

e - ISSN 2667 - 4238



**JEOMORFOLOJİK
ARAŞTIRMALAR
DERGİSİ**

**JOURNAL of
GEOMORPHOLOGICAL
RESEARCHES**

JADER

**Yıl / Year: 2023
Sayı / Issue: 10**

JADER, Jeomorfoloji Derneği'nin resmi yayın organıdır.
www.jd.org.tr - <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jader>

JEOMORFOLOJİK ARAŞTIRMALAR DERGİSİ (JADER)
Journal of Geomorphological Researches

E - ISSN: 2667- 4238

YIL / YEAR: 2023 SAYI / ISSUE: 10

Sahibi / President

Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU

Baş Editör / Chief Editor

Prof. Dr. İsa CÜREBAL (Balıkesir Üniversitesi)

Editörler / Editors

Dr. Öğr. Üyesi Mesut ŞİMŞEK (Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Murat POYRAZ (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi)

Mizanpaj Editörü / Layout Editor

Dr. Öğr. Üyesi Şakir FURAL (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi)
Araş. Gör. Abdülkadir DURAN (Ardahan Üniversitesi)

Yayın Danışma Kurulu / Editorial Adviser Board

A. Evren ERGİNAL, Çanakkale Onsekiz Mart University, Turkey
Abdullah SOYKAN, Balıkesir University, Turkey
Darrel MADDY, Newcastle University, UK
David R. BRIDGLAND, Durham University, UK
Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU, Ankara University, Turkey
Hüseyin TUROĞLU, İstanbul University, Turkey
Jereon M. SCHOORL, Wageningen University, The Netherlands
M. Kirami ÖLGEN, Ege University, Turkey
Robert WESTAWAY, University of Glasgow, UK
Tom VELDKAMP, University of Twente, The Netherlands
Tuncer DEMİR, Akdeniz University, Turkey
Uğur DOĞAN, Ankara University, Turkey

© Her Hakkı Saklıdır. Dergide yer alan yazılar kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir. Yazıların her türlü sorumluluğu yazarlara aittir. / All rights reserved. The articles in the journal can be cite by showing the source. All responsibilities of the articles belong to the authors.

Kurumsal İletişim / Official Contact

Laleli Büyük Reşitpaşa Caddesi, Vardar İşhanı, No:30/14, Fatih, İstanbul, Türkiye

Editör İletişim / Editorial Contact

Prof. Dr. İsa CÜREBAL (curebal@balikesir.edu.tr)

Balıkesir Üniversitesi, Fen – Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Altıeylül - Balıkesir

Teknik İletişim / Technical Contact

Dr. Öğr. Üyesi Murat POYRAZ (mpoyraz@ahievran.edu.tr)

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kırşehir

Kapak Tasarımı / Cover Design

Betül UTLU & Mesut ŞİMŞEK

Yayın Politikası / Press Politics

JADER, yılda iki kez yayımlanan uluslararası hakemli, akademik bir alan dergisidir. Yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Makaleler, Türkçe başlık, özet, İngilizce başlık, abstract (250-300 kelime), anahtar kelimeler (4-5 kavram) ve APA stiline uygun olarak hazırlanan kaynakça içerir. Dergide bağımsız çift - kör hakemlik sistemi uygulanmaktadır.

JADER is an international peer-reviewed academic journal published twice a year. The language of publication is Turkish and English. Articles include Turkish title, Turkish abstract, English title, English abstract (250-300 words), keywords (4-5 concepts) and references prepared in APA style. Independent double-blind peer-review system is applied in the journal.

Dizin ve Taranma / Abstracted in

TRDİZİN

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

DRJI

ASOS
indeks



Google
scholar

Crossref

IAD
INDEX OF ACADEMIC DOCUMENTS

Editörden

Jeomorfoloji Derneği'nin resmi yayın organı olarak 2018 yılında yayın hayatına başlayan JADER - Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi'nin onuncu sayısını yayınlamaktan dolayı gururluyuz.

DergiPark üzerinden çevrimiçi olarak erişilebilen derginin bu sayısında 9 araştırma makalesi editoryal ve hakemlik süreçlerinin tamamlanmasıyla yayına kabul edilmiştir. Yayına kabul edilen makalelerin önemli bir kısmı UJES - Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu 2022 kapsamında sunulan bildirilerin tam metinlerinden oluşmaktadır.

10. sayıda, iki ayrı karst jeomorfolojisi, 1 erozyon analizi, 1 akarsu kıyıları ve kanunlardaki durumu, 1 şehirselleşmenin zamansal ve mekânsal analizi, 1 heyelan analizi, 1 tarih öncesi yerleşmenin yaşam çevresi analizi, 1 çığ analizi ve de volkanik jeomiras hakkında makale yer almaktadır.

Bu sayımızın kapağı, 6 Şubat 2022 tarihinde Kahramanmaraş ve Hatay merkezli gerçekleşen iki ayrı yıkıcı depremde hayatını kaybeden vatandaşlarımızı anmak amacıyla siyah tonlarda düzenlenmiştir.

2023 yılının ikinci ve dergimizin 11. sayısı için göndereceğiniz yayınları sabırsızlıkla beklemekteyiz. Bu sayının yayınlanmasındaki katkılarından dolayı, tekrar ve tekrar makaleleri değerlendirme zahmetine katlanan hakemlerimize, editörler kuruluna ve makale yazarlarına ayrı ayrı teşekkür ederim. Yeni sayıda buluşmak üzere, hoşçakalın.

İsa CÜREBAL

Baş Editör

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

Farklı Erozyon Tahmin Modellerine Göre Akarsu Sedimentasyon Miktarının Belirlenmesine Bir Örnek: Naip Barajı Havzası (Tekirdağ, Türkiye) / An Example for Determining River Sedimentation Amount Based on Different Erosion Prediction Models: The Naip Dam Basin (Tekirdağ, Türkiye) 1

Emre ÖZŞAHİN

Araştırma Makalesi / Research Article

Doğu Toroslardaki Çözünme Dolinlerinin Morfometrik Özellikleri / Morphometric Properties of Solution Dolines in the Eastern Taurus 20

Gülden ÇETİNKAYA, Mesut ŞİMŞEK, Muhammed Zeynel ÖZTÜRK

Araştırma Makalesi / Research Article

Jeomorfolojik Açından Akarsu Kıyıları ve Kıyı Kanunu / River Banks and Coastal Law in The Geomorphological Perspective 34

Hüseyin TUROĞLU

Araştırma Makalesi / Research Article

Şehirsiz Yayılmanın Jeomorfolojik Birimlerle İlişkisinin Zamansal ve Mekânsal Analizi: Edirne Örneği / Spatiotemporal Analysis of the Relationship of Urban Expansion Direction with Geomorphological Units: A case study of Edirne 49

Musa ULUDAĞ & Emre ÖZŞAHİN

Araştırma Makalesi / Research Article

Sentinel Görüntüleri Kullanılarak Heyelanların Modellenmesi: 2020 Gjerdrum (Norveç) Heyelanı Örneği / Modeling of Landslides Using Sentinel Images: The Case of Gjerdrum Landslide (Norway) in 2020 67

Deniz BİTEK, R. Cüneyt ERENOĞLU, Oya ERENOĞLU

Araştırma Makalesi / Research Article

Aşağı Pınar (Kırklareli - Türkiye) Tarih Öncesi Yerleşiminin Coğrafi Veriler ve CBS Teknolojileriyle Yaşam Çevresi Analizi / The Living Environment Analysis of The Prehistoric Settlement of Aşağı Pınar (Kırklareli/Türkiye) Using Geographical Data and GIS Technologies 78

Özlem YURTSEVEN UYAR & Hüseyin TUROĞLU

Araştırma Makalesi / Research Article

Likya Napları Bölgesinde Epijenik Buruk Düdeni ve Gümüşdere Obruğunun (Tavas, Denizli) Jeomorfolojik Özellikleri ve Gelişimi / Geomorphological Characteristics and Development of the Epigenic Buruk Swallow Hole and Gümüşdere Sinkhole (Tavas, Denizli) in the Lycian Nappes Region 91

Kadir TUNCER

Araştırma Makalesi / Research Article

Hizan ve Çevresinde (Bitlis) Çığ Oluşumuna Duyarlı Alanların Belirlenmesi / Determination of Avalanche-Sensivite Areas in Hizan and Its Surroundings (Bitlis) 110

Bülent MATPAY, Ali Fuat DOĞU, Mehmet Akif SEYİTOĞULLARI

Araştırma Makalesi / Research Article

Karacadağ/Baruttepe (Diyarbakır) Çevresinin Jeomiras ve Jeoturizm Özellikleri / Geoheritage and Geotourism Features of Karacadağ/Baruttepe (Diyarbakır) Surroundings / Geoheritage and Geotourism Features of Karacadağ/Baruttepe (Diyarbakır) Surroundings 133

M. Taner ŞENGÜN, Muhammed KILIÇARSLAN, Yaren GÖKTAŞ

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238




Araştırma Makalesi / Research Article

FARKLI EROZYON TAHMİN MODELLERİNE GÖRE AKARSU SEDİMENTASYON MİKTARININ BELİRLENMESİNE BİR ÖRNEK: NAİP BARAJI HAVZASI (TEKİRDAĞ, TÜRKİYE)

An Example for Determining River Sedimentation Amount Based on Different Erosion Prediction Models: The Naip Dam Basin (Tekirdağ, Türkiye)

Emre ÖZŞAHİN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Tekirdağ
eozsahin@nku.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0001-8169-6908>

Makale Tariğesi

Geliş 14 Kasım 2022

Kabul 23 Kasım 2022

Article History

Received: 14 November 2022

Accepted: 23 November 2022

Anahtar Kelimeler

RUSLE, MUSLE, Erozyon,
Sedimentasyon, Siltasyon

Keywords

RUSLE, MUSLE, Erosion,
Sedimentation, Siltation

Atıf Bilgisi / Citation Info

Özşahin, E. (2023). Karşılaştırılmal
Erozyon Tahmin Modellerine Göre
Akarsu Sedimentasyon Miktarının
Belirlenmesine Bir Örnek: Naip Barajı
Havzası (Tekirdağ, Türkiye) / An
Example for Determining River
Sedimentation Amount Based on
Comparative Erosion Prediction
Models: The Naip Dam Basin
(Tekirdağ, Türkiye), Jeomorfolojik
Araştırmalar Dergisi / Journal of
Geomorphological Researches 2023
(10): 1-19.

