az tutturulmuş zemin niteliğindeki örtü birimler ve ayrılmış kayaçlar zayıf jeolojik malzemeler, süreksizlikler (tabaka, fay, birim sınırı vb.), patlatmadan kaynaklı ve deprem kaynaklı titreşimler ve yüzey ile yeraltı su koşulları jeoteknik risklerin temel sebepleridir. Bu sebepler agrega üretim sahalarında ayna bazında stabilite problemlerinin oluşmasına, buna ilaveten üretimden kaynaklı ocak derinliğinin artması ile global şev stabilite problemlerinin de oluşmasına neden olmaktadır. Bunun dışında pasa döküm sahalarındaki kontrolsüz dökülen ve uzun yıllar biriken pasa yığınlarında meydana gelen stabilite sorunları agrega üretim sahalarındaki jeoteknik risk olarak değerlendirilmektedir.

Yüzey ve yeraltı sularının yarattığı hidrojeolojik riskler, agrega üretim sahalarında önemli bir işletme sorunu ve potansiyel tehlike oluşturmaktadır. Yüzey ve yeraltı sularının üretim sahasına sızması, madencilik faaliyetlerinin ilerlemesi ile uyumlu olarak artmaktadır. Örneğin, ocak derinliği arttıkça yer altı sularının depolandığı akiferin daha geniş kesimleri açığa çıkacaktır. Bu durum sızma alanını arttırarak işletme alanlarına boşalımı çoğaltacaktır. Böylece ocak içi üretim ve nakliye koşullarını olumsuz etkileyecektir. Bunun dışında, yeraltısuyunun agrega üretim sahalarındaki en önemli etkisini şevlerde görmektedir. Burada, yeraltısuyunun oluşturacağı hidrostatik basınç, şevlerde kaymalara yol açmaktadır. Yeraltı sularının etkilerinin yanı sıra üretim sahaları yüzey suları ve yağışlardan da doğrudan etkilenmektedir. Özellikle ani kar erimeleri ve sürekli yağışlar işletme faaliyetlerini bir süre durmasına neden olabilir.

Agrega ocaklarının çevresel etkileri göz ardı edilemez. Bu ocakların en belirgin çevresel etkileri; morfolojinin değişmesi ile arazi kullanımının şekli ve koşullarının değişimidir. Özellikle orman ve tarım arazileri, geniş bir açıklığa dönüşmektedir. Diğer etkiler; bölgedeki canlıların yerleşim alanlarının ve bitki örtüsünün azalması, yerüstü ve yeraltısuyu rejiminin değişmesi, çevreye yayılan tozlar nedeniyle su kaynakları ve havanın kirlenmesi, gürültü, patlatma etkileri, erozyon ve görüntünün bozulmasıdır. Bu yüzden bu tür ocakların çevreyi etkileme düzeyleri önceden belirlenmelidir. Uygun olmayan çevresel koşullar rezervlerin değerlendirilmesini kısıtlayabilir. Madencilik nedeniyle, çevresel etkilerin yoğunluğunda jeolojinin önemli etkisi vardır. Bazı jeolojik ortamlar iyi anlaşılır ve kolaylıkla karakterize edilir. Bu tür ortamların çevresel etkilerini belirlemek ve doğal sistem içerisinde kontrol etmek kolaydır. Ancak, akarsu yatakları, karstik ortamlar ve potansiyel heyelan alanları gibi bazı ortamların çevresel etkilerinin yayılım ve şiddetinin tahmini daha zordur.

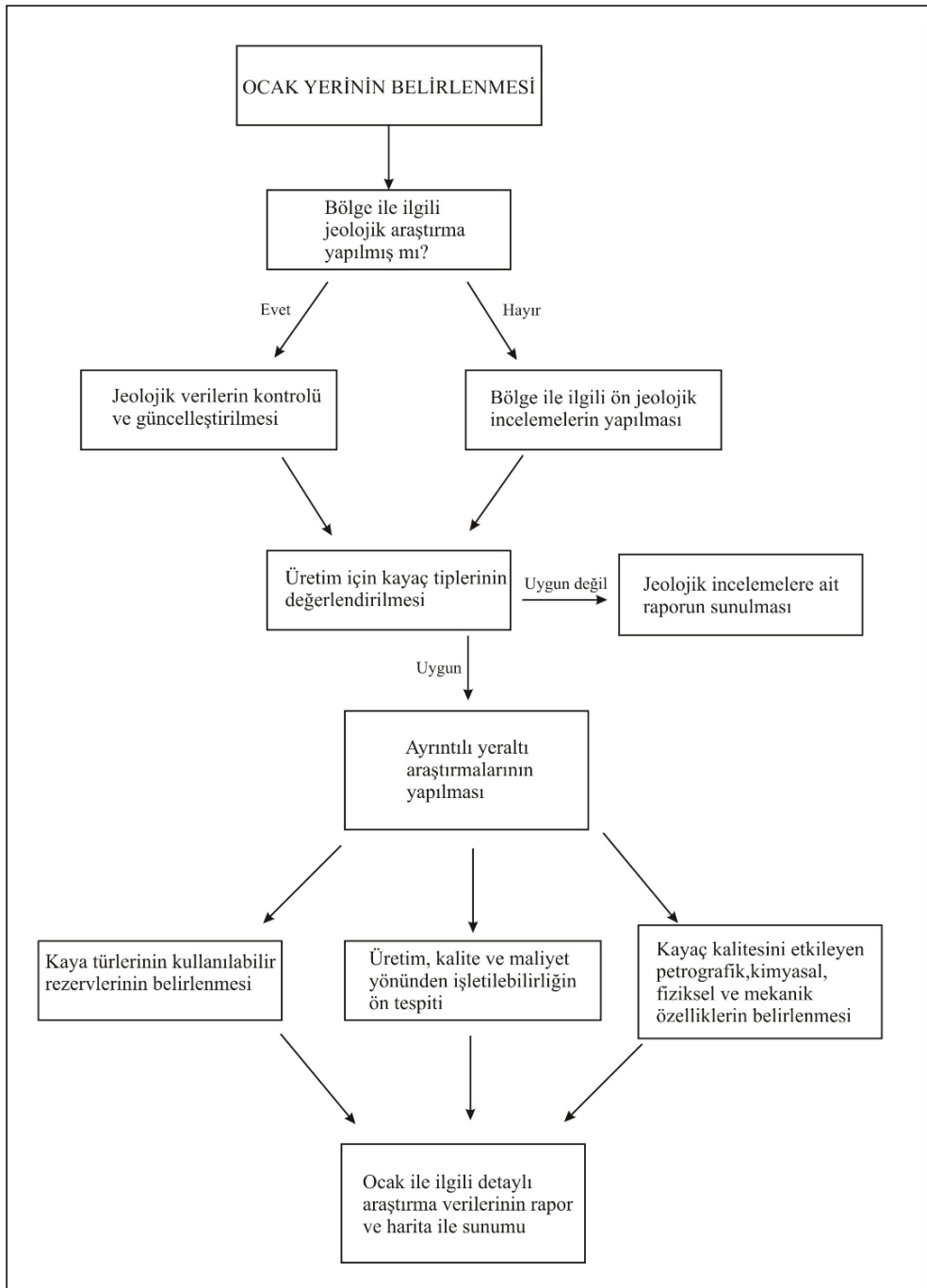
Agrega kaynağı pazara yakın olmalıdır. Zira birçok ülkede olduğu gibi, ülkemizdeki yakıt maliyetleri nedeniyle nakliye mesafesi en önemli rekabet unsurlarından biridir. Kaynağın pazara yakın olması CO₂ emisyonu açısından da önem arz etmektedir.

OCAK YERLERİNDEKİ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ARAŞTIRMALARI

Ocakta bulunan tüm malzemelerin kazı ve agregası olarak kullanımları yönünden değerlendirilmeleri açısından doğru ve yerinde kararlar alınabilmesi için, ocakla ilgili tüm veriler birlikte değerlendirilmelidir (Şekil 2). Ocaklar açılmadan önce, yüzeyde yapılan araştırmalarla birlikte, özellikle örtülü arazilerde, ortamdaki bitkisel toprak, örtü malzemesi veya ayrılmış malzemenin altındaki ana kayanın incelenmesi için araştırma sondajı ve galerilerinden yararlanılmasının yanı sıra, jeofizik araştırmaların (sismik, jeoradar vb.) yapılması gereklidir (Tuğrul ve Yılmaz, 2007). Bu araştırmalar ile ocak yerlerindeki etkin jeolojik faktörler, ocak açılmadan önce mümkün olduğunca belirlenir (Çizelge 2).

Kayaların jeolojik geçmişleri kaya kalitesi üzerinde oldukça etkilidir (Persson, 2002). Kaya gruplarının genel özellikleri birçok kaynaktan bulunmaktadır (Johnson ve DeGraff, 1988; Smith ve Collis, 1993; Goodman, 1993). Farklı kökenli kumlar, çakıllar ve kayalar, bunların agregası olarak kullanılmaları durumunda oluşturabilecekleri problemler ile dikkat edilmesi gerekli hususlar ise Çizelge 3'de özetlenmiştir.

Mühendislik jeolojisi araştırmalarında; ocak yerindeki detaylı jeolojik araştırmaların yanı sıra, ocağı temsil eden örneklemenin yapılması diğer önemli adımlardan biridir (Yılmaz ve Tuğrul, 2013). Taşların yüzeylendiği yarmalardan, sondajlardan veya ocakta işletme devam ediyorsa aynalardan örnekleme yapılabilir. Bu işlemin mutlaka konusunda uzman jeoloji mühendisleri tarafından yapılması gereklidir (Tuğrul ve Yılmaz, 2007).