doi: 10.46453/jader.1203890

ÖZET

Barajlar, çok çeşitli faydaları olan mühendislik yapılarıdır. Bu yapıların hizmet süresi ekonomik ömürlerinin uzun olmasıyla ilişkilidir. Barajların ekonomik ömrünün uzunluğu, baraj rezervuarlarının siltasyonla dolması için geçen sürenin artmasına bağlıdır. Bunun için akarsu sedimentasyon miktarı, sediment verimi ve toprak erozyonu gibi rezervuar ömrünün belirlenmesinde kullanılan parametreler tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Son zamanlarda yerbilimcilerin tarafından CBS (Coğrafı Bilgi Sistemleri) tabanlı uygulanan bazı yöntemlerle bu parametreler başarılı bir şekilde belirlenebilmektedir. Bu çalışmada CBS tekniklerine dayalı bir şekilde evrensel toprak kaybı denkleminin (USLE) revize (RUSLE) ve modifiye (MUSLE) versiyonları kullanılarak Naip barajı havzasında akarsu sedimentasyon miktarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Böylece her iki erozyon modeline ait sonuçlara göre baraj havzasının toprak erozyon haritaları üretilmiş ve yıllık ortalama toprak kaybı oranları hesaplanmıştır. Ayrıca erozyon modellerinin sonuçları baraj rezervuarındaki batimetrik değişikliklerle kıyaslanmıştır. Çalışma alanı Tekirdağ şehrinin içme suyunun karşılandığı bir baraj havzası olması bakımından incelemeye değer bulunmuştur. Dolayısıyla hem Naip barajının dolma süresi konusunda çıkarımlarda bulunulmuş hem de sürdürülebilir havza ve baraj yönetimi bakımından önemli veriler sunulmuştur. Toprak kaybının hesaplanmasında ve erozyon risk haritalarının oluşturulmasında çalışma verilerine göre yeniden düzenlenen ArcGIS Soil Erosion Tool kullanılmıştır. Çalışma sonucunda baraj havzasında 0,31 t ha⁻¹ y⁻¹ (RUSLE) ve 0,36 t ha⁻¹ y⁻¹ (MUSLE) miktarları arasında yıllık ortalama toprak kaybının yaşandığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar batimetrik verilerle kontrol edilmiş ve RUSLE model sonucunun daha isabetli olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla barajın yapımından beri (2015-2021) toplam taşınan sediment miktarının 6445,62 ton olduğu anlaşılmıştır. Buna göre toplam rezervuar hacmi, %11,95 oranında dolmuştur. Çok hafif erozyon riskinin görüldüğü sahada, yanlış arazi kullanımının izlendiği eğimli yamaçlarda erozyonun daha şiddetli bir şekilde etkili olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışma evrensel toprak kaybı denkleminin (USLE) revize (RUSLE) ve modifiye (MUSLE) versiyonlarının akarsu sedimentasyon miktarının ve baraj rezervuarlarındaki depolanma süreçlerinin belirlenmesinde pratik bir şekilde kullanılabileceği göstermiştir. Ayrıca çalışma sonuçları baraj rezervuarının sedimentasyon yönetimi, barajın sürdürülebilirliği ve rezervuar ömrünün uzatılması için karar vericiler tarafından yardımcı ve yönlendirici bilgi şeklinde kullanılabilir.

ABSTRACT

Dams are engineering structures offering a wide range of benefits. The service life of these structures is related to their long economic life. The length of their economic life depends on the increase in the time it takes for the dam reservoirs to fill with siltation. In this regard, parameters such as river sedimentation amount, sediment yield, and soil erosion used for determining reservoir life are tried to be estimated. These parameters can be determined successfully by some methods recently applied by geoscientists based on Geographic Information Systems (GIS). This study aimed to estimate the river sedimentation amount in the Naip dam basin (Turkey) by using the revised (RUSLE) and modified (MUSLE) versions of the Universal Soil Loss Equation (USLE) based on GIS techniques. Thus, based on the results of both erosion models, soil erosion maps of the dam basin were produced, and the average annual soil loss rates were calculated. Moreover the results of erosion models were compared with the bathymetric changes in the dam reservoir. The study area was found worthy of examination as it is the dam basin supplying the drinking water of Turkey's Tekirdag city. Therefore, inferences were made about the filling time of the Naip dam, and important data were presented in terms of sustainable basin and dam management. The ArcGIS soil erosion tool, rearranged based on

the study data, was used in calculating soil loss and creating erosion risk maps. The study found that annual average soil loss in the dam basin was between $0.31 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (RUSLE) and $0.36 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (MUSLE). These results were checked with bathymetric data and RUSLE model result was found to be more accurate. Hence, the total amount of sediment transported since the construction of the dam (from 2015 to 2021) was detected to be 6445.62 tons. Accordingly, the total reservoir volume was filled at the rate of 11.95%. Erosion was seen to have a more severe effect on slopes involving wrong land use in the area with a very low risk of erosion. The study indicated that RUSLE and MUSLE, the revised and modified versions of USLE, could be practically used in determination of river sedimentation amount and storage processes in dam reservoirs. In addition, the results of the study can be used by the decision makers as helpful and guiding information for the sedimentation management of the dam reservoir, the sustainability of the dam, and the extension of the reservoir life.

© 2023 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1.GİRİŞ

Barajlar, yapılıő amacına göre deđiŐmekle birlikte sağladığı faydalardan dolayı dünya ekonomisi için hayati öneme sahiptir (Snyder vd., 2004). Detaylı ve kapsamlı çalışmalar sonucunda ciddi ekonomik yatırımlarla kurulan bu yapılar, uzun süreli hizmet vermesi beklenen mühendislik eserleridir (AÇık, 2016). Barajların ekonomik ömürlerinin uzun olması rezervuarın siltasyonla dolması için geçen sürenin artmasına bağlıdır (Palmieri vd., 2001). Bunun için sedimantasyon, sediment verimi ve toprak erozyonu gibi rezervuar ömrünün artmasında belirleyici olan parametreler tahmin edilmeye çalışılmaktadır (Dutta, 2016). Baraj rezervuarlarının ömrünü tahmin etmek için çok çeşitli modeller geliŐtirilmiŐtir (Chuenchum vd., 2020). Günümüzde genellikle CBS (Coğrafı Bilgi Sistemleri) tabanlı bir Şekilde uygulanan bu modeller, ampirik, fiziksel, kavramsal ve hibrit modeller olarak dört kategoriye ayrılmaktadır (Dutta, 2016; Tablo 1).

Ampirik modeller havza ölçeğinde kolaylıkla uygulanabilir olmasından dolayı baraj havzaları için daha pratik bir Şekilde toprak kaybının hesaplanması ve sediment verimi tahminlerinde yararlanılmaktadır (ÖŐahin, 2016a). USLE (Evrensel Toprak Kaybı Denklemi) ailesine ait olan ampirik yöntemler, farklı form ve uygulamalarla hem dünya (Borrelli vd., 2020) hem de Türkiye (ÖŐahin vd., 2019) çapında en yaygın uygulanan toprak erozyonu tahmin modellerindedir (ÖŐahin, 2014; ÖŐahin, 2016a; ÖŐahin vd., 2018). Bu model ailesinden RUSLE (Revize Evrensel Toprak Kaybı Denklemi) ve MUSLE (Modifiye Evrensel Toprak Kaybı Denklemi) az bir veriyle hesaplama yapabilmelerinden dolayı daha fazla tercih edilmektedir (Zhang vd., 2009). Toprak erozyonun hesaplanmasında benzer

denklemlerin kullanıldığı her iki erozyon tahmin modeli arasındaki temel fark, RUSLE yağış enerjisinin bir fonksiyonu MUSLE ise yağış enerjisi faktörünün yerine akış faktörünü dikkate alarak çalışan ampirik modellerdir (Xu vd., 2008).

Son zamanlarda yerbilimcilerin arasında USLE erozyon modelleri kullanarak baraj havzalarındaki akarsu sedimantasyon miktarının belirlenmesi, sediment verimi ve toprak erozyonu tahminleri konusunda çalışmalar artmıştır (Snyder vd., 2004; Dutta, 2016). Örneğin; Son La, Ban Chat ve Huoi Quang (Kuzey Vietnam) (Thiet vd., 2012), Camastra (Güney İtalya) (Lazzari vd., 2015), Rawal (Pakistan) (Samad vd., 2016), Hongfeng (Çin) (Luo vd., 2019), Al-Mujeb (Ürdün) (Ijam vd., 2020), Sidi Mohamed Ben Abdellah (Fas) (Ezzaouini vd., 2020) ve Gomal Zam (Afganistan ve Pakistan) (Bhatti vd., 2021) barajlarının havzaları için CBS destekli RUSLE ve MUSLE erozyon modelleri kullanılarak toprak erozyon tahminleri yapılmıştır. Böylece baraj rezervuarlarının sedimantasyon yönetimini, barajların sürdürülebilirliğini ve rezervuar tasarım ömrünün uzatılmasını sağlamak için önemli veriler elde edilmiştir (Miranda vd., 2021). Bu çalışmada CBS tekniklerine dayalı bir Şekilde evrensel toprak kaybı denkleminin (USLE) revize (RUSLE) ve modifiye (MUSLE) versiyonları kullanılarak Naip barajı havzasında akarsu sedimantasyon miktarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Zira akarsular üzerine kurulan barajlar, akış dinamiklerinin yanı sıra sediment taşınım sürecini ciddi bir Şekilde deđiŐtiren beŐeri tesislerdir.

Tablo 1: Toprak erozyonu araştırmalarında yaygın olarak kullanılan modeller (Hajigholizadeh vd., 2018)**Table 1:** Models commonly used in soil erosion studies (Hajigholizadeh et al., 2018)

Model Türleri	Model Metotları
Ampirik modeller	PSIAC (Pacific Southwest Interagency Committee Method)
	MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation)
	USLE (Universal Soil Loss Equation)
	SLEMSA (Soil Loss Estimation Model for Southern Africa)
	RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)
	EPM (Erosion Potential Method)
	SEDD (Sediment Delivery Distributed)
	TCRP (Tillage-Controlled Runoff Pattern model)
	MOSES (Modular Soil Erosion System project)
	TMDL (Total Maximum Daily Load)
BQART (New Global Predictor of Sediment Load)	
Fiziksel modeller	ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation)
	CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems)
	SPNM (Sediment-Phosphorus- Nitrogen Model)
	TOPOG (The Terrain Analysis Hydrologic Model)
	MIKE-SHE (Système Hydrologique Europeen (French acronym for "European Hydrologic System")
	WESP (Watershed Erosion Prediction Project)
	SEM (Soil Erosion and Sediment Transport Model)
	SHESED (SHE- SEDimentation)
	ARMSED (Army Multiple Watershed Storm Water and Sediment Runoff)
	RUNOFF
	KINEROS (Kinematic Runoff and Erosion Model)
	WEPP (Watershed Erosion Prediction Project)
	PERFECT (Productivity, Erosion and Runoff, Functions to Evaluate Conservation Techniques)
	OPUS
	GLEAMS (Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems)
	PEPP (Process-oriented Erosion Prediction Program)
	CSEP (Climatic Index for Soil Erosion Potential)
	EROSION-3D
	HEM (Hillslope Erosion Model)
	LISEM (Limburg Soil Erosion Model)
	SHETRAN (European Distributed Basin Flow and Transport Modelling System)
	GUEST (Griffiths University Erosion System Template)
	SIMWE (SIMulation of Water Erosion)
	EUROSEM (European Soil Erosion Mode)
	EUROWISE (EUROpe Within Storm Erosion)
	MIKE-11 (Mike (named partially after the author Michael, Mike Abbott)
	EGEM (Ephemeral Gully Erosion Model)
	SEMMED (Soil Erosion Model for Mediterranean Areas)
	CASC2D-SED (CASCade 2-Dimensional SEDimentation)
	WATEM (Water and Tillage Erosion Model)
	PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment mode)
	CHILD (Channel-Hillslope Integrated Landscape Development)
	MWISED (Modelling Within-Storm Sediment Dynamics)
KINEROS2 (Kinematic Runoff and Erosion Model-2)	
GSSHA (Gridded Surface/ Subsurface Hydrologic Analysis)	
DWSM (Dynamic Watershed Simulation Model)	
REGEM (Revised Ephemeral Gully Erosion Model)	
SWAT-WB (Soil and Water Assessment Tool-Water Balance)	
Kavramsal modeller	TOPMODEL
	HSPF (Hydrologic simulation Program, Fortran)
	EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator)
	AGNPS (Agricultural Non-Point Source pollution model)
	SWAT (Soil and Water Assessment Tool)
	SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins)
	ACRU (Agricultural Catchment Research Unit)
	APSIM (Agricultural Production Simulator)
	SWIM (Soil and Water Integrated Model)
	IQQM (Integrated Water Quality and Quantity Model)
	RillGrow 1-2 (
	MEDRUSH (MEDalus Desertification Response Unit SHe)

	LASCAM (Large Scale Catchment Model)
	AGNPS-UM (Agricultural Non-Point Source pollution model, modified)
	EMSS (Environmental Monitoring Support System)
	SEDNET (European SEDiment NETwork)
	STREAM (Sealing, Transfer, Runoff, Erosion, Agricultural Modification model)
	SERA (Soil Erosion Risk Assessment in Europe model)
	CAESAR (Cellular Automaton Evolutionary Slope and River model)
	WILSIM (Web-based Interactive Landform Simulation Model)
	INCA-C (Integrated Catchments Model for Carbon)
	PSYCHIC (Phosphorus and Sediment Yield Characterization in Catchments)
Hibrit modeller	MMMF (Modified Morgan, Morgan and Finney)
	THORNES (Thornes model)
	AQUALM (Networked Storm Water Quality Model)
	USPED (Unit Stream Power-based Erosion Deposition)
	IHACRES-WQ (Identification of unit Hydrographs and Component flows from Rainfall, Evaporation and Streamflow-Water Quality)
	SEDNET (Sediment River network model)
	SPL (Stream Power Law Model)
	SEAGIS (Erosion Assessment Tool of MIKE BASIN & MILW)
	AGWA (Automated Geospatial Watershed Assessment)

Kara ekosistemlerinde belirgin etkilere yol açan bu tesisler, mevcut ekosistemin tamamen yeni bir şekilde dönüşmesine sebep olmaktadır (Schmutz ve Moog, 2018). Dolayısıyla barajların yapımıyla yeniden düzenlenen akarsu havzalarına karşılık gelen baraj havzaları, doğal ve antropojenik değişikliklere karşı çok hassas ekosistemlerdir (Soukhaphon vd., 2021). Bu ekosistemlerdeki toprak erozyonun belirlenmesi, siltasyon problemlerinin önlenmesi ve barajların ekonomik ömrünün tahmin edilmesi bakımından önem taşımaktadır. Zira erozyon olayının doğal bir sonucu olarak ortaya çıkan siltasyon gerek dünyada gerekse Türkiye’de yaygın olarak görülen (Atalay, 1984) ve barajların ekonomik ömrünün kılmasına sebep olan önemli bir jeomorfolojik problemdir (Efe vd., 2008). Çalışmanın konusu ulusal literatürde daha önce karşılaştırmalı bir şekilde kullanılmamış olan evrensel toprak kaybı denkleminin (USLE) revize (RUSLE) ve modifiye (MUSLE) versiyonlarının aynı anda kullanıldığı bir yöntemde desteklenmesinden dolayı özgün bir nitelik taşımaktadır. Böylece her iki erozyon modeline ait sonuçlar karşılaştırılarak baraj havzasının yıllık ortalama toprak kaybı hesaplanmıştır. Daha önce Naip barajı havzası ve yakın çevresinde RUSLE erozyon modelleri (Özşahin, 2014; 2016a; İkiel vd., 2020) veya çeşitli teknikler (Özşahin, 2016b; 2021) kullanılarak toprak erozyonu hakkında bazı çıkarımlarda bulunulmuştur. Ancak doğrudan havza özelinde hem RUSLE hem de MUSLE erozyon modelleri

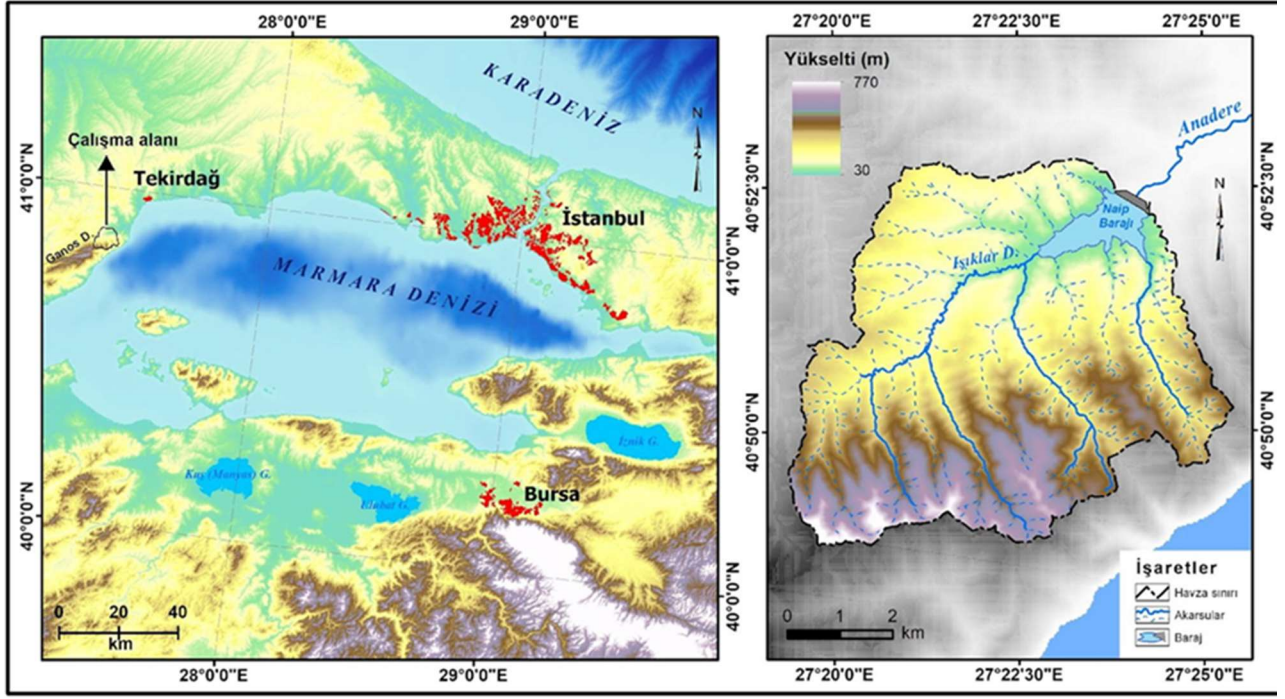
kullanılarak herhangi bir çalışma gerçekleştirilmemiştir.

Çalışmada kullanılan yöntemin yenilikçi bir yönü de erozyon modellerinin sonuçlarının batimetrik verilerle kıyaslanmasıdır. Zira Türkiye’nin baraj havzalarındaki siltasyon miktarını belirlemek için farklı erozyon modelleri (çoğunlukla RUSLE) kullanılarak yapılmış çalışmalarda ulaşılan sonuçlar genellikle rezervuar hacim değişiklikleriyle doğrulanmadan aktarılmıştır (Dindaroğlu ve Canbolat, 2014; Oğuz, 2015; Bozyiğit ve Kaya, 2017; Pınar vd., 2020; Fıçıcı, 2021). Buna karşılık bu çalışmada evrensel toprak kaybı denkleminin en yaygın kullanılan modelleriyle elde edilen sonuçlar doğrudan baraj rezervuarındaki değişikliklerle kıyaslanmıştır. Böylece hem aynı havzada farklı erozyon modellerinin sonuç çıktıları kontrol edilmiş hem Naip barajının dolma süresi konusunda çıkarımlarda bulunulmuş hem de barajının gelecekteki yönetimi ile ilgili karar vericilere yönlendirici bilgiler üretilmiştir. Ayrıca bu konuda çalışan diğer araştırmacılar için yardımcı veriler sunulmuştur. Dolayısıyla bu çalışma yukarıda literatürde bildirilen eksiklikleri telafi etmek amacıyla hazırlanmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Türkiye’nin kuzeybatı kesiminde bulunan ve Tekirdağ ili sınırları içerisinde kalan Naip barajı havzasıdır (Şekil 1; 2).