Şekil 2. Ocak yeri seçiminde aşamalar

Figure 2. Stages in choosing a quarry location

Tuğrul, Yılmaz

Çizelge 2. Agregaya kaynakları ile ilgili mühendislik jeolojisi araştırmaları

Table 2. *Engineering geology studies on aggregate resources.*

Araştırılması Gereken Unsurlar	Araştırma Yöntemleri	Verilerin Değerlendirilmesi
Önceki çalışmalar	Literatür, rapor, harita, CBS ve uzaktan algılama verileri, hava fotoğrafları, uydu görüntülerinin vb. sağlanması	Ocak yerinin belirlenmesi Rezervin saptanması Stok sahası seçimi
Ocak yerindeki malzemenin jeolojik özellikleri (Malzemelerin türleri, stratigrafik konumları, aralanmaları, kalınlıkları ve birbirleriyle olan ilişkileri) Dayk vb. sokulumların yoğun olduğu alanlar	Saha çalışması Yeraltı araştırmaları (Araştırma çukuru, sondaj, araştırma galerileri, jeofizik yöntemler vb.) Temsili örnekleme (yüzeyden örnekleme, sondaj karotları)	Üretim sistemi (Patlatma ve kırıcı dizaynı) İşletme projesi Ocak verimi Örtü malzemesi ve miktarı
Topoğrafik ve jeomorfolojik koşullar	Saha çalışmaları, uydu görüntüleri vb. incelenmesi	Kazı öncesi ve sonrası stabilite
Örtü malzemesi kalınlığı	Yüzey ve yeraltı çalışmaları	Ocaktaki malzemenin değişimi ve uygunluğu
Kayalardaki birincil süreksizlikler (Tabakalanma, şistozite, lineasyon vb. yapıların yatay ve düşey doğrultudaki değişimleri, yönelimleri, kalınlıkları ve ilişkileri)	Saha gözlemleri Yeraltı araştırmaları	Ürün kalitesi (agrega tane şekli, ince madde oranı, dayanım, durabilite vb.)
İkincil süreksizlikler (Fay, eklem, kıvrımlanma vb.), yüzey ve yeraltındaki değişimleri	Uzaktan algılama vb. Saha gözlemleri Yeraltı araştırmaları Petrografik incelemeler	Zararlı reaksiyonlar Tehlikeli bileşenler ve insan sağlığına etkisi
Süreksizliklerin mühendislik özellikleri (doğrultu ve eğimleri, açıklıkları, dolguları, ilişkileri, yoğunlukları vb.)		Malzemenin etkin değerlendirilmesi Çevresel Etkiler-ÇED Raporu Atık ürünler
Mikroçatlak yoğunluğu		Ocak yerinin rehabilitasyon ve renovasyonu
Mineralojik ve petrografik özellikler (Ocaktaki kaya türlerinin modal bileşimleri, doku-fabrik, tane boyu, tane sınırları vb.)	Mineralojik ve petrografik araştırmalar (Polarizan mikroskobu ile inceleme, XRD Analizleri, SEM görüntüleri vb.)	Ekonomik analiz
Kimyasal özellikler Zararlı Kimyasal Bileşenler	Kimyasal analizler	Yatırım (Tesis, enerji, nakliye yolu vb.) Maliyet analizi (sabit ve değişken maliyetler)
Kayacın jeomekanik özellikleri (yoğunluk, porozite, su absorpsiyonu, direnç, elastisite modülü, ultrasonik hız vb.)	Laboratuvar deneyleri (Yüzey numunesi ve sondaj karotları üzerinde) Pratik arazi testleri	Pazar araştırması (yıllık tüketim, güncel üreticiler vb.) Nakliye ve pazarlama
Agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri, dinamik parçalanması, aşındırabilirliği, durabilitesi (alkali-agrega reaksiyonu, donma-çözülme vb.)	Laboratuvar deneyleri (Yüzey numunesi ve sondaj karotları üzerinde)	

Çizelge 2. Agregat kaynakları ile ilgili mühendislik jeolojisi araştırmaları (devam)

Table 2. *Engineering geology studies on aggregate resources. (continued)*

Araştırılması Gereken Unsurlar	Araştırma Yöntemleri	Verilerin Değerlendirilmesi
Malzeme özelliklerinin kullanım yerindeki performansına etkisinin araştırılması	Performans deneyleri Uygunluk kriterleri	
Ayrışma tipi, derecesi, derinliği vb (Kayada ve süreksizlik yüzeylerinde)	Yüzey ve yeraltı araştırmaları Mineralojik ve petrografik araştırmalar Kimyasal Analizler Laboratuvar deneyleri	
Hidrotermal Alterasyon (klorit, epidot, ikincil kalsit vb. oluşumu)	Yüzey ve yeraltı araştırmaları Mineralojik ve petrografik araştırmalar Kimyasal Analizler	
Yüzey ve yeraltı suyundaki değişimler	Yüzey ve yeraltı araştırmaları Kimyasal analizler	

Çizelge 3. Farklı agregatlar, muhtemel problemler ve dikkat edilecek hususlar

Table 3. *Different aggregates, possible problems, considerations*

Kayaç Türü	Dikkat edilecek hususlar	Muhtemel problemler
Sedimanter Kayaçlar (Kireçtaşı, kumtaşı, kiltası vb.)	Tabakalanma-ardalanma (Yönelim, kalınlık, farklı tabakalardaki bileşim değişimleri)	Karmaşık, heterojen tabakalar Kalite değişimi Yassı ve uzun taneler
	Çimentolanma derecesi ve çimentonun türü	Direnç değişimi
	Kireçtaşları	Erime
	Çamurtaşı, grovak	Betonda büzülme
	Şeyl, çört, bazı kumtaşları	Alkali-silis reaksiyonu
	Kuarsit	Konkoidal kırılma, köşeli taneler, Üretim maliyeti artışı (Ekipman aşınması, ekipman bakım süresi) Pompalama güçlüğü
	Dolomit içeriği	Alkali-karbonat reaksiyonu
Mika, jips vb. içeriği (kumtaşlarında)	Aderans düşüklüğü Betonda su ihtiyacı artışı Dayanım ve durabilitede azalma	

Tuğrul, Yılmaz

Çizelge 3. (devam)

Table 3. (continued)

Kayaç Türü	Dikkat edilecek hususlar	Muhtemel problemler
	Opal, kriptokristalin ve mikrokristalin kuvars, kalsedon içeriği (çatlak ve boşluk dolgusu, çimento malzemesi)	Alkali-silis reaksiyonu
	Vermikülit, klorit, mika vb. içeriği (grovak, çamurtaş vb.)	Alkali-silikat reaksiyonu
	Volkanik kırıntılı içeriği (Tüf, Aglomera, Lapilli v.s.)	Düşük direnç
	Zayıf düzeyler (kıltaşı, marn, kil çimentolu kayaç vb.)	Düşük direnç İnce madde ve yassı tane oranında artış
	Kükürtlü bileşenler, klorür ve sülfat içeriği	Aderans düşüklüğü Demir donatıya etki
	Fosfat mineralleri, flor, sodyum ve silisli bileşikler, Fe, Pb, Cu, Zn, Cd, U, Mn, As, Sb, Hg içeriği	İnsan sağlığı açısından tehlikeli
	<i>Çatlak yüzeylerindeki pirit, kalkopirit</i>	Sülfatların oluşumu
	Fosil ve kavkı içeriği	Düşük direnç
	Organik madde içeriği	Çimento hidratasyon hızı Betonun priz alma süresinde uzama
Volkanik Kayaçlar (Bazalt, andezit, piroklastikler vb.)	Heterojen yapı, yönlenebilirliğe bağlı bileşim ve doku değişikliği (farklı fasiyesler)	Kalite değişimi
	Kristobalit, tridimit ve volkanik cam içeriği	Alkali-silis reaksiyonu
	Asidik-ortaç kayaçlar (andezit, riyolit, tüf, dasit, andezitik bazalt vb.)	Alkali-silis reaksiyonu
	İnce taneli ve camsı volkanikler	Konkoidal kırılma Keskin köşeli yassı taneler Pürüzsüz yüzeyler

Çizelge 3. (devam)

Table 3. (continued)

Kayaç Türü	Dikkat edilecek hususlar	Muhtemel problemler
	Hamur malzemesinin türü ve miktarı	Direnç değişimi
	Bazalt, dolerit vb.	Köşeli taneler Betonda büzülme Ekipman aşınması
	Zayıf düzeyler (Bazı tüfler, volkanosedimanter kayaçlar vb.)	Direnç azalması İnce madde ve yassı tane oranı artışı
	Opal, kriptokristalin ve mikrokristalin kuvars, kalsedon içeriği (çatlak ve boşluk dolgusu)	Alkali-silis reaksiyonu
	Bazik olanların (bazalt vb.) Cr, Ni, Co, Cu, Fe, Pb, Zn, Cd, Ag içerikleri, Asidik olanların (andezit vb.) Si, Ag, Cu, Pb, Zn, W, Sn, Cd, Mo, U, Th, F, As, Sb, Hg içeriği	İnsan sağlığı açısından tehlikeli
	Zeolit oluşumu	İnsan sağlığı açısından tehlikeli
	<i>Çatlak yüzeylerindeki pirit, kalkopirit</i>	Sülfatların oluşumu
	Gaz boşlukları (bazalt)	Kalite değişimi
Plütonik Kayaçlar (Granit, diyorit, siyenit vb.)	Kayaç değişimleri	Direnç değişimi Tane şekli
	Kristallenme ve kenetlenme derecesi Kristal boyutu	Direnç değişimi
	Mika içeriği (Granitlerde)	Aderans düşüklüğü Betonda su ihtiyacı artışı Dayanım ve durabilitede azalma
	Anklav içeriği	Düşük direnç, kusurlu taneler
	Opal, kriptokristalin ve mikrokristalin kuvars, kalsedon içeriği (çatlak ve boşluk dolgusu)	Alkali-silis reaksiyonu

Tuğrul, Yılmaz

Çizelge 3. (devam)

Table 3. (continued)

Kayaç Türü	Dikkat edilecek hususlar	Muhtemel problemler
	Si, Ag, Cu, Pb, Zn, W, Sn, Cd, Mo, U, Th, F, As, Sb, Hg içeriği	İnsan sağlığı açısından tehlikeli
	<i>Çatlak yüzeylerindeki pirit, kalkopirit</i>	Sülfatların oluşumu
Metamorfik kayaçlar (Gnays, mermer, şist vb.)	Genellikle karmaşık ve heterojen yapı	Direnç ve durabilitede değişim Zararlı reaksiyonlar
	Foliasyon, şistozite, klivaj	Zayıflık zonları, Ocak stabilitesinde bozulma
	Kuvarsit	Alkali-silis reaksiyonu Konkoidal kırılma, köşeli taneler, Üretim maliyeti artışı (Ekipman aşınması, ekipman bakım süresi) Pompalama güçlüğü
	Gnays	Alkali-silis reaksiyonu
	Zayıf düzeyler (Yoğun şistoziteli, ince taneli, yoğun deformasyona uğramış, kırıklı)	İnce madde ve yassı tane oranında artış Aderans düşüklüğü Düşük direnç Ayrışma ve dondan etkilenme Stok süresince yeniden ufalanma
	Metamorfik kuvars içeriği	Alkali-silis reaksiyonu
	Vermikülit, klorit, mika vb. içeriği (fillitlerde)	Alkali-silikat reaksiyonu
	Yersel bileşim değişimleri (mika bandları vb.)	İnce madde oranında artış Düşük direnç Aderans düşüklüğü Beton çimento ihtiyacında artış İşlenebilirlikte azalma
	Opal, kriptokristalin ve mikrokristalin kuvars, kalsedon içeriği (çatlak ve boşluk dolgusu)	Alkali-silis reaksiyonu

Çizelge 3. (devam)

Table 3. (continued)