Şekil 1: Çalışma alanının lokasyon haritası / Figure 1: Location map of study area



Şekil 2: Naip Barajının havadan görünümü (Süleymanpaşa Belediyesi, 2021) / Figure 2: Aerial view of Naip Dam (Suleymanpasa Belediyesi, 2021)

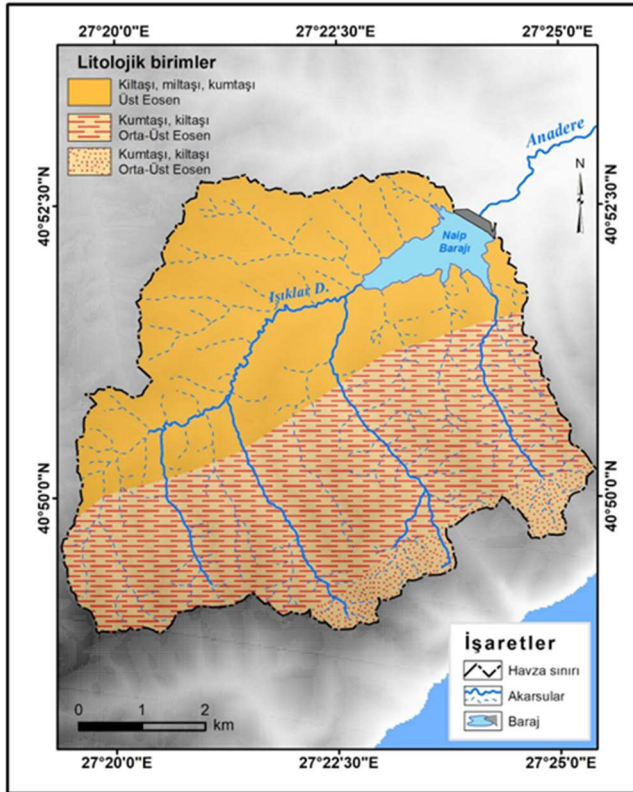
Ganos Dağı'nın kuzeydoğusunu drene eden Işıklar deresinin akaçlama havzasına karşılık gelen çalışma alanı, 42,97 km² yüzölçümüne

sahiptir. Çalışma alanı, 2015 yılında Naip barajının tamamlanmasıyla yeni bir taban seviyesine göre şekillenmiş ikincil bir havza

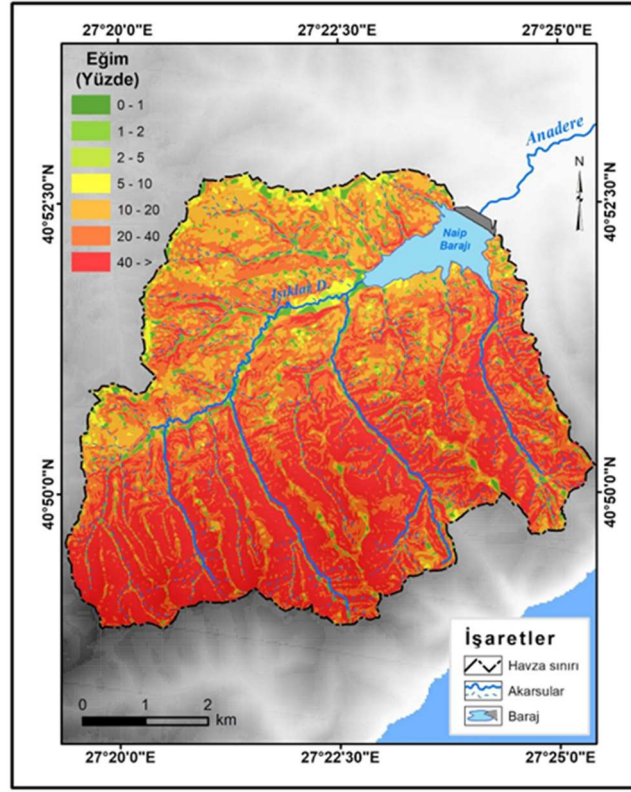
karakterindedir. Homojen toprak dolgu tipinde gövde dolgusuna sahip olan bu barajın normal su kotunda göl hacmi ise 21,62 hm³'tür (DSİ, 2015). İçme ve kullanma suyu temin etmek amacıyla yapılan Naip barajının en önemli faydası, Tekirdağ şehrinin içme suyu ihtiyacının karşılanmasına yardımcı olmasından kaynaklanmaktadır (Özşahin, 2016c).

Çalışma alanının litolojik özellikleri güneydoğu-kuzeybatı istikametinde yaşlıdan

gence doğru sıralanmış Eosen yaşlı formasyonlarla karakterize edilmektedir (Şekil 3). Bu formasyonlar Orta-Üst Eosen'e ait kumtaşı ve kıltaşı istifleri ile Üst Eosen'e ait kıltaşı, miltaşı ve kumtaşı litolojilerinden meydana gelmektedir (Şentürk vd., 1998). Ortalama yükseltinin 288,8 m olduğu çalışma alanı, 30-770 m irtifaları arasında kalmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanında ortalama eğim %34,3 olup, eğim değerleri daha çok sahanın güney kısmındaki Ganos Dağı'nın yamaçlarına doğru artmaktadır (Şekil 4).



Şekil 3: Çalışma alanının litoloji haritası
Figure 3: Lithology map of the study area



Şekil 4: Çalışma alanının eğim haritası
Figure 4: Slope map of the study area

Tekirdağ Meteoroloji istasyonun verilerine göre çalışma alanında yıllık ortalama sıcaklık 14,1°C, yıllık toplam yağış ise 583,1 mm'dir. Aylık ortalama sıcaklığın en düşük ocak, en yüksek temmuz ayında ölçüldüğü

çalışma alanında aylık ortalama yağış en fazla aralık ve en az ağustos aylarında kaydedilmiştir. Dolayısıyla en yağışlı mevsimin kış ve en kurak mevsimin de yaz olduğu çalışma alanı, Marmara Geçiş ikliminin etkisi altındadır (Tablo 2).

Tablo 2: Çalışma alanının sıcaklık, yağış ve akım verileri (DSİ, 2020; MGM, 2021)

Table 2: Temperature, precipitation and flow datas of the Naip dam (DSI, 2020; MGM, 2021)

Aylar	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yıllık
Sıcaklık (°C)	15,4	11,0	7,2	4,9	5,3	7,3	11,9	16,8	21,3	23,8	23,7	20,0	14,1
Yağış (mm)	61,9	73,5	80,7	68,3	54,5	54,0	41,1	37,4	38,3	24,4	15,3	33,7	583,1
Akım (m ³ /s)	0,3	0,4	0,8	0,8	1,1	1,2	0,7	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,5

Çalışma alanında Naip barajının su seviyesini kontrol eden Işıklar Deresinin akım özellikleri sahadaki iklim koşullarıyla doğrudan ilişkilidir. Bu ilişkiye bağlı olarak ortalama akımın 0,5 m³/sn olduğu Işıklar Deresi yıl içerisinde sadece tek sefer maksimum ve minimum akım seviyesi göstermektedir (Tablo 2). Dolayısıyla basit rejimli bir akarsu karakterine sahip olan Işıklar Deresi aynı zamanda yağmurlu Akdeniz rejimine sahiptir (Özşahin, 2021).

2.2. Yöntem

Bu çalışmanın başlıca materyalini HGM (Harita Genel Müdürlüğü) tarafından kullanıma sunulan yüksek çözünürlüğe (5 m) sahip SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) verisi ve ortofotolar oluşturmaktadır (HGM, 2020). Çalışma yöntemi ise çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilen (Williams, 1975; Wischmeier, 1978; Desmet ve Govers, 1996; Renard vd., 1997) ortalama toprak kaybının hesaplanmasında kullanılan denklemlere göre uygulanmıştır.

$$A_{RUSLE} = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

$$A_{MUSLE} = 11.8 (Q \times q_p)^{0.56} \times K \times LS \times C \times P \quad (2)$$

Burada; "A" Ortalama toprak kaybı (t ha⁻¹ y⁻¹), "R" Yağış erozyon faktörü (MJ ha⁻¹ y⁻¹), "K" Toprak erozyon faktörü (t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹), "LS" Eğim uzunluk ve eğim dikliği faktörü, "C" Arazi örtüsü ve yönetimi faktörü, "P" Erozyon kontrol faktörü, "Q" Akış hacmi (m³) ve "q_p" Maksimum akım (m³ s⁻¹) anlamındadır.

R faktörü, Tekirdağ meteoroloji istasyonunun uzun yıllık (Ölçüm Periyodu: 1939 - 2020) yağış verileri kullanılarak MFI (Modifiye Fournier İndisi) eşitliğine göre hesaplanmıştır (Arnoldus, 1977; 1980).

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P} \quad (3)$$

$$R = (4.17 \times MFI) - 152 \quad (4)$$

Burada; "MFI" Modifiye Fournier İndisi (mm), "p_i" Aylık yağışı (mm) ve "P" Yıllık toplam yağış ortalaması (mm) anlamındadır.

K faktörü çalışma alanından 0-30 cm derinlikten rastgele alınmış 24 adet toprak örneğine ait analiz sonuçları kullanılarak belirlenmiştir (Tablo 3). Toprak örnekleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak-Bitki

Analiz Laboratuvarında analiz edilmiştir. K faktörünün hesaplanmasında ise aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Wischmeier ve Smith, 1978; Renard vd., 1997).

$$K = \{[2.1 \times M^{1.14} \times (10^{-4}) \times (12 - a)] + [3.25 \times (b - 2)] + [2.5 \times (c - 3)]\} / 100 \quad (5)$$

$$M = Silt \times (100 - Kil) \quad (6)$$

Burada; "M" Toprak parçacık boyutu, "Silt" Silt (%), "Kil" Kil (%), "a" OM (Organik madde) (%), "b" Toprak strüktür kodu ve "c" Toprak geçirimsizlik sınıfı anlamındadır (Panagos vd., 2014).