Kayaç Türü	Dikkat edilecek hususlar	Muhtemel problemler
Denizel çökeller Kıyı çökelleri	Kaynak kaya ile ilgili olarak ortalama Fe, Cu, Pb, Cu, Cr, Cd, Ni, Co, As, Sb, ve Hg içerikleri	İnsan sağlığı açısından tehlikeli
	Pirit, kalkopirit içeriği	Sülfatların oluşumu
	Kristalizasyon, metamorfizma derecesi ve ürünleri	Alkali-silis reaksiyonu
	Farklı kökenli taneler	Alkali-agrega reaksiyonu Direnç değişimi
	Biçimsiz ve ince dane yoğunluğu	Beton su ihtiyacında artış
	Kavkı içeriği	Düşük direnç
Alüviyal çökeller (dere yatağı, alüviyal taraça, alüviyal koni)	Klorür ve sülfat içeriği	Aderans düşüklüğü Demir donatıda korozyon etkisi Betonda şişmeye bağlı hasar
	Çok farklı kökenli taneler	Alkali-agrega reaksiyonu
	Çoğunlukla pürüzsüz yüzeyle, yuvarlak taneler (dere yatağı, alüviyal taraça)	Aderans düşüklüğü
GölSEL Çökeller	Tanelerin silisle kaplanması (alüviyal taraça)	Alkali-silis reaksiyonu
	Bileşim değişimi	Kalite değişimi
	Kavkı içeriği	Düşük direnç
	Organik madde içeriği	Çimento hidratasyon hızı Betonun priz alma süresinde uzama
Karasal kum ve çakıllar (rüzgar çökelleri, buzul çökelleri, kolüviyal çökeller vb.)	Kil içeriği	Aderans düşüklüğü Beton su ihtiyacında artma Dayanım ve durabilitede azalma
	Çok değişken tane boyu dağılımı	İnce madde oranında artış

Tuğrul, Yılmaz

Çizelge 3. (devam)

Table 3. (continued)

Kayaç Türü	Dikkat edilecek hususlar	Muhtemel problemler
	Çok değişken kalınlık ve yayılım	Düşük agrega potansiyeli
	Çok farklı kökenli taneler (buzul çökelleri) Genellikle aynı kökenli taneler (yamaç molozu çökelleri)	Alkali-agrega reaksiyonu
	Fiziksel parçalanma (Buzul çökelleri) Kil, mika vb. içeriği	Agrega olarak sınırlı kullanım Aderans düşüklüğü Beton su ihtiyacında artma Dayanım ve durabilitede azalma

Mühendislik Jeolojisi araştırmalarında önemli adımlardan diğeri olan deneysel çalışmalarda, agreganın kullanım alanı ile ilgili olarak uygun deney programının uygulanması gereklidir. Bu deneylerden elde edilen verilere göre; ocaklardan üretilen malzemelerin özelliklerine göre mümkün olduğunca sınıflandırılmalıdır. Ayrıca; agregalardaki zararlı ve tehlikeli maddeler ile depolanma sürecinde agregalarda meydana gelebilecek özellik değişimlerinin (ayırışma, dağılma vb.) belirlenmesi gereklidir. Özellikle magmatik ve metamorfik kayalarda tehlikeli maddelerin bulunması muhtemeldir. Bu nedenle bu tür kayaların işletilmesi söz konusu olduğunda, işletme öncesi, bu tip kayaçların, insan sağlığı açısından toksik özellikler arz eden metal elementlerin konsantrasyonlarının belirlenmesi son derece önemlidir (Çizelge 3).

Mühendislik Jeolojisi araştırmalarından elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile ocak için uygun kazı planının hazırlanması, ocaktaki malzemeye uygun üretim prosesinin belirlenmesi, uygun üretim ekipmanının seçimi, üretim maliyetinin (delme, kazma, çıkarma, nakletme) önceden hesaplanması, üretilecek

malzemenin etkin bir şekilde değerlendirilmesi, ocaktaki yeraltı suyu durumunun belirlenmesi gibi ocak işletmeciliği açısından oldukça önemli işlemler (Çizelge 2) uygun ve doğru bir şekilde yapılacaktır.

Mühendislik jeolojisi araştırmalarından elde edilen verilere göre hazırlanan "Ocak Yeri Mühendislik Jeolojisi Haritası" önemli ve son adımdır. Bu harita ile ruhsat alanında ocağın açılacağı en uygun yerin seçimi, kazı planlaması, kullanılmayacak durumda olan ürünlerin kaldırılması ve depolanmaları için uygun yer seçimi, stok alanının seçimi doğru bir şekilde yapılabilir. Ocak üretim planı detaylı mühendislik jeolojisi haritaları ile ilişkilendirilmezse üretim sırasında beklenmedik problemlerle karşılaşılabilir.

SONUÇLAR

Agrega üretim faaliyetlerinin oluşturabileceği çevresel, sosyal ve üretim kaynaklı risklerin temelinde jeolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik riskler bulunmaktadır. Tüm bu risklere neden olan faktörlerin dikkate alınmaması durumunda

üretim faaliyetleri olumsuz etkilenecek ve ekonomik riskler kaçınılmaz olacaktır. Bu yüzden jeoloji ve mühendislik jeolojisi araştırmaları agrega konusunda yapılan çalışmaların temelini oluşturmaktadır.

Günümüzde agrega üretimi ile ilgili ülkemiz ve dünyada birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar kalite ile çevresel, sosyal ve yönetişimsel konular üzerinde yoğunlaşmıştır. Kalite konusunda kalite sürekliliği, dayanıklılık, kaynak verimliliğinin artırılması, üretim ve kontrolü için dijitalleşme, atıkların azaltılması ve döngüsel ekonomi üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Çevresel, sosyal ve yönetişimsel konular üzerinde ise çoğunlukla; ekonomik, çevresel ve sosyal politikalar, planlama politikaları, sorumlu kaynak kullanımı ve sorumlu madencilik, enerji verimliliği, düşük karbon emisyonu, toz emisyonlarının azaltılması, su kaynaklarının korunması ve atıkların geri dönüşümü ile ilgili çalışılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Briggs, C. A., & Bearman R. A., (1996). An investigation of rock breakage and damage in comminution equipment. *Miner Eng.*, 9, 489–497.
- Evertsson, C. M., (2000). Cone crusher performance. PhD Thesis, Chalmers University of Technology, Goteborg.
- Goodman, R. E., (1993). *Engineering Geology, Rock in Engineering Construction*, John Wiley and Sons Inc. (Publisher), 412 p.
- Houston, E. C., & Smith, J. V., (1997). Assessment of rock quality variability due to smectitic alteration in basalt using X-ray diffraction analysis. *Eng Geol.*, 46, 19–32.
- Jern, M., (2001). Determination of the damaged zone in quarries, related to aggregate production. *Bull Eng. Geol. Environ.*, 60, 157–166.
- Johnson, R.B., & DeGraff, V.J., (1988). *Principles of Engineering Geology*, John Wiley and Sons Inc. (Publisher), New York, 497 p.
- Langer, W.H., (2001). Geological considerations affecting aggregate specifications. 9th Annual Symposium of the International Center for Aggregates Research, Austin, Texas, April 23–25.
- Lizotte, Y.C., & Scoble, M.J., (1994). Geological control over blast fragmentation. *Can Mining Metallurgical Bull.* 87(983), 57–71.
- Lolcama, J. L., Cohen, H. A., & Tonkin, M. J., (2002). Deep karst conduits, flooding, and sinkholes: lessons for the aggregates industry. *Engineering Geology*, 65, 151–157.
- McNally, G.H., (1998). *Soil and Rock Construction Materials*, E & FN Spon, London, 403 p.,
- Persson, L., (2002). Rock materials for construction: Resources, Properties, Heterogeneity and suitability for use: Examples and Issues from the Precambrian of Sweden, Proceedings of 9th IAEG Congress, Durban, South Africa, 105-120.
- Raisanen, M., (2005). Quality assessment of a geologically heterogeneous rock quarry in Pirkanmaa county, southern Finland, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 64, 409-418.
- Ramsay, D. M., Dhir, R. K., & Spence, I. M., (1974). The role of rock and clast fabric in the physical performance of crushed-rock aggregate, *Engineering Geology*, 8, 267-285.
- Smith, M. R., & Collis, L., (1993). *Aggregates. Geological Society Engineering Geology Special Publication*, Vol 9. 339 p.
- Stubbs, B. J., & Smith, J. V., (1997). Weathered bedrock as a source of sand and gravel aggregate in north-eastern New South Wales, Australia. *Environ Geol.*, 32(1), 64–70.
- Tuğrul, A. ve Yılmaz, M., (2007). Taş Ocaklarında Kayaç Kalitesinin Değişimi ve Ocak Yerlerinde Mühendislik Jeolojisi Araştırmalarının Önemi, IV. Ulusal Kırmataş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul, Türkiye, ss.63-72.

- Tuğrul, A., Yılmaz, M., Hasdemir, S., & Sönmez, İ., (2016). Sustainable management of aggregate resources in İstanbul, From: Eggers, M. J., Griffiths, J. S., Parry, S. & Culshaw, M. G. (eds) 2016. Developments in Engineering Geology. Geological Society, London. Geological Society Engineering Geology Special Publication, 27, 55–61.
- Tuğrul, A., (2018). The State of Aggregates in the World Today, 61st Annual Meeting/XIII IAEG Congress, Engineering Geology for a Sustainable World, 15-23 September 2018, San Francisco, USA.
- Tuğrul, A., (2021). Sürdürülebilir madencilik yolunda sorumlu kaynak kullanımı ve sorumlu madencilikte UMREK koduna uygun raporlamanın önemi, Mimar ve Mühendis, sayı: 120, sayfa: 32-37.
- Van Loon, A. J., (2002). The complexity of simple geology. *Earth Sci Rev.*, 59, 287–295.
- Yılmaz, M., & Tuğrul, A., (2013). The Importance of Lithologic Changes in an Aggregate Quarry, Global View of Engineering Geology and the Environment Proceedings, Faquan Wu & Shengwen Qi (eds), pp. 405-412.

YAYIN AMAÇLARI VE KURALLARI, YAYINA KABUL İLKELERİ

AMAC ve KAPSAM:

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

- İnsan ile Yerküre arasındaki etkileşimlere ilişkin bilgi ve deneyimleri doğal çevreyi de gözetererek daha güvenli ve sağlıklı bir yaşam ortamı sağlamak amacı ile insanlığın hizmetine sunmayı hedefleyen Jeoloji Mühendisliği mesleğinin, günlük yaşamdaki yerini ve önemini daha etkin bir şekilde yansıtmak,
- Bu alanda ulusal ve uluslararası gelişmeleri Jeoloji Mühendislerinin bilgisine sunmak,
- Konu ile doğrudan veya dolaylı etkinliklerde bulunan bilim insanları, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasındaki bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirecek ve hızlandıracak, kolay erişilebilen, geniş katımlı bir tartışma ortamı sağlamak ve bunları yayma olanağı yaratmak,
- Uluslararası Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusunda, doğal kaynakların etkili yönetimi, mühendislik yapıları, mekansal planlamalar, insan ve doğayı yeryüzü dinamiklerini gözetererek, jeolojik tehlikeler göz önünde bulundurularak dirençli ortamların tasarımına katkıda bulunmak ve Jeoloji Mühendisliğine ilişkin diğer sorunların daha etkin bir şekilde çözüme kavuşturulması ve geliştirilmesini sağlamak,
- Disiplinler arası araştırmaların ve birlikte çalışabilirlik ilkelerinin geliştirilmesine katkıda bulunma,

amaçlarına sahiptir.

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, mühendislik jeolojisi, jeoteknik, su kaynakları yönetimi ve hidrojeoloji, çevre jeolojisi ve atık yönetimi, jeotermal, sondaj tekniği ve uygulamaları, doğal olası tehlikeler, doğa kaynaklı afetler ve afet yönetimi gibi uygulamalı jeoloji mühendisliği hizmetleri konularının yanı sıra, uygulamaya yönelik yerbilim verilerinin de içinde bulunduğu inşaat, maden, jeofizik, petrol, çevre ve şehir bölge planlama gibi disiplinler arası ulusal ve uluslararası araştırmaların yayımlandığı bir dergidir.

Bu kapsamda;

- Mühendislik yapıları için uygun yer seçimi araştırmaları ve arazi kullanım planlamaları,
- Jeoteknik saha araştırmaları, sondaj çalışmaları, arazi ve laboratuvar deneyleri,
- Jeoteknik çalışmalarda kullanılan jeofizik yöntemler,
- Kaya ve zeminlerin jeomekanik özellikleri,
- Şev duraylılığı değerlendirmeleri ve izleme teknikleri,
- İnsan ve doğayı olumsuz etkileyen dinamik jeolojik süreçlere dirençli mekansal planlama çalışmaları,
- Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojilerinin jeoloji mühendisliği alanında uygulamaları,
- Doğal olası tehlike ve risk (Deprem, sıvılaşma, heyelan, obruk, tıbbi jeoloji, taşkın, çığ vb.) değerlendirmeleri,
- Doğa kaynaklı afetler ve afet yönetimi çalışmaları,

- Çevre jeolojisi araştırmaları, atık yönetimi ve yer seçimi çalışmaları,
- Yüze ve yeraltı su kaynaklarının yönetimi, hidrojeolojik sorunlar ve çözümlere yönelik yaklaşımlar,
- Jeolojik kaynakların yönetimi uygulamaları, sorunları, çözüm önerileri ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi,
- Jeotermal, maden ve mineral kaynaklarının araştırma ve geliştirilmesi, yeraltı jeolojisi modelleme çalışmaları,
- Kirleticiler ve ekosisteme etkileri,
- Doğal yapı malzemeleri ve zemin iyileştirme çalışmaları,
- Tarihi yapıların ve jeolojik anıtların korunmasında mühendislik jeolojisi,
- Kaynak arama ve üretim süreçlerindeki sondaj uygulamaları, sondaj teknolojilerindeki gelişmeler,
- Yapı üretim ve denetim süreçlerinde jeoloji mühendisliği alanına giren konulardaki araştırma, geliştirme ve proje çalışmaları,
- Jeoloji Mühendisliği eğitimi ve eğitimin geliştirilmesi,

konuları öncelikli olmak üzere, yukarıdaki konularla ilişkili tüm kuramsal ve uygulamalı çalışmaları kapsayan araştırmalar Jeoloji Mühendisliği Dergisinde yayımlanır. Çalışmanın daha önce yayımlanmamış olması gerekmektedir. Jeoloji Mühendisliği Dergisinde, dört yazı türü yayımlanmaktadır:

- 1- ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article):** Özgün bir çalışmanın sunulduğu yazıdır. Kuramsal temel, yeterli miktar ve nitelikte veriye dayalı bulgu ve sonuçların ayrıntılarıyla değerlendirildiği bölümleri içermelidir. Yazının toplam uzunluğu 9000 sözcük eşdeğerini (15 JMD sayfası) aşmamalıdır. Makale, alanında uzman en az iki hakem tarafından incelendikten sonra yayımlanır.
- 2- DERLEME (Review):** 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 getiren ve geliştiren yazıdır. Yazı uzunluğu konuya bağlı olarak değişebilir. Yayın Kurulu incelemesi zorunluluğu yoktur.
- 3- TEKNİK NOT (Technical Note):** Teknik not makalesi, önceki yayınlara kıyasla gerçekten yeni olan bir teknik, ekipman, araştırma yöntemi veya bir değerlendirme yöntemini kapsayan çalışmalardır. Makalede değerlendirme veya ölçüm yöntemlerinin, nasıl doğrulandığı belirtilmelidir. Bir teknik not 4000 kelimedenden uzun olmamalıdır (6 JMD sayfası). Makaleler en az iki yayın kurulu üyesi tarafından incelenecektir.
- 4- DÜZELTME (Erratum):** Makalenin son düzenleme sırasında yazarlar veya yayın kurulu tarafından yanlışlıkla oluşturulan yayımlanmış bir makaledeki hataları düzeltmek için bir hata bildirimini yayımlanır. JMD, yayımlanan makalenin yazarları veya okuyucular tarafından hatalara karşı uyarılabilir. Yazarlar yayın kurulunu uyardıysa, mümkün olan en kısa sürede bir düzeltme (erratum) yayımlanır. Bir okuyucu yayın kurulunu uyardıysa, bir yazım hatası bildiriminin uygun olup olmadığını görmek için yazarla iletişime geçilir. Okuyucular, Editör ile iletişime geçebilirler. Editöre Mektup

alınmışsa ve yazım düzeltilmesi gerekliyse, orijinal makalenin yazarlarından, yayınlanan Editöre Mektup'a yanıt vermeleri ve düzeltme yazısı yazmaları istenir.

ETİK İLKELER VE YAYIN POLİTİKASI

1. Etik İlkeler ve Yayın Politikası

Jeoloji Mühendisliği Dergisi (JMD) yayıncı ve kullanıcıları (Editör ve teknik editör, yazarlar, hakemler, okuyucular vb.) Yayın Etiği Komitesi (Committee on Publication Ethics-COPE, <https://publicationethics.org/>) tarafından belirlenen etik kurallar ve sorumluluklara uyar.

Jeoloji Mühendisliği Dergisi hakemli bir dergidir. Basılı ve elektronik ortamda çevrimiçi yayın yapmakta olup, açık erişim sistemine sahiptir. Dergi sayıları Aralık ve Haziran aylarında yılda iki kez yayınlanır. Yayın süreçlerinde, bilimsel yöntemle özgürce ve yansız biçimde üretilen bilginin paylaşılması gözetilir. Makale değerlendirme sürecinde kör hakemlik sistemi uygulanır. JMD'nin 1977 yılından itibaren yayınlanan tüm sayıları gerek yayıncı kuruluş olan TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından basılı ve elektronik versiyonları, TÜBİTAK ULAKBİM- DergiPark tarafından ise elektronik versiyonları arşivlenmektedir.

1.1 Etik İlkeler

Editörlerin Etik Görev ve Sorumlulukları

Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nde görev alan Editörler, Yayın Etiği Komitesi (Committee on Publication Ethics -COPE) tarafından "Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors" başlığı altında yayınlanan kılavuz kapsamında hazırlanan etik görev ve sorumluluklara sahiptir.

Editörler, derginin gelişimi ve yayınlanan çalışmaların kalitesini geliştirmeye yönelik süreçleri takip etmekle sorumludurlar.

JMD'ne sunulan makale ilk olarak, Editörler tarafından dergi amaç ve kapsamına uygunluğu açısından gözden geçirilir. Gönderilen makale, derginin amaç ve kapsamına uymuyorsa en geç 15 gün içerisinde reddedilir ve yazara bilgi verilir. Amaç ve kapsamı uygun bulunan makale, yapılan hakem değerlendirmesi öncesi yazım kuralları, dil ve anlatım ile çalışmanın planlanması açısından incelenir. Bu konularda eksiklikleri bulunan makalelerin yazar tarafından düzeltilmesi istenir.

Editörler, makalelerin tüm bölüm içeriklerini inceleyip, uygun bulunduğu makaleler hakem değerlendirmesine alınırlar. Ancak, herhangi bir nedenle hakem değerlendirmesine uygun bulunmayan makaleler, editörün değerlendirme raporuyla birlikte reddedilir. Yazara en geç 15 gün içerisinde bilgi verilir.

Hakem değerlendirmesinde makaleler, editör tarafından içerik ve uzmanlık alanlarına göre dergi hakem havuzundan ve/veya havuz dışından olmak üzere, en az üç hakeme gönderilir. Makale hakemlerinin belirlenmesinde, çıkar çatışması/çakışması hususlarına özen gösterilir.

Hakem görüşleri doğrultusunda, düzeltilmesi istenen makalelerin düzeltilmiş kopyası, geçerli bir neden olmaksızın yazarlar

tarafından 30 gün içerisinde tekrar editöre gönderilmediği takdirde, editörün makaleyi reddetme hakkı vardır. Yeniden düzenleme sonrası, düzeltilmiş makale editör tarafından gerekirse yeniden hakem değerlendirmesine gönderilir veya editör tarafından doğrudan kabul veya reddedilir.

Değerlendirme sonucu, hakemlerden gelen görüşler, editör tarafından en geç 15 gün içerisinde incelenir. İnceleme sonucunda, editör makaleye ilişkin nihai kararını vererek yazara iletir. Ret kararı verilen makaleler arşivlenir.

Editörler; olası suistimal ve görevi kötüye kullanma işlemlerine karşı önlem almakla yükümlüdür. Bu duruma yönelik şikayetlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi konusunda titiz ve nesnel bir soruşturma yapmanın yanı sıra, konuyla ilgili bulguların paylaşılması, editörün sorumlulukları arasında yer almaktadır. Suistimal şüphesi veya tartışmalı yazarlık durumlarında COPE akış şemaları (<https://publicationethics.org/resources/translated-resources/turkish-all-flowcharts>) dikkate alınarak gerekli aşamalar izlenir.

Editörler; yazar, hakem veya okuyuculardan gelen şikayetleri dikkatlice inceleyerek aydınlatıcı ve açıklayıcı bir şekilde yanıt vermekle yükümlüdür.

Dergi sahibi, yayıncı ve diğer hiçbir politik ve ticari unsur, editörlerin bağımsız karar almalarını etkilemez.

Editörler; yazar(lar), hakemler ve diğer editörler arasındaki çıkar çatışmalarını göz önünde bulundurarak, çalışmaların yayın sürecinin bağımsız ve tarafsız bir şekilde tamamlanmasını garanti eder.

Hakemlerin Etik Görev ve Sorumlulukları

Jeoloji Mühendisliği Dergisi'nde görev alan Hakemler, Yayın Etiği Komitesi (Committee on Publication Ethics -COPE) tarafından "COPE-Ethical Guidelines for Peer Reviewers" başlığı altında yayınlanan kılavuz kapsamında hazırlanan etik görev ve sorumluluklara sahiptir.

- JMD'de tüm bilimsel yayınların objektif değerlendirilmesini sağlamak amacıyla kör hakemlik sistemi uygulanmaktadır. Makaleye hakem atama aşamasında hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir çıkar çatışması/çakışması bulunmamasına özen gösterilmektedir. Bu amaçla hakem ve yazar(lar) arasında bilhassa;
 - Tez danışmanı/öğrenci ilişkisi olmaması,
 - Yazar(lar) ve hakem arasında yakın geçmişte (son 2 yıl) ortak araştırma ve yayın yapılmamış olması,
 - Aynı kurumda görev yapıyor olmaması,
 - Dergiye sunulan yazıya biçim ya da içerik yönünden katkı yapmamış olması,
 - Yazar(lar) ve hakem arasında yargıya ya da etik kurullara intikal eden ihtilafların olmaması,
 - Hakem ve yazar(lar) arasında akrabalık ilişkisinin olmaması,
 - Hakemin yazar(lar) hakkında kamuoyuna intikal etmiş önyargılarının bulunmaması,

- o Hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir ticari ilişkisinin olmaması,

gibi durumlar dikkate alınır. Yukarıda belirtilen ve dergi editörlüğünün gözünden kaçan durumların olması ihtimaline karşı hakemler editörü uyarır ve gerekli bilgiyi verir.