LS faktörü, 5 m çözünürlüğündeki SYM verisi kullanılarak RUSLE ve MUSLE için önerilen denklemlere göre tespit edilmiştir (Djoukbalı vd., 2019).

$$LS_{RUSLE} = \left(\frac{FA \times R}{22.1}\right)^{0.4} \times (0.065 + 0.045 \times S + 0.0065 \times S^2) \quad (7)$$

$$LS_{MUSLE} = 1.4 \times \left(\frac{FA \times R}{22.1}\right)^{0.4} \times \left(\frac{\sin(\theta \times 0.01745)}{0.09}\right)^{0.4} \quad (8)$$

Burada; "FA" Akım Birikimi (Flow Accumulation), "R" Çözünürlük (Resolution), "S" Eğim (yüzde) ve "θ" Eğim (derece) anlamındadır.

C faktörü, Zanaga vd. (2022) tarafından hazırlanmış ve serbest erişime sunulmuş (ESA WorldCover, 2021) AKAÖ (Arazi Kullanımı-Arazi Örtüsü) sınıflarına farklı kaynaklardan derlenen (Panagos vd., 2015a) katsayıların atanmasıyla elde edilmiştir.

P faktörü, çalışma alanında suyun neden olduğu toprak erozyonunun oluşumunun engellenmesine yönelik herhangi bir erozyon kontrol tekniği tespit edilemediği için 1 olarak kabul edilmiştir (Renard vd., 1991).

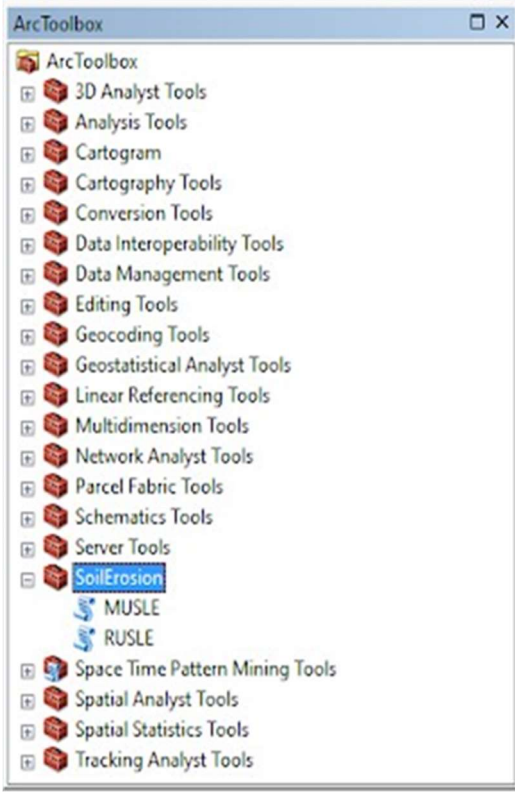
Akış hacmi (Q) ve maksimum akım (q_p) ABD (Amerika Birleşik Devletleri) Toprak Koruma Servisi (Soil Conservation Service - SCS) tarafından geliştirilen ve DSİ (Devlet Su İşleri) tarafından yaygın bir şekilde kullanılan sentetik metot yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplamalar D02A094 nolu Işıklar Deresi - Naipköy istasyonunun 1987-2014 yıllarına ait aylık ortalama debi (m³/s) ölçüm sonuçlarına göre gerçekleştirilmiştir (DSİ, 2020; Tablo 4).

Tablo 3: Çalışma alanından 0-30 cm derinlikten rastgele alınmış 24 toprak örneğinin toprak analiz sonuçları / **Table 3:** Soil analysis results of 24 soil samples taken randomly from 0-30 cm depth from the study area

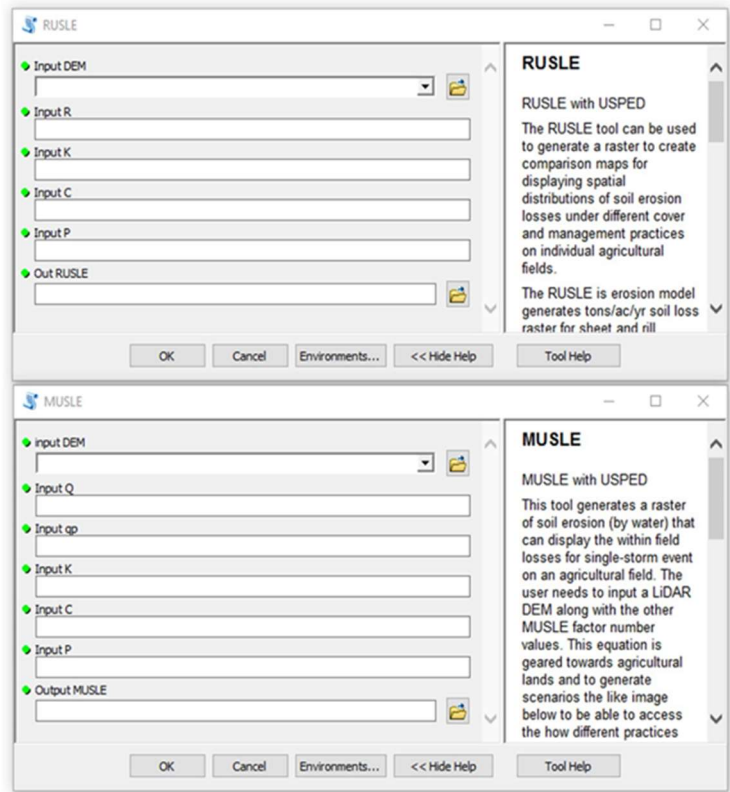
rnek No	Kum (%)	Silt (%)	Kil	OM (%)
N1	28,59	38,68	32,73	3,59
N2	44,68	30,64	24,68	0,72
N3	31,70	46,09	22,20	0,72
N4	48,52	20,53	30,96	3,59
N5	31,70	37,16	31,13	3,74
N6	34,88	33,52	31,60	10,20
N7	38,61	28,57	32,82	5,60
N8	31,58	33,09	35,33	3,02
N9	21,70	43,18	35,12	1,58
N10	17,50	45,29	37,22	2,44
N11	11,38	43,20	45,42	3,02
N12	12,89	28,98	58,13	1,58
N13	25,86	36,99	37,15	4,17
N14	12,87	45,55	41,58	1,87
N15	3,18	39,92	56,90	1,58
N16	8,66	39,37	51,97	1,72
N17	8,41	41,56	50,03	2,44
N18	11,12	48,58	40,30	1,58
N19	25,06	41,54	33,40	2,01
N20	33,46	42,24	24,30	1,15
N21	10,42	83,18	6,40	1,29
N22	18,57	75,01	6,42	2,59
N23	27,77	35,00	37,23	3,74
N24	50,42	26,76	22,81	5,75

Tablo 4: D02A094 nolu Işıklar Deresi – Naipköy istasyonunun 1987-2014 yıllarına ait aylık ortalama debi (m³/s) lm sonuçları (DSİ, 2020) / **Table 4:** Monthly average flow (m³/s) measurement results of D02A094 Işıklar River-Naipkoy station for the years 1987-2014 (DSİ, 2020)

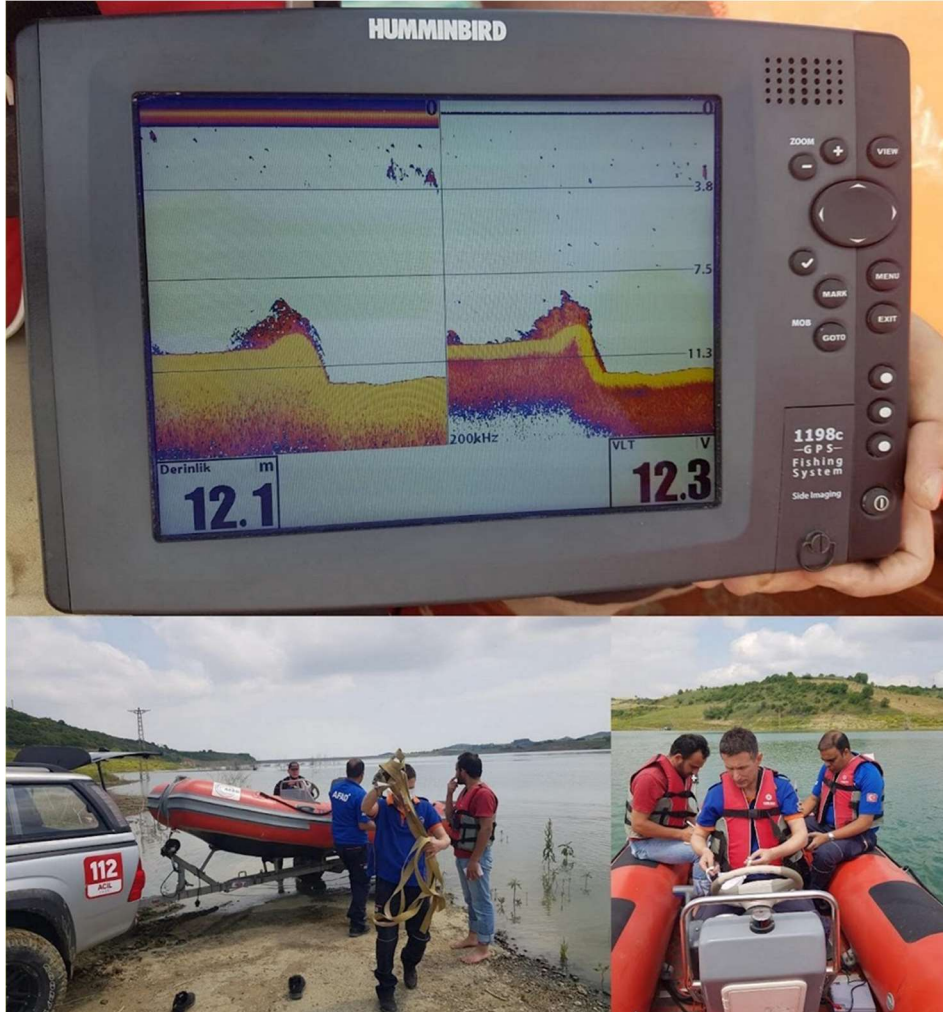
Yıl	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1987	0,015	0,023	0,027	1,070	0,800	0,726	0,295	0,106	0,032	0,009	0,002	0,001
1988	0,006	0,437	0,289	0,061	0,157	0,402	0,742	0,216	0,056	0,079	0,003	0,035
1989	0,035	0,449	1,890	0,648	0,259	0,657	0,267	0,140	0,084	0,024	0,023	0,018
1990	0,019	0,037	0,109	0,050	0,049	0,046	0,051	0,045	0,066	0,003	0,007	0,024
1991	0,053	0,090	0,391	0,165	0,195	0,175	0,246	0,286	0,138	0,047	0,010	0,003
1992	0,375	0,085	0,113	0,100	0,058	0,268	0,260	0,124	0,084	0,032	0,003	0,003
1993	0,007	0,024	0,044	0,025	0,176	1,160	0,422	0,217	0,107	0,037	0,034	0,032
1994	0,042	0,092	0,111	0,085	0,229	0,177	0,162	0,220	0,064	0,033	0,013	0,012
1995	0,088	0,140	0,223	4,160	0,854	0,785	1,160	0,441	0,267	0,304	0,040	0,054
1996	0,057	0,095	0,113	0,334	0,953	1,100	0,858	0,277	0,112	0,050	0,098	0,121
1997	0,119	0,136	0,124	0,177	0,097	0,285	0,700	0,236	0,119	0,051	0,044	0,028
1998	1,300	1,890	4,990	1,300	1,770	1,710	1,090	0,598	0,254	0,105	0,031	0,098
1999	0,210	0,780	1,830	1,020	1,100	1,140	0,761	0,542	0,317	0,220	0,485	0,744
2000	1,260	1,100	1,370	1,010	0,943	1,070	0,479	0,312	0,100	0,009	0,012	0,006
2001	1,290	0,977	1,090	1,310	1,680	0,272	0,437	0,397	0,038	0,057	0,055	0,020
2002	0,007	0,083	3,440	1,340	0,576	1,280	1,420	0,229	0,071	0,010	0,277	0,385
2003	0,125	0,276	0,354	1,230	3,960	1,420	2,240	0,623	0,083	0,044	0,013	0,065
2004	0,223	0,152	0,226	2,110	0,599	1,350	0,352	0,169	0,282	0,171	0,139	0,082
2005	0,035	0,033	0,249	0,597	4,120	2,710	0,566	0,795	0,447	0,168	0,058	0,058
2006	0,149	0,608	0,651	0,604	2,570	4,410	0,916	0,300	0,299	0,237	0,189	0,521
2007	1,690	1,440	0,734	0,382	0,492	0,877	0,402	0,216	0,068	0,005	0,003	0,019
2009	0,056	0,118	0,243	0,180	2,610	5,750	0,998	0,277	0,056	0,012	0,002	3,070
2011	0,541	0,230	0,509	0,752	0,667	0,519	1,020	0,362	0,296	0,245	0,136	0,151
2012	0,348	0,175	0,378	0,498	0,637	0,435	0,755	0,370	0,222	0,157	0,093	0,083
2013	0,092	0,102	0,570	0,833	2,240	1,680	0,731	0,251	0,092	0,060	0,046	0,055
2014	0,018	0,009	0,001	0,140	0,038	0,311	0,175	0,074	2,110	0,033	0,025	0,035
Ortalama	0,314	0,369	0,772	0,776	1,070	1,181	0,673	0,301	0,226	0,085	0,071	0,220



Şekil 5: ArcGIS Soil Erosion Tool kullanımı
Figure 5: Using the ArcGIS Soil Erosion Tool



Şekil 6: ArcGIS Soil Erosion Tool'un RUSLE ve MUSLE menüleri
Figure 6: RUSLE and MUSLE menus of ArcGIS Soil Erosion Tool



Şekil 7: Naip Barajında yapılan derinlik ölçümleri / Figure 7: Depth measurements at Naip Dam

Çalışma verileri, yöntem içeriği doğrultusunda CBS teknikleri yardımıyla birleştirilmiştir. Toprak kaybının hesaplanmasında ve erozyon risk haritalarının oluşturulmasında ArcGIS Soil Erosion Tool kullanılmıştır (ArcGIS, 2021). Bu python komut dosyası aracı, çalışma verilerine göre yeniden düzenlenerek çalıştırılmıştır (şekil 5; 6).

Çalışmada kullanılan erozyon modellerinin sonuçları ilksel ve güncel batimetrik verilerin kıyaslanmasıyla doğrulanmıştır (Cürebali vd., 2013; Selek ve Pınarlık, 2019). Bu bağlamda Naip barajının ilksel batimetrik verisi baraj rezervuarına ait 2015 tarihli SYM kullanılarak elde edilmiştir. 2021 yılı batimetrik verisi ise Tekirdağ İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nden tedarik edilen kurtarma botuna monte edilen

Humminbird marka sonar cihazıyla yapılmış (29.06.2021) derinlik ölçüm sonuçlarına göre oluşturulmuş batimetri verisiyle tespit edilmiştir (şekil 7). Bu veriler, baraj rezervuar depolama kapasitesinin tahmin edilmesinde daha güvenilir olduğu ileri sürülen CBS ve SYM destekli kot/hacim yöntemiyle karşılaştırılmıştır (Sayl vd., 2017).

Çalışmanın sonuçları, hem Avrupa (Panagos vd., 2015b) hem de Türkiye (Erpul vd., 2018) ölçeğinde benzer yöntemlerle yapılmış çalışmalarda kullanılan erozyon risk sınıflandırmalarına göre ayrılmıştır. Böylece elde edilen sonuçların hem Avrupa kıtası geneliyle hem de Türkiye değerleriyle karşılaştırılması hedeflenmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Erozyon Modellerinin Faktörlerinin Belirlenmesi

RUSLE ve MUSLE erozyon modelleri akarsu havzalarındaki ortalama toprak kaybını standart erozyon faktörleri kullanarak hesaplamaktadır. Zira erozyonla meydana gelen toprak kaybının mekânsal değişkenliği bu faktörler kullanılarak açıklanabilmektedir (Roslee ve Sharir, 2019).

R faktör haritası, çalışma alanını temsil eden yağış verilerinin Schreiber'in 1904 denklemine göre düzenlenmesi (Fraedrich, 2010) ve yükseltiye göre R faktör değerlerinin tespit edilip, haritalandırılmasıyla elde edilmiştir (şekil 8).

K faktör haritası, çalışma alanını karakterize eden toprak örnek noktalarına göre hesaplanan K faktör değerlerinin IDW (Ters Mesafe Ağırlıklı) enterpolasyon yöntemiyle dağıtılmasıyla oluşturulmuştur (şekil 9).

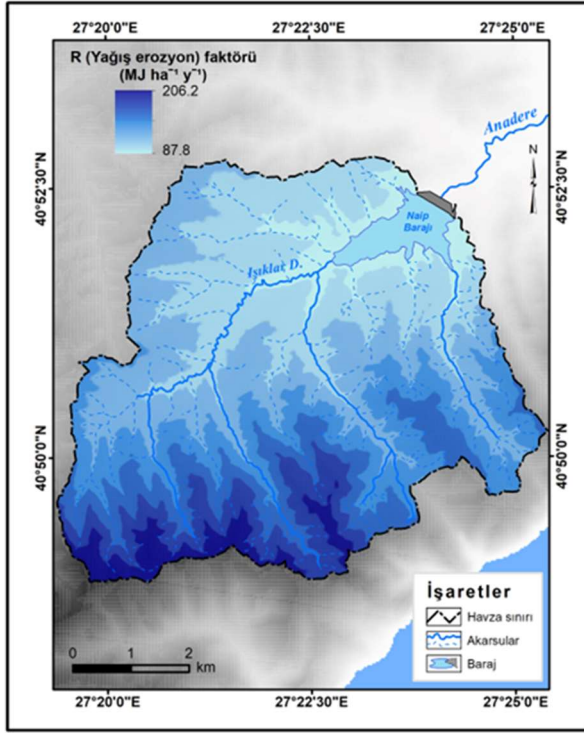
LS faktör haritaları hem RUSLE hem de MUSLE için belirlenmiş denklemlerden yararlanılarak üretilmiştir (şekil 10; 11).

C faktör haritası, çalışma alanındaki AKAÖ sınıfları göz önünde bulundurularak tespit edilmiştir (şekil 12; 13). Her iki model için de P faktör değeri tespit edilemediği için 1 olarak kabul edilmiştir. Ayrıca MUSLE için akış hacmi (Q) ve maksimum akım (q_p) değerleri saptanıp, model eşitliğine dahil edilmiştir.

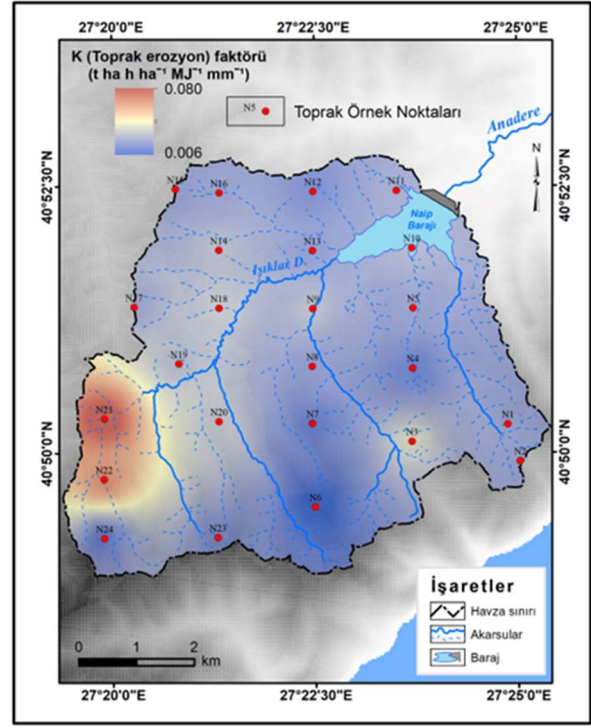
Çalışma alanının RUSLE ve MUSLE denklemlerine ait model girdilerinin ortalama değerleri bakımından R faktörü $82,7 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, K faktörü $0,02 \text{ t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, C faktörü $0,176$, P faktörü 1 , Akış hacmi (Q) $0,52 \text{ m}^3$ ve maksimum akım (q_p) $7,85 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Her iki modele ait LS faktörü python komut dosyası aracısıyla otomatik olarak üretilmiştir.