Ayrıca;

- Hakemler, sadece uzmanlık alanlarına giren makaleleri değerlendirir.
- Hakemler değerlendirmelerini tarafsız, objektif ve gizlilik içinde yapmakla yükümlüdürler.
- Değerlendirmede milliyet, cinsiyet, dini inanç, siyasi düşünce, ticari kaygılar vb. nedenlerle tarafsızlıklarını kaybetmemelidirler.
- Görüş ve önerilerini akademik görgü kuralları içinde, yapıcı ve akademik bir dille yapmaları, kişisel polemik yaratacak üsluptan kaçınmaları gerekmektedir.
- Yayın sürecini sebepsiz uzatacak şekilde değerlendirmelerini geciktirmemeleri gerekir. Hakem değerlendirme süreci için hakemlere verilen süre 30 gündür. Hakemler veya editörden gelen düzeltme önerilerinin yazarlar tarafından 30 gün içerisinde tamamlanması zorunludur. Hakemler makale için düzeltmelerini inceleyerek uygunluğuna karar verebilir veya gerekliyse birden çok defa düzeltme talep edebilir.

Yazarların Etik Görev ve Sorumlulukları

JMD’nde uygulanan yayın süreçleri, bilginin tarafsız ve saygın bir şekilde gelişimine ve dağıtımına temel teşkil etmektedir. Bu doğrultuda uygulanan süreçler, yazarların ve yazarları destekleyen kurumların çalışmalarının kalitesine doğrudan yansımaktadır. Hakemli çalışmalar bilimsel yöntemi somutlaştıran ve destekleyen çalışmalardır. Bu noktada sürecin bütün paydaşlarının (yazarlar, okuyucular ve araştırmacılar, yayıncı, hakemler ve editörler) Yayın Etiği Komitesi-COPE ilkelerine uyması önem taşımaktadır.

JMD’ne değerlendirilmek üzere makale gönderecek yazar(lar), öncelikle DergiPark’a üye olmak zorundadır. Sorumlu yazar çalışmalarını (orijinal makale, derleme, vb.) JMD’ne DergiPark sistemi üzerinden göndermelidir.

Makaleden sorumlu yazarın dergiye yeni makale gönderimi için “iThenticate İntihal Tespit Yazılımı” veya “Turnitin” veya eşdeğeri bir intihal programı kullanarak benzerlik raporunun yanı sıra, imzalanan “Telif Hakkı Devri Formu” ve “Etik Bildirim Formu”nu DergiPark sistemine yüklemesi gerekmektedir. Gönderilen makalenin benzerlik endeksi oranı, referans listesi hariç, % 20’nin altında olmalıdır.

Yazarlar çalışmalarını aynı anda birden fazla derginin başvuru sürecinde bulundurmaz. Her bir başvuru önceki başvurunun tamamlanmasını takiben başlatılabilir. Başka bir dergide yayınlanmış çalışma JMD’ne gönderilemez.

Sorumlu yazar, gönderilen bu makalenin başka bir yerde benzer bir formda yayınlanmadığını, makalenin orijinal olduğunu ve yayınlanmak üzere başka bir yere gönderilmeyeceğini garanti etmelidir.

Yazar(lar)ın gönderdikleri çalışmaların özgün olması beklenmektedir. Yazar(lar)ın başka çalışmalardan yararlanmaları veya başka çalışmaları kullanmaları durumunda eksiksiz ve doğru bir biçimde atıfta bulunmaları ve/veya alıntı yapmaları gerekmektedir.

Yazar(lar)dan değerlendirme süreçleri çerçevesinde makalelerine ilişkin ham veri talep edilebilir; böyle bir durumda yazar(lar) beklenen veri ve bilgileri yayın kuruluna sunmaya hazır olmalıdır.

Yazar(lar), kullanılan verilerin kullanım haklarına, araştırma/analizlerle ilgili gerekli izinlere sahip olduklarını gösteren belgeye sahip olmalıdır.

Makale yazarlarının her biri makaleye önemli bilimsel katkıda bulunmuş olması gerektiğinden her yazarın eşit etik sorumluluk taşıdığı kabul edilir. Yazar(lar)ın yayınlanmış, erken görünüm veya değerlendirme aşamasındaki çalışmasıyla ilgili bir yanlış ya da hatayı fark etmesi durumunda, dergi editörünü veya yayıncıyı bilgilendirme, düzeltme veya geri çekme işlemlerinde editörle iş birliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır.

Değerlendirme aşamasındaki makalesini geri çekme isteğinde bulunan yazar(lar)ın, konuyu içeren ıslak imzalı dilekçeyi dergi e-posta adresi jmd@jmo.org.tr üzerinden yayın kuruluna iletmesi gerekir. Yayın Kurulu, geri çekme dilekçesini inceleyerek en geç 15 gün içerisinde cevap verir. Yayın Kurulu tarafından dilekçesi onaylanmayan bir makalenin yazar(lar)ı, makalelerini başka bir dergiye gönderemezler.

Yayınlanmak üzere gönderilen tüm çalışmaların varsa çıkar çatışması teşkil edebilecek durumları ve ilişkileri açıklanmalıdır.

Değerlendirme süreci başlamış bir çalışmanın yazar sorumluluklarının değiştirilmesi (Yazar ekleme, yazar sırası değiştirme, yazar çıkartma gibi) teklif edilemez.

Değerlendirme sürecinde yazarlar; editör ve hakemlerin görüş, öneri ve eleştirilerine cevap vermekle yükümlüdürler. Yazarlar, hakem görüşlerini dikkate alarak sorulan soruları cevaplamak, görüş ve önerileri değerlendirmek, eleştirilere karşı olumlu ya da olumsuz karşılık vererek bunlara dair kanıtlarını ayrıntılı bir mektupla editöre bildirmek zorundadır. Bu karşı mektupta akademik üslup kullanılmalı, kişisel tartışmalardan kaçınılmalıdır.

1.2 Yayın Politikası

JMO ve/veya JMD yayınlanacak makalelerin telif haklarının alınması için yazarlardan yazılı onay alır. İlgili yazar, dergiye sunulan makalenin yazarı/sahibi olduğunu ve kendisi ve diğer yazar(lar) adına telif hakkını JMO ve/veya JMD’ne devreder. Telif Hakkı Devri Formunun doldurularak, makale sunumu esnasında dergi sistemine yüklenmesi zorunludur.

Sunulan makalenin tüm yazarları, yazının tüm haklarını ve tüm telif haklarını imzalayarak JMO ve/veya JMD’ne devretmelidir. JMO ve/veya JMD’nin, ilgili makalenin tamamını veya bir kısmını dersler/ders notları, raporlar ve ders kitapları/basılı kitaplar gibi gelecekteki eserlerinde herhangi bir ödeme yapmadan kullanma hakkı ve ilgili makalenin kendi kullanımı için kopyasını alma hakkı vardır. JMO ve/veya JMD; ticari amaçlar dışında patent hakları gibi telif hakkı dışındaki tüm haklarını saklı tutar.

JMD sistemindeki tüm kişisel bilgiler bilimsel amaçlarla kullanılmakta olup, üçüncü taraflarla paylaşılmamaktadır.

Editör, Teknik Editör ve Yayın Kurulu üyeleri, yazarların görüşlerinden ve yazı içeriğinden sorumlu değildir. Yazarlar, yazılarındaki etik özgünlük ve olası hatalardan sorumludur. Son okuma (düzeltme okuması) öncesi ve sayfa düzenleme aşamasında oluşabilecek tüm hatalardan yazarlar sorumludurlar. Son okuma sonrası meydana gelen hatalar dergi yetkililerinin sorumluluğundadır.

YAZIM KURALLARI

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nin yayım dili Türkçe ve İngilizcedir. Makale hangi dilde hazırlanmışsa Başlık, Öz, Şekil ve Çizelge açıklamalarını takiben diğer dildeki karşılığı yazılmalıdır. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması ve bu konuda makalenin dergiye sunumundan önce gerekli yardımı alamamaları durumunda, Başlık, Öz, Şekil ve Çizelge başlıklarının Türkçeye çevrilmesinde Editörler gerekli yardımı sağlar. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını DergiPark sistemine yüklemeye önce, dil bilgisi ve yazım tarzı açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir.

Dergiye yayımlanmak üzere gönderilen makaleler, dergi yazım kurallarına göre hazırlanmalıdır.

Dergi yazım kurallarına göre hazırlanmış MS Office Word şablonunu bilgisayarınıza indirmek için lütfen [tıklayınız](#)...

Dergiye yayımlanmak üzere gönderilen makaleler, Etik İlkeler ve Yayın Politikası dikkate alınarak hazırlanmış olmalıdır.

Tüm makaleler Jeoloji Mühendisliği Dergisi DergiPark Sistemi üzerinden <https://dergipark.org.tr/tr/journal/1669/submission/step/manuscript/new> adresindeki "Makale Gönder" menüsü aracılığıyla elektronik ortamda gönderilmelidir.

Bunun için önce DergiPark sistemine üye olmalısınız. Makale Gönderim Aşamasında karşınıza çıkan Etik Beyan formu ve Telif Hakkı Devir formlarının düzenlenip, makale dosyalarıyla birlikte sisteme yüklenmesi gerekmektedir.

Yazılar aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır:

- Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- Yazarların Ad(lar)ı SOYAD(LAR)I koyu olacak şekilde, adresleri (italik ve küçük harfle) ile sorumlu yazarın e-posta adresi
- Öz (Türkçe ve İngilizce)
- Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- Giriş (amaç, kapsam ve yöntemi)
- Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzemeler, tanımlamalar, analizler vd.)
- Tartışma ve Sonuçlar veya Sonuçlar
- Katkı Belirtme
- Kaynaklar

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, sponsor, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cmX21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2.5 cm boşluk bırakılarak, 1,5 satır aralığında ve 12 puntoyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

Başlıklar şu şekilde olmalıdır:

ÖZ

ABSTRACT

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

KATKI BELİRTME

ORCID

KAYNAKLAR

Başlık ve Yazarlar

Yazının başlığı, 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, eğer henüz yoksa <http://orcid.org> web adresinden edinecekleri ORCID (ORCID, Open Researcher ve Contributor ID'nin kısaltmasıdır. ORCID, Uluslararası Standart Ad Tanımlayıcı (ISNI) olarak da bilinen ISO Standardı (ISO 27729) ile uyumlu 16 haneli bir numaralı URL'dir.) bilgilerini de makale ile birlikte sunmalıdır.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneklere uygun olarak verilmelidir.

Tolga ÇAN

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01250 Adana

e-posta: tolgacan@cu.edu.tr

ORCID Numarası: 0000-0001-9940-2832

ÖZ

Çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 200 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Öзде kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Makalelerde hem Türkçe hem de İngilizce Öz bulunmalıdır. Türkçe yazılarda ilk önce Öz, daha sonra “Abstract” (İtalik), İngilizce yazılarda ise önce Abstract daha sonra Türkçe Öz (italik) olacak şekilde hazırlanmalıdır.

Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract'ın altında sırasıyla Türkçe ve İngilizce olarak en az 3-6 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusunu yansıtan anahtar kelimeler verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla, birinci anahtar kelimenin ilk harfi büyük, diğerleri ise küçük harflerle yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

KATKI BELİRTME

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları ünvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

Hibe, proje fon desteği vb. teşekkürleri bu başlık altında ayrı bir paragraf olarak belirtilmelidir. Finansman sağlayan kuruluşların isimleri tam olarak yazılmalıdır.

Araştırma sırasında yardım sağlayan kişiler burada listelenmelidir (örneğin, İngilizce tercüme desteği sağlamak, yazım yardımı veya makalenin Türkçe ve İngilizce düzeltilmesini yapmak vb.).

DEĞİNİLECEK BELGELER

Metin İçinde Atıfların Yazılması

A. Yayında tek yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Yazar1, Tarih) Ör: (Sönmez, 1996)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Yazar1 (Tarih) Ör: Sönmez (1996)

B. Yayında 2 yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Yazar1 ve Yazar2, Tarih) Ör: (Merriman ve Frey, 1999)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Yazar1 ve Yazar2 (Tarih) Ör: Merriman ve Frey (1999)

C. Yayında 2'den fazla yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Yazar1 vd., 1987) Ör: (Pettijohn vd., 1987)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Yazar1 vd. (1987) Ör: Pettijohn vd. (1987)

D. Arka arkaya birden fazla atıfta bulunulacaksa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Merriman ve Frey, 1999; Pettijohn vd., 1987; Sönmez, 1996)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Merriman ve Frey (1999), Pettijohn vd. (1987), Sönmez (1996)

. Aynı yazarların aynı yıl içinde birden fazla yayınına atıfta bulunulduysa

Bu durumda Kaynaklar bölümünde makalelerin tarihlerinden sonra a, b, c gibi harfler verilir, metin içindeki atıflarda da tarihlerden sonraki harfler kullanılır.

Kaynakçada:

Ahmetoğlu, A. ve Hüsnuoğlu, H. (2022a). Makale Adı 1. Süreli yayının/derginin adı (kısaltılmamış), Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Ahmetoğlu, A. ve Hüsnuoğlu, H. (2022b). Makale Adı 2. Süreli yayının/derginin adı (kısaltılmamış), Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Metin içindeki atıflarda:

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Ahmetoğlu ve Hüsnuoğlu, 2022a)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Ahmetoğlu ve Hüsnuoğlu (2022a)

Kaynaklar Bölümü

Aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır

- JMD'de Türkçe yayınlanacak makalelerde: Kaynak çok isimli bir çalışma ise: Son isimden önce “ve” gelmelidir eğer kaynak İngilizce ise “&” kullanılmalıdır.
- Editörün belirtilmesi gereken çalışmalarda: Tek isim ise (Ed.) çoklu editör ise: Son isimden sonra (Ed.ler) eğer kaynak İngilizce ise (Eds.) yazılmalıdır.

A. Süreli yayınlar:

A.1. Süreli yayınların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Makalenin başlığı. Süreli yayının/derginin adı (kısaltılmamış), Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. International Journal of Rock Mechanics, 27(3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Özel durumlar:

A.2.1. Eğer makale serbest erişimli bir internet sayfasından alındıysa:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye'de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. Türkiye Jeoloji Bülteni, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. Eğer makalenin makale numarası varsa:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. Journal of African Earth Sciences, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>

B. Bildiriler:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bildirinin başlığı. Editör(ler), Sempozyum veya Kongrenin Adı, (bildirinin sayfa aralığı). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Ed.ler), 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri ve Tam Metin Bildiriler Kitabı, (s.63-64). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf

C. Kitaplar:

C.1. Kitapların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Kitabın Adı (ilk harfleri Büyük). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). Sand and Sandstones (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>

Ketin, İ. (2016). Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

C.2. Çeviri Kitapların Gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Kitabın Çeviri Adı (Çevirenlerin adları). Yayınevi. (Orijinal yayın tarihi). Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Komatina, M. M. (2011). Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri (Çev: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Orijinal yayın tarihi: 2001).

D. Kitapta Bölüm ise:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bölüm Adı. Editör(ler) Kitap adı (Bölümün sayfa aralığı). Yayınevi.

Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), Low Grade Metamorphism, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

E. Raporlar ve Tezler:

E.1. Raporlar:

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Raporun başlığı (Varsa rapor no). Kurum adı (Yayımlanma durumu).

Kellogg, H. E. (1960). Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey (Rapor no: 1367). TPAO (yayımlanmamış).

E.2. Tezler:

Yazar adı, (Tarih). Tezin başlığı [Yayımlanma durumu ve derecesi]. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı.

Sönmez, H. (1996). TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

F. Kişisel Görüşme:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

G. İnternette İndirilen Bilgiler:

Kurumun veya internet sayfasının adı, (Erişim tarihi). Web adresi.

KRDAE, (2020, 02 Ocak). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Deprem Bilgileri, Büyük Depremler. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>

H. Kaynak olarak kullanılan haritalar:

Konak, N. ve Ercan, T., 2002. 1/500.000 Türkiye Jeoloji Haritası Van Paftası, (Şenel, M., (Ed.)). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

EŞİTLİKLER

Matematiksel sembolleri ve formülleri resim olarak değil, lütfen düzenlenebilir metin olarak gönderin. Denklemler için denklem düzenleyicisini veya MathType'ı kullanın. 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. Prensipler olarak, değişkenler italik olarak sunulmalıdır. "e" nin kuvvetleri "(exp)" ile gösterilmelidir. Eşitliklerde kullanılacak alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterlerle yazılmalıdır (Id, x2 gibi). Eşitliklerdeki sembollerin açıklamaları eşitliğin hemen altındaki ilk paragrafta verilmelidir. Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis

olarak 0.5 kullanılmalıdır ($\sigma_{mass} = \sigma_{0.5}$ 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_2 - gibi ifadeler yerine Ca^{+2} ve CO_3^{-2} kullanılmalıdır. Metinde eşitliklere “eşitlikler (1, 2, vb.)” şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Eşitlik verildikten sonra ilgili parametreler açıklanmalıdır.

ÇİZELGE VE ŞEKİLLER

Çizelge ve şekiller metin içerisinde yer almalıdır. Çalışmanın sonunda ayrıca verilmemelidir. Çizelge ve şekillerde genel şablonun dışında 10 punto Times New Roman yazı karakteri kullanılır. Paragraf sekmesinde girintiler bölümünde; önce ve sonra alanı 0, satır aralığı tek olmalıdır. Tablo ve şekiller sola dayalı olmalı ve metin kaydırma özelliği kapalı olmalıdır. Çizelge ve şekiller Dergi'nin tek (7.5 cm-Genişlik) veya çift (16 cm-Genişlik) kolonuna sığacak şekilde düzenlenmelidir.

Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte, Dergi'nin sayfalarındaki baskı alanını (16 x 22cm) aşmayacak şekilde hazırlanmalı ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısımlarında hem Türkçe hem de İngilizce başlıkları bulunmalıdır. Makalenin Türkçe yazılması halinde İngilizce başlık italik harflerle Türkçe başlığın altında yer almalı, İngilizce makalelerde ise, italik yazılmış Türkçe başlık İngilizce başlıktan sonra verilmelidir. Çizelgeler, “Çizelge 1” vb. şeklinde sunulmalıdır. Metinde çizelgelere Çizelge 1 veya Çizelge 1 ve 2 (eğer birden fazla sayıda çizelgeye atıfta bulunulacaksa) şeklinde değinilmelidir. Çizelgeler içindeki karakterler 10 punto (duruma göre daha küçük) yazılmalıdır. Çizelgelerde dikey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için Dergi'nin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Çizelgelerle ilgili varsa verilmesi gereken açıklamaları daha küçük karakterlerle çizelgenin altında belirtebilirsiniz.

Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak “Şekil” başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Çizim, grafik ve fotoğraf formatlarında aşağıda önerilen kurallar dikkate alınmalıdır.

Kullanılan uygulama ne olursa olsun, elektronik fotoğraf/grafik sonlandırıldığında, ‘farklı kaydet’ seçeneğini kullanarak görüntüleri aşağıdaki biçimlerden birine dönüştürün (çizgi çizimler, yarı tonlar ve çizgi/yarı ton kombinasyonları için aşağıda verilen çözünürlük gereksinimlerine dikkat edin):

EPS (veya PDF): Vektör çizimleri. Yazı tipini yerleştirilmeli veya metin ‘grafik’ olarak kaydedilmeli.

TIFF (veya JPG): Renkli veya gri tonlamalı fotoğraflar (yarı tonlar) için en az 300 dpi kullanılmalı.

TIFF (veya JPG): Çizgi grafikler için en az 1000 dpi kullanılmalı.

TIFF (veya JPG): Çizgi grafikler /yarım ton (renkli veya gri tonlamalı) kombinasyonlarda minimum 500 dpi kullanılması gereklidir.

Şekil başlıkları; şekillerin altına yazılmalı ve çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 16 cm (genişlik) x 22 cm (uzunluk) olmalıdır. Özellikle haritalar, arazi ile ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) kullanılmamalı, metrik sisteme uygun çizgisel ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun koordinat sistemi (enlem/boylam veya izdüşüm koordinat sistemi) değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları (lejang); şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Bu tür sunumlarda örneğin; Şekil 1a, b’de, veya (Şekil 1c, d) a, b, c, d vb. şeklinde toplu olarak sunulan bir şekil, ayrı sayfalarda basılması yerine, gruplandırılarak aynı sayfada sunulmalıdır.

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ EDITÖRLÜĞÜ

T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisleri Odası

Hatay Sokak No: 21 Kocatepe/Ankara

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

Faks : (312) 434 23 88

E-posta : jmd@jmo.org.tr

AIM & SCOPE

Journal of Geological Engineering has the following purposes;

- To more effectively reflect the place and importance of the geological engineering profession in daily life. The field of geological engineering studies the interactions between humans and the earth, then shares this knowledge and experience to provide humanity with safer and healthier living conditions that also consider the environment.
- To share national and international developments in the field with geological engineers.
- To provide an easily accessible and active discussion platform that strengthens and accelerates the sharing of knowledge and experience among scientists, researchers, engineers and other practitioners who are directly or indirectly involved in this field.
- To contribute to the design of resilient environments and solve problems in line with the International Sustainable Development Goals, which include the effective management of natural resources, and the consideration of humans and nature, as well as geological hazards when engineering structures and carrying out spatial planning.
- To contribute to the development of interdisciplinary research and interoperability principles.

The **Journal of Geological Engineering** covers national and international research in applied geological engineering domains such as engineering geology, geotechnics, water resources management and hydrogeology, environmental geology and waste management, geothermal energy, drilling techniques and applications, natural hazards, natural disasters and disaster management. The journal also accepts interdisciplinary work that uses geoscientific data from fields including civil engineering, mining, geophysics, petroleum engineering, environmental engineering, city and regional planning.