3.2. Erozyon Modellerinin Sonuçlarının Değerlendirilmesi

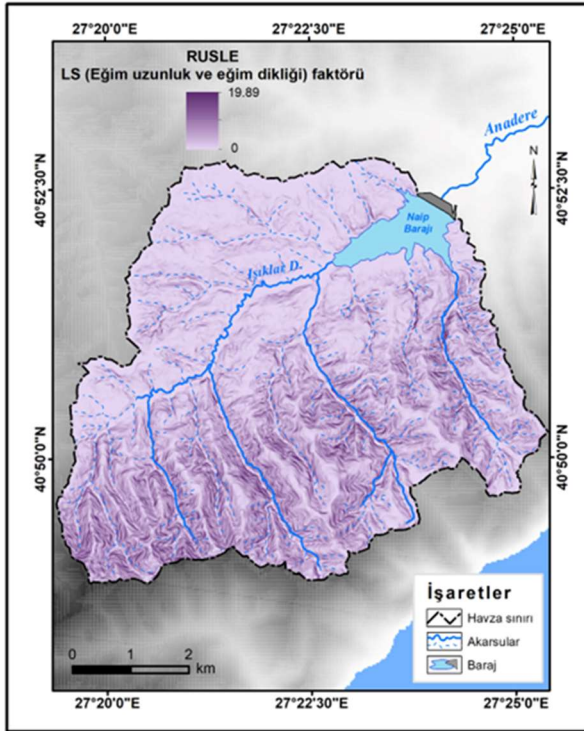
RUSLE ve MUSLE yöntemleri için belirlenmiş erozyon model faktör verilerinin ortalama değerleri kullanılarak çalışma alanının erozyon haritaları üretilmiştir (şekil 14). Bu haritalara göre çalışma alanında $0,31 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (RUSLE) ve $0,36 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (MUSLE) miktarında yıllık ortalama toprak kaybının yaşandığı belirlenmiştir (Tablo 5). Her iki modele ait sonuçlar Djoukbalı vd. (2019) tarafından yapılmış çalışma bulgularıyla örtüşmektedir. MUSLE erozyon modelinin RUSLE eşitliğine kıyasla hem ortalama hem de maksimum düzeyde daha yüksek sonuçlar göstermesinde akış hacmi ve maksimum akım faktörlerinin önemli bir etkiye sebep olduğu düşünölmektedir (Djoukbalı vd., 2019).



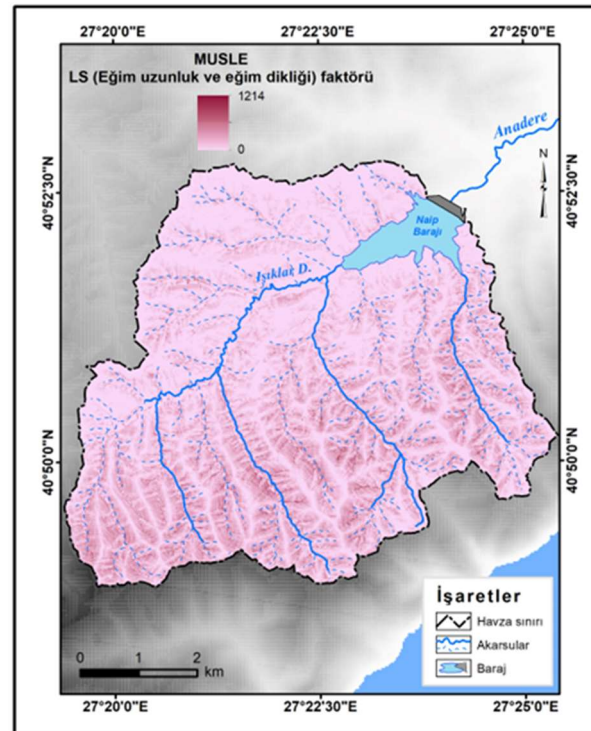
Şekil 8: Çalışma alanının R faktör haritası
Figure 8: R factor map of study area



Şekil 9: Çalışma alanının K faktör haritası
Figure 9: K factor map of study area



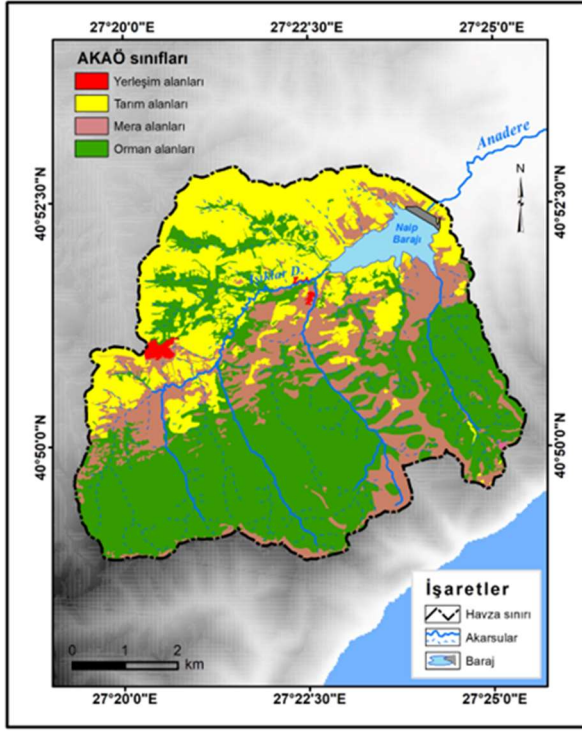
Şekil 10: alışma alanının LS faktör (RUSLE) haritası
Figure 10: LS factor (RUSLE) map of study area



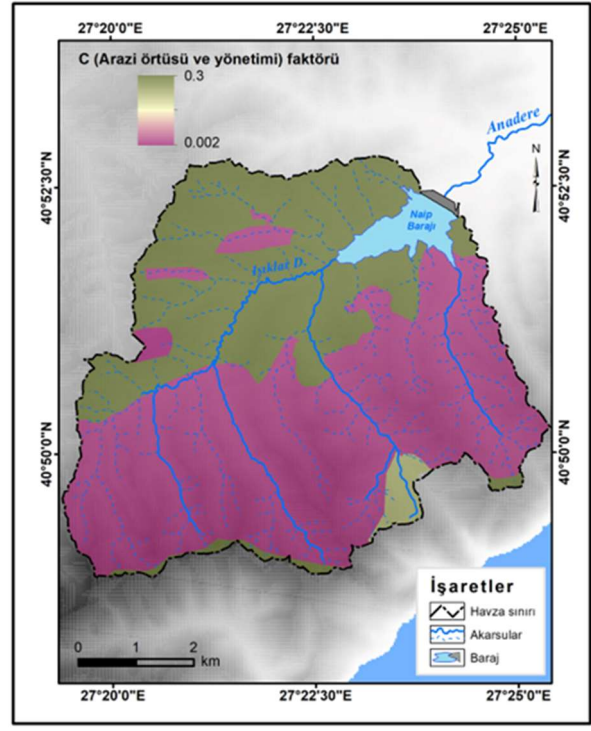
Şekil 11: alışma alanının LS faktör (MUSLE) haritası
Figure 11: LS factor (MUSLE) map of study area

Tablo 5: RUSLE ve MUSLE yöntemlerine göre çalışma alanındaki yıllık ortalama toprak kaybı miktarlarının istatistiksel değerlendirmesi / **Table 5:** Statistical evaluation of annual average soil loss amounts in the study area according to RUSLE and MUSLE methods

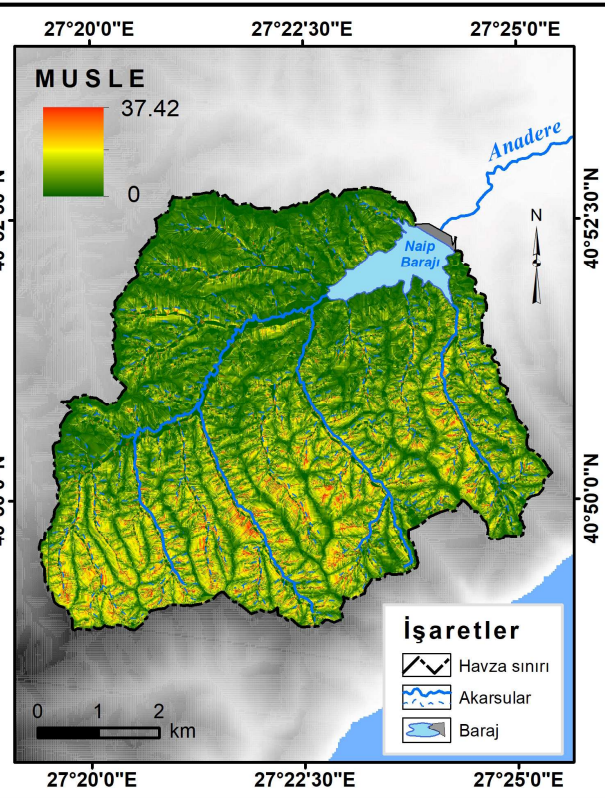
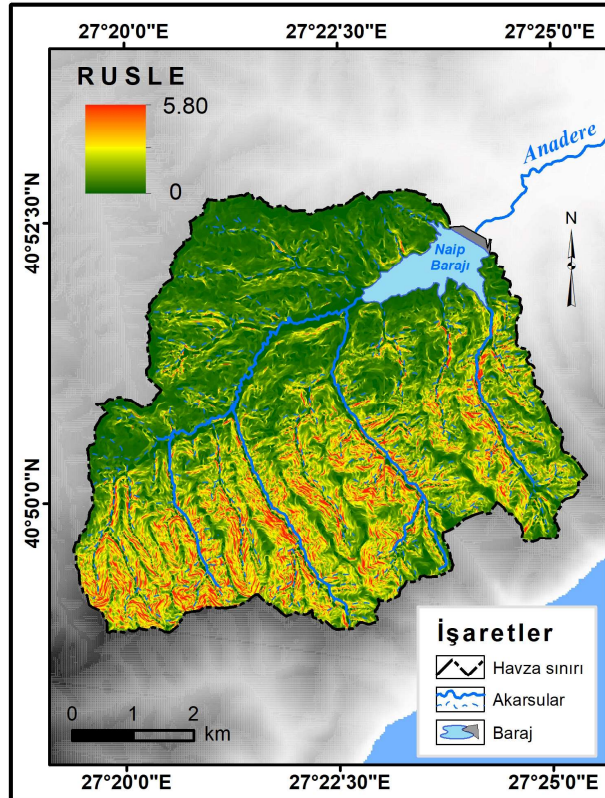
Erozyon Miktarı	RUSLE	MUSLE
Minimum	0	0
Ortalama	0,30	0,35
Maksimum	5,80	37,42