We are interested in papers on the following topics:

- Suitable site selection for engineering structures and land use planning
- Geotechnical site investigations, drilling studies, in-situ and laboratory tests
- Geophysical methods used in geotechnical studies
- Geomechanical properties of rocks and soils
- Slope stability assessments and monitoring techniques
- Spatial planning studies resistant to dynamic geological processes that adversely affect humans and nature
- Geographic Information Systems and Remote Sensing applications in the field of geological engineering
- Natural hazard and risk assessments (earthquakes, liquefaction, landslides, sinkholes, medical geology, floods and avalanches, etc.)
- Natural disasters and disaster management studies
- Environmental geology, waste management and site selection studies

- Management of surface and underground water resources, hydrogeological problems and practical solutions
- Geological resources management practices, problems, solutions and economic evaluations
- The research and development of geothermal, mineral and mineral resources and subsurface geological modeling
- Pollutants and their effects on the ecosystem
- Natural building materials and ground improvement works
- Engineering geology in the protection of historical structures and geological monuments
- Drilling applications in resource exploration and production processes, developments in drilling technologies
- Research, development and project studies in the field of geological engineering in building production and inspection processes
- Geological Engineering education and development

Theoretical and applied studies related to the above topics are also published in the Journal of Geological Engineering.

We only accept previously unpublished work. Four types of paper are published in the Journal of Geological Engineering:

1- Research Articles: Articles in which an original study is presented. The theoretical basis should include sections in which findings and conclusions based on sufficient quantitative and qualitative data are evaluated in detail. The total length of the manuscript should not exceed 9000 words (15 JMD pages). Articles will be subject to review by at least two experts in the field.

2- Reviews: Articles prepared upon the invitation of the Editor or with their knowledge, examining the techniques, methods and approaches still used in any field of Geological Engineering in light of today's technological developments and the writer's own experiences. The article should also make and develop suggestions in this regard. The length of the article may vary depending on the subject. There is no obligation of editorial review.

3- Technical Notes: A technical note article presents a technique, instrumentation, exploration method, or an assessment method that is truly new compared to earlier publications. An evaluation or measurement method should specify how it was validated. A technical note should be no longer than 4000 words (6 JMD pages). Articles will be subjected to review by at least two members of the editorial board.

4- Erratum: A notice to correct errors in a published article that were mistakenly created by the authors or editorial board during the final editing of the article. JMD may be warned of errors by the authors or readers of the published article. If the authors have alerted the editorial board, an erratum is published as soon as possible. If a reader has alerted the editorial board, the author will be contacted to see if a typo report is appropriate. Readers can contact the Editor. If a Letter to the Editor has been received and a spelling correction is required, the authors of the original article

are requested to respond and write a correction to the published Letter to the Editor.

Ethical Principles and Publication Policy

1. Ethical Principles and Publication Policy

Journal of Geological Engineering (JMD) publishers and users (Editor and technical editor, authors, reviewers, readers, etc.) comply with the ethical rules and responsibilities determined by the Committee on Publication Ethics - COPE, <https://publicationethics.org/>.

Journal of Geological Engineering is a peer-reviewed journal. It publishes online in print and electronic media and has an open access system. Journal issues are published twice a year in January and June. In the publication processes, sharing of the information produced freely and impartially taking in account the scientific methods. Blind refereeing system is applied in the manuscript evaluation process. All issues of JMD published since 1977 are archived both in printed and electronic versions by the publishing company, TMMOB Chamber of Geological Engineers (JMO), and electronic versions by TUBITAK ULAKBİM- DergiPark.

1.1 Ethical Principles

Ethical Duties and Responsibilities of Editors

The editors of the Journal of Geological Engineering, the ethical task prepared by the Committee on Publication Ethics (COPE) within the scope of the guidelines published under the headings of “Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors” has responsibilities.

Editors are responsible for following the processes for the development of the journal and improving the quality of published studies.

The manuscript submitted to JMD is first reviewed by the Editors for compliance with the journal’s purpose and scope. If the submitted manuscript does not comply with the purpose and scope of the journal, it is rejected within 15 days at the latest and the author is informed. The manuscripts found appropriate according to the journal’s aims and scope, is examined in terms of writing rules, language and expression and planning of the study before the reviewer’s evaluation. Manuscripts with deficiencies in these subjects are requested to be corrected by the author.

When the editors examine all the section contents of the manuscripts and find it appropriate, the manuscripts are evaluated by the reviewer. However, manuscripts that are not suitable for reviewer evaluation for any reason are rejected together with the editor’s evaluation report. The author is informed within 15 days at the latest.

In peer review, manuscripts are sent by the editor to at least three reviewers, from the journal’s reviewer pool and/or outside the pool, according to their content and areas of expertise. In the determination of the manuscript reviewers, attention is paid to the issues of conflict of interest.

In line with the opinions of the reviewers, if the corrected copy of the manuscripts requested to be corrected is not sent back to the

editor within 30 days by the authors without a valid reason, the editor has the right to reject the manuscript. After the re-editing, if necessary, the corrected manuscript is sent to the reviewers or directly accepted or rejected by the editor.

As a result of the evaluation, the opinions of the reviewers are reviewed by the editor within 15 days at the latest. As a result of the review, the editor gives his final decision on the manuscript and conveys it to the author. Rejected manuscripts are archived.

Editors are responsible to take precautions against possible abuse and misconduct. It is among the editor’s responsibilities to share the relevant findings, as well as to conduct a rigorous and objective investigation regarding the determination and evaluation of the complaints regarding this situation. In cases of suspected fraud or controversial authorship, necessary steps are followed by considering the COPE flowcharts (<https://publicationethics.org/resources/translated-resources/turkish-all-flowcharts>).

Editors; The author is obliged to carefully examine the complaints from the reviewers or readers and respond in an enlightening and explanatory manner.

The journal owner, publisher and no other political or commercial factors affect the editors’ independent decision making.

Editors; considers the conflicts of interest between the author(s), reviewers and other editors, and ensures that the publication process of the studies is completed independently and impartially.

Ethical Duties and Responsibilities of Reviewers

Reviewers in the Journal of Geological Engineering have ethical duties and responsibilities within the scope of the guidelines published under the title of “COPE-Ethical Guidelines for Peer Reviewers” by the Committee on Publication Ethics (COPE).

- Blind peer-review system is applied in order to ensure objective evaluation of all scientific publications at JMD. At the stage of assigning a reviewer to the manuscript, care is taken to ensure that there is no conflict of interest between the reviewer and the author(s). For this purpose, between the reviewer and the author(s), in particular;
 - o No thesis advisor/student relationship,
 - o No joint research or publication in the recent past (last 2 years) between the author(s) and the reviewer,
 - o Not working in the same institution,
 - o Not contributing to the manuscript submitted to the journal in terms of format or content,
 - o There are no disputes between the author(s) and the reviewer, which are submitted to the judiciary or ethical committees,
 - o There is no kinship relationship between the reviewer and the author(s),
 - o The reviewer has no prejudices about the author(s) that have been disclosed to the public,
 - o The absence of any commercial relationship between the reviewer and the author(s),

situations are considered. The reviewers warn the editor and give the necessary information in case of the above-mentioned situations that are overlooked by the journal editor.

Moreover;

- Reviewers only evaluate manuscripts that fall within their area of expertise.
- Reviewers are obliged to make their evaluations impartially, objectively and confidentially.
- Nationality, gender, religious belief, political opinion, commercial concerns, etc. they should not lose their impartiality for any reason.
- They should make their opinions and suggestions within academic etiquette, in a constructive and academic language, and avoid a style that will create personal polemics.
- They should not delay their evaluation in such a way as to prolong the publication process for no reason. The time given to the reviewers for the review processes is 30 days. The authors must complete the correction suggestions from the reviewers or the editor within 30 days. Reviewers can review their corrections for the manuscript and decide whether it is appropriate or request more than one correction if necessary.

Ethical Duties and Responsibilities of Authors

The publication processes implemented at JMD are the basis for the development and distribution of information in an impartial and respectful manner. The processes implemented in this direction are directly reflected in the quality of the authors' work and the institutions that support the authors. Peer-reviewed studies are studies that embody and support the scientific method. At this point, it is important that all stakeholders of the process (authors, readers and researchers, publisher, reviewers and editors) comply with the Principles of the Publication Ethics Committee-COPE.

The author(s) who will send a manuscript to JMD for evaluation must first become a member of DergiPark . Corresponding authors should submit their work (original article, review, etc.) to JMD through the DergiPark system.

The author responsible for the manuscript must upload the signed "Copyright Transfer Form" and "Ethics Notification Form" to the DergiPark system, in addition to the similarity report, by using the " iThenticate Plagiarism Detection Software" or " Turnitin " or an equivalent plagiarism program to submit a new manuscript to the journal. The similarity index rate of the submitted manuscript should be below 20%, excluding the reference list.

Authors cannot have their work in the application process of more than one journal at the same time. Each application can be started following the completion of the previous application. Work published in another journal cannot be submitted to JMD.

The corresponding author must ensure that this submitted manuscript has not been published in a similar form elsewhere and that the manuscript is original and will not be sent elsewhere for publication.

The works submitted by the author(s) are expected to be original. If the author(s) benefit from or use other works, they are required to cite and/or cite completely and accurately.

Raw data regarding their manuscripts can be requested from the author(s) within the framework of the evaluation processes; In such a case, the author(s) should be ready to present the expected data and information to the editorial board.

The author(s) must have a document showing that they have the right to use the data used and the necessary permissions for the research/analysis.

Each author is considered to have an equal ethical responsibility, as each of the authors must have made a significant scientific contribution to the manuscript. In the event that the author(s) notices an error or error in their published, pre-published or evaluation phase, they have an obligation to cooperate with the editor in informing, correcting or withdrawing the journal editor or publisher.

Author(s) who want to withdraw their manuscript under evaluation should forward the petition with a wet signature containing the subject to the editorial board via the journal's e-mail address jmd@jmo.org.tr. The Editorial Board reviews the withdrawal petition and responds within 15 days. The author(s) of a manuscript whose petition is not approved by the Editorial Board cannot send their manuscript to another journal.

All studies submitted for publication should be disclosed, if any, and their relationships that may constitute a conflict of interest.

Changing the author responsibilities of a work whose evaluation process has begun (such as adding an author, changing the order of authors, or removing an author) cannot be proposed.

In the evaluation process, the authors are obliged to respond to the opinions, suggestions and criticisms of the editors and reviewers. The authors are obliged to answer the questions asked by considering the opinions of the reviewers, to evaluate the opinions and suggestions, to respond positively or negatively to the criticisms and to report their evidence to the editor in a detailed letter. Academic style should be used in this counter letter, and personal discussions should be avoided.

1. 2 Publication Policy

JMO and/or JMD obtain written consent from the authors for the copyright of the manuscripts to be published. The related author is the author/owner of the manuscript submitted to the journal and transfers the copyright to JMO and/or JMD on behalf of himself and other author(s). It is obligatory to fill in the Copyright Transfer Form and upload it to the journal system during the submission of the manuscript.

All authors of the submitted manuscript must sign and transfer all rights and copyrights of the manuscript to JMO and/or JMD. JMO and/or JMD have the right to use all or part of the relevant manuscript in their future works such as lectures/lecture notes, reports and textbooks/printed books without any payment and the right to obtain a copy of the relevant manuscript for their own

use. JMO and/or JMD; reserves all its rights other than copyright, such as patent rights, for commercial purposes.

All personal information in the JMD system is used for scientific purposes and is not shared with third parties.

Editor, Technical Editor and Editorial Board members are not responsible for the opinions of the authors and the content of the manuscript. Authors are responsible for ethical originality and possible errors in their manuscripts. Authors are responsible for all errors that may occur before the last reading (revision reading) and during page editing. Errors that occur after the last reading are the responsibility of the journal authorities.

Author Guidelines

Both Turkish and English manuscripts are accepted by the Journal of Geological Engineering. According to the language chosen in the article; following the title, abstract, figure, and table captions, the equivalents in other languages should also be written. Editors provide the necessary assistance in translating the Title, Abstract, Figure, and Table captions into Turkish for the manuscripts prepared in English by the foreign author(s) (in case they cannot get the relevant Turkish language assistance before their submission). Authors whose native language is not English are strongly advised to seek support from a native English speaker in terms of grammar and style of the manuscript before submission.

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture, or an academic thesis) and that it is not under consideration for publication elsewhere.

Please click to [download](#) the MS Office Word template prepared according to the journal's manuscript writing format. Please check the relevant section in this Author's Guidelines for more details.

Manuscripts sent to the journal for publication should be prepared by considering the Ethical Principles and Publication Policy.

DergiPark online submission system for the Journal of Geological Engineering guides you stepwise through the process of entering your article details, and uploading your manuscript file together with Ethics Statement and Copyright Transfer forms. For this, you must first sign in to the DergiPark system.

Please submit your manuscript via <https://dergipark.org.tr/en/journal/1669/submission/step/manuscript/new>

Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) Title (English and Turkish)
- (b) Author Name(s) SURNAME(S) (bold), their affiliations (italic and lowercase), and the name and e-mail address of the corresponding author.
- (c) Abstract (English and Turkish)
- (d) Keywords (English and Turkish)

- (e) Introduction (aim, content, and methodology)
- (f) Main text (methods, material studied, descriptions, analyses, etc.)
- (g) Results and Discussion or Conclusions and Recommendations
- (i) Acknowledgements (if necessary)
- (j) References

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be left-aligned. Major headings should be in bold capitals. Secondary headings should be considered sub-headings. Primary- and secondary subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, acknowledgments, references, appendices and figure captions) should be typed on A4 page size (29.7 cm x 21 cm) with wide margins (at least 2.5 cm) and 1.5 line-spaced throughout, at a font size of 12 points (Times New Roman) and with all pages numbered.

Examples of headings:

ABSTRACT

INTRODUCTION

PRIMARY HEADING

Primary Sub-Heading

Secondary sub-heading

Tertiary sub-heading

CONCLUSIONS & DISCUSSION

ACKNOWLEDGEMENTS

REFERENCES

Title and Authors

The title of the manuscript should be concise and informative. If the paper is written in Turkish, the Turkish title (in boldface type and the first letter of the words capitalized) should be followed by the English title (italic and first letter of the words capitalized). If the paper is in English, the English title should appear before the Turkish title in the style mentioned above.

ORCID stands for Open Researcher and Contributor ID. ORCID is a 16-digit numbered URL that complies with the ISO Standard (ISO 27729), also known as the International Standard Name Identifier (ISNI). Please create free registration for individual ORCID at <http://orcid.org> ORCID information is requested from the authors during submission.

The information related to the authors should be given as follow:

Tolga ÇAN

Çukurova University, Engineering Faculty, Geological Engineering Department, 01250 Adana Türkiye

e-mail: tolgacan@cu.edu.tr

ORCID Number: 0000-0001-9940-2832

ABSTRACT

The abstract not exceeding 300 words should be informative (the aim of the study and main conclusive remarks). It should not contain references. The Abstract should be given in both Turkish and English. If the paper is written in Turkish, an English abstract (in italics) should follow the Turkish abstract, while a Turkish abstract (in italics) should appear after the English abstract in papers written in English.

Keywords

The abstract should include a minimum of 3, and not more than 6 keywords that reflect the entries the authors would like to see in an index. Keywords should be given in both Turkish and English. Keywords should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. No need to give keywords for Technical Note-type articles.

ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgments should be brief and confined to persons and organizations that have made significant contributions. Please use full names without titles and indicate the name(s) of the organization(s) of the person(s) acknowledged.

Acknowledgments of grants, funds, etc. should be placed as a separate paragraph under this heading. The names of funding organizations should be written in full.

List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proofreading the article, etc.).

CITATIONS and REFERENCES

Citation in the text

A. If the article has one author

Parenthetical citations: (Author, Year) e.g.: (Sönmez, 1996)

Narrative citations: Author (Year) e.g.: Sönmez (1996)

B. If the article has two authors

Parenthetical citations: (Author1 & Author2, Year) e.g.: (Merriman & Frey, 1999)

Narrative citations: Author1 and Author2 (Year) e.g.: Merriman and Frey (1999)

C. If the article has more than two authors

Parenthetical citations: (Author1 et al., Year) e.g.: (Pettijohn et al., 1987)

Narrative citations: Author1 et al. (Year) e.g.: Pettijohn et al., (1987)

D. Citing Multiple Works

Parenthetical citations: (Merriman & Frey, 1999; Pettijohn et al., 1987; Sönmez, 1996)

Narrative citations: Merriman and Frey (1999), Pettijohn et al. (1987), Sönmez (1996)

E. If more than one publication of the same authors published in the same year is cited

In this case, letters such as a, b, and c are given after the years of the articles in the References section. In the same way, these letters are used in the citations in the text.

In References:

Ahmetoğlu, A. & Hüsnuoğlu, H. (2022a). Article 1. Full Name of Journal, Vol. (No), pages. DOI number (if available)

Ahmetoğlu, A. & Hüsnuoğlu, H. (2022b). Article 2. Full Name of Journal, Vol. (No), pages. DOI number (if available)

Citations in the text:

Parenthetical citations: (Ahmetoğlu & Hüsnuoğlu, 2022a)

Narrative citations: Ahmetoğlu & Hüsnuoğlu (2022a)

References

All references cited in the text, and in captions of figures and tables should be presented in a list of references under the heading of "REFERENCES" following the text of the manuscript.

A. Journals

A.1. Citing the periodicals:

Author(s), (Date). Title of paper. Full Name of Journal, Vol. (No), pages. DOI number (if available)

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr–Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27(3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Special cases:

A.2.1. If the article was taken from an open (free) access website:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye'de kuvuk gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. If the article has an article number:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. *Journal of African Earth Sciences*, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>.

B. Proceedings and Abstracts:

Author(s), (Date). Title of paper. Name of Editor(s), Title of Symposium or Congress, (pages). Name of Publisher. DOI number & internet address (If available).

Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. In H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Eds.), 72nd Geological Congress of Turkey The Proceedings and Abstracts Book, (s.63-64). Chamber of Geological Engineers of Turkey Publications No: 140. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf

C. Books:

C.1. Citing of books:

Author(s), (Date). Name of the Book. Name of the Publisher. DOI number & internet address (if available).

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). Sand and Sandstones (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>

Ketin, İ. (2016). Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

C.2. Citing of translated books:

Author(s), (Date). Name of the Translated Book. Name of the Publisher. (Original publishing date). DOI number & internet address (If available).

Komatina, M. M. (2011). Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri (Translator: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Original publication date: 2001).

D. Chapter in a book:

Author(s), (Date). Chapter Name. Name of Editors, Name of Book (Page numbers of the chapter). Name of Publisher.

Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), Low-Grade Metamorphism, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

E. Reports and Thesis:

E.1. Reports:

Author(s), (Date). Title of report (If any report no). Name of the Organization or Institution, (published or unpublished).

Kellogg, H. E. (1960). Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey (Rapor no: 1367). TPAO (unpublished).

E.2. Thesis:

Author, (Date). Title of Thesis [published or unpublished & Ph.D. or MSc Thesis]. Name of the Institution or University.

Sönmez, H. (1996). TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin durayılığının değerlendirilmesi [Unpublished Msc Thesis]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

F. Personal Communications:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

G. Information Downloaded from the Internet

Name of the Organization, (Date). The web address, and date of access to the website.

KRDAE, (2020, 02, January). Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Regional Earthquake-Tsunami Monitoring Center, <http://www.gov.tr>.

Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters.

Equations

Please submit mathematical symbols and formulae as editable text and not as images. Use the equation editor or MathType for equations. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of “e” should be denoted by “(exp)”. Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller characters (e.g. I_d , x_2). Instead of a square-root symbol, indices of 0.5 should be used (i.e., $\sigma_{cmass} = \sigma_{c0.5}$). For the multiplication sign do not use any symbol, however, if necessary, the symbol “*” can be preferred (i.e., $y = 5 * 10^{-3}$). Please use “/” for division instead of a horizontal line between the numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as Ca^{2+} and CO_3^{2-} instead of Ca^{++} and CO_3^{--} . In the text, equations should be referred to as equations (1, 2, etc.).

TABLE and FIGURES

Tables and figures should be embedded in the text, with their captions. For tables and figures, use Times New Roman, font size 10. Under the Paragraph tab, ensure that the indentation is as follows; before and after 0 nk and spacing single. Tables and figures should be left aligned, and the text wrapping feature should be turned off. Tables and figures should be arranged to fit in a single (7.5 cm-width) or double (16 cm-width) column of the Journal.

Tables

Tables with their captions should not exceed the printed area of the page (16 x 22 cm) and be numbered consecutively. Both Turkish and English captions should appear at the top of a table (do not print table captions on a separate sheet). If the manuscript is written in Turkish, the English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should

appear below the English title in italics. They should begin with “Table 1.” etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (9 or 10 points). Tables should be arranged to fit a single column (7.5 cm wide) or a double column (16 cm wide). No vertical rules should be used. Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in the manuscript (e.g. in graphs). Place any table notes below the table body.

Figures

All figures such as drawings, graphics, and photographs should be given in high-quality printed form under the title of “Figure” and numbered in the order in which they are mentioned in the text. The rules suggested below should be taken into account in drawing, graphic and photographic formats.

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please ‘save as’ or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as ‘graphics’.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi. TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Figure captions should be written under the figures, and figure captions should be prepared in both Turkish and English, similar to the format stated above for tables. The largest size for figures should be 16 cm (width) x 22 cm (length), including the figure title. In particular, maps, drawings, and photographs related to the area should not be used with a numerical scale (1:25000, etc.), and should be given in a linear scale suitable for the metric system. A north arrow should be shown on maps. Regional maps may include National Grid or latitude/longitude numbers where appropriate. Map legend should be given on the figure, not in the figure caption. Photographs, line drawings, or combinations may be grouped as figure parts (a), (b), etc. It is preferred that these are mounted.