Şekil 12: Çalışma alanının AKAÖ haritası
Figure 12: LULC map of study area



Şekil 13: Çalışma alanının C faktör haritası
Figure 13: C factor map of study area



Şekil 14: Çalışma alanının erozyon haritaları (RUSLE ve MUSLE) / Figure 14: Erosion maps of the study area (RUSLE and MUSLE)

Çalışma alanındaki yıllık ortalama toprak kaybı miktarı, gerek Avrupa ($2,46 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) (Panagos vd., 2015), gerek Türkiye ($2,01 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) (Erpul vd., 2018) gerekse Tekirdağ ($5,26 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) (Özşahin, 2014) için bildirilen değerlerin çok altındadır. Bununla birlikte çalışma alanında Avrupa (Panagos vd., 2015b) ve Türkiye (Erpul

vd., 2018) erozyon risk sınıflamalarına göre $0-1 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ toprak kaybının olduğu ihmal edilebilir veya çok hafif erozyon riski yaygındır (Tablo 6). Çalışma alanının içerisinde yer aldığı hem Trakya Yarımadasında (İkiel vd., 2020) hem de Tekirdağ ilinde (Özşahin, 2014) ağırlıklı olarak çok hafif erozyon riskinin egemen olması da bu

bulguyu desteklemektedir. Çalışma alanında toprak erozyonun etkisi ve hızı, yanlış ve bilinçsiz toprak işlemenin olduğu tarım alanlarında ve kumlu toprakların/litolojilerin yayılış sahalarındaki doğal bitki örtüsünün

tahrip edildiği meralarda ve ormanlarda şiddetlenmektedir. Bu bakımdan çalışma alanı ana akarsu kolunun kuzeybatısı ve güneydoğusu olarak iki kısımda incelenebilir.

Tablo 6: Avrupa ve Türkiye Erozyon Risk Sınıflamalarına göre çalışma alanındaki erozyon risk sınıflarının alansal ve oransal dağılımı / **Table 6:** Distribution of erosion risk classes in the study area according to European and Turkish Erosion Risk Classification

Avrupa Erozyon Risk Sınıflaması (Panagos vd., 2015b)					
Erozyon risk sınıfları	Toprak kaybı (t ha ⁻¹ yr ⁻¹)	RUSLE		MUSLE	
		Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
İhmal edilebilir	0-1	4 078,99	95,17	3 948,06	92,12
Çok düşük	1,01-2	187,78	4,38	275,52	6,43
Düşük	2,01-5	14,99	0,35	46,19	1,08
Orta	5,01-10	4,216	0,10	8,91	0,21
Yüksek	10,01-20	-	-	4,31	0,10
Çok yüksek	20,01-50	-	-	2,99	0,07
Türkiye Erozyon Risk Sınıflaması (Erpul vd., 2018)					
Erozyon risk sınıfları	Toprak kaybı (t ha ⁻¹ yr ⁻¹)	RUSLE		MUSLE	
		Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
Çok hafif	0-1	4 079,46	95,18	3 946,56	92,08
Hafif	1,01-5	200,91	4,69	321,63	7,50
Orta	5,01-10	5,62	0,13	9,37	0,22
Şiddetli	10,01-20	-	-	4,87	0,11
Çok şiddetli	20,01 +	-	-	3,56	0,08
TOTAL		4285,99	100,00	4285,99	100,00



Şekil 15: Çalışma alanında eğime paralel olarak toprak işleminin yapıldığı tarım alanları ile mera ve ormanların tahrip olduğu alanlarda erozyon şiddeti artmaktadır. / **Figure 15:** In the study area, the severity of erosion increases in agricultural areas where tillage is made in parallel with the slope and in areas where pastures and forests are destroyed.

Ağırlıklı olarak tarım alanlarının yaygın olduğu kuzeybatı havzada tarım arazileri eğim doğrultusunda işlenmektedir. Bu hatalı ve sakıncalı uygulamanın da tarımsal girdi maliyetlerindeki artış (akaryakıt fiyatlarının

yükselmesi vs.) sebebiyle tercih edildiği belirlenmiştir (Öşahin, 2021). Diğer yandan çalışma alanındaki meraların ve ormanların hakim olduğu güneydoğu havzada ise doğal bitki örtüsü yoğun tahribat altındadır. Bu antropojenik kaynaklı bozulma süreci ağırlıklı

olarak tarımsal amaçlı faaliyetler için yeni alan açmadan kaynaklanmaktadır. Zira çalışma alanında yeni tarım alanları kazanmak için meralar yeni mera alanları oluşturmak için de ormanlar zayı edilmektedir (Şekil 15). Dolayısıyla özellikle şiddetli sağanak yağışın olduğu dönemlerde her iki sebebe bağlı olarak erozyonun şiddeti artmaktadır (Özşahin, 2016c).

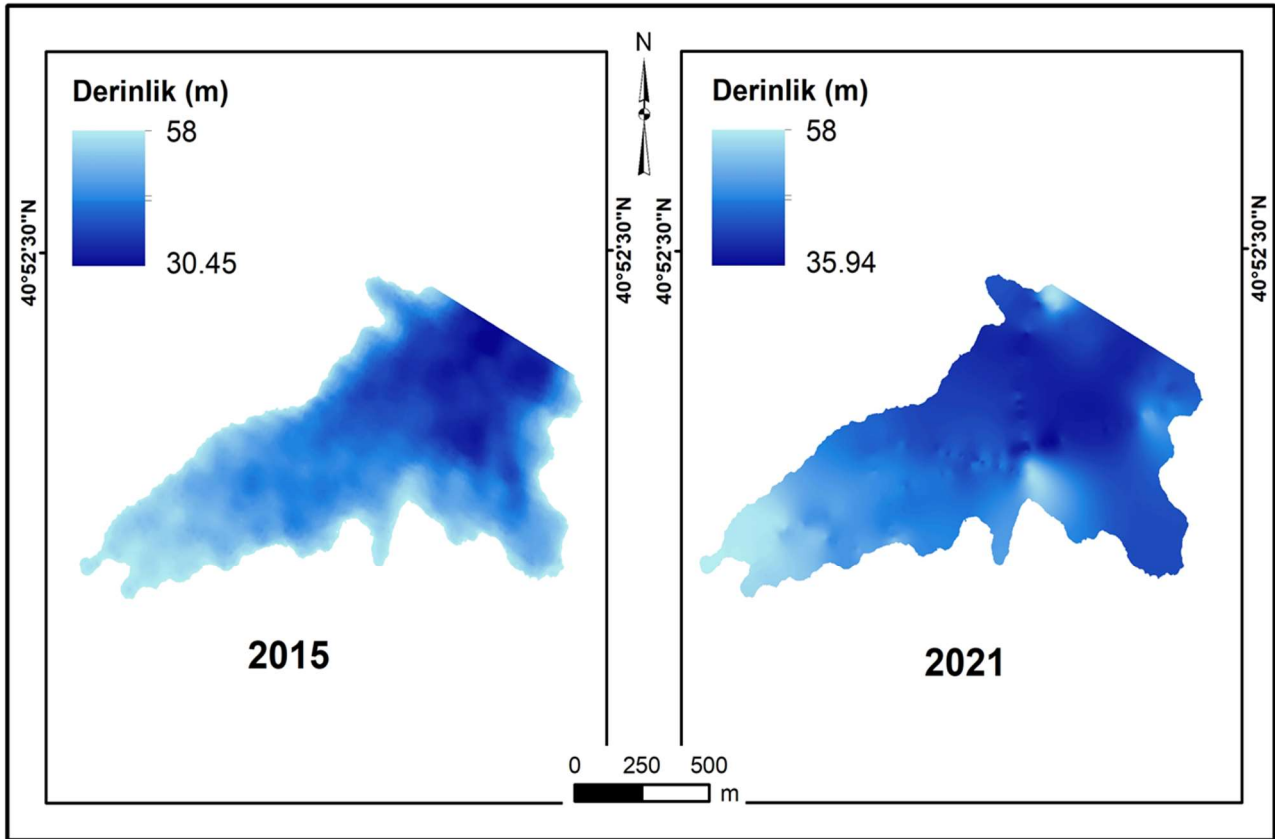
3.3. Erozyon Modellerinin Sonuçlarının Kontrolü

Erozyon modellerinin sonuçların kontrolü, Naip barajının hacimsel değişikliklerine göre

yapılmıştır. Bunun için barajın ilk su tutmaya başladığı zamanda (2015) 25 080 000 m³ olan toplam rezervuar hacminin 2021 yılında 22 093 208 m³ olduğu belirlenmiştir (Şekil 16; Tablo 7). Buna göre rezervuar hacmi -2 986 608 m³ azalmıştır. Baraj rezervuarında siltasyon sebebiyle meydana gelen en fazla değişimin de ölü hacimde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 17). Böylece ilgili yıllar arasında ölü hacim %13,09 küçülmüştür (Tablo 7).

Tablo 7: Naip barajındaki aktif hacim, ölü hacim ile siltasyon miktarının değişimi (2015-2021) / **Table 7:** Change of active volume, dead volume and siltation amount in Naip dam (2015-2021)

Rezervuar	Yükselti (m)	Hacim (m ³)		Hacim Değişimi (m ³)	Değişimin Oranı (%)
		2015	2021		
Toplam Hacim	68,56	25 080 000	22 093 392	-2 986 608	-11,91
Aktif Hacim	44< - >68,56	22 961 159	20 251 936	-2 709 223	-11,80
Ölü Hacim	44	2 118 841	1 841 456	-277 385	-13,09



Şekil 16: Naip barajının batimetri haritaları (2015-2021) / **Figure 16:** Bathymetry maps of the Naip dam (2015-2021)

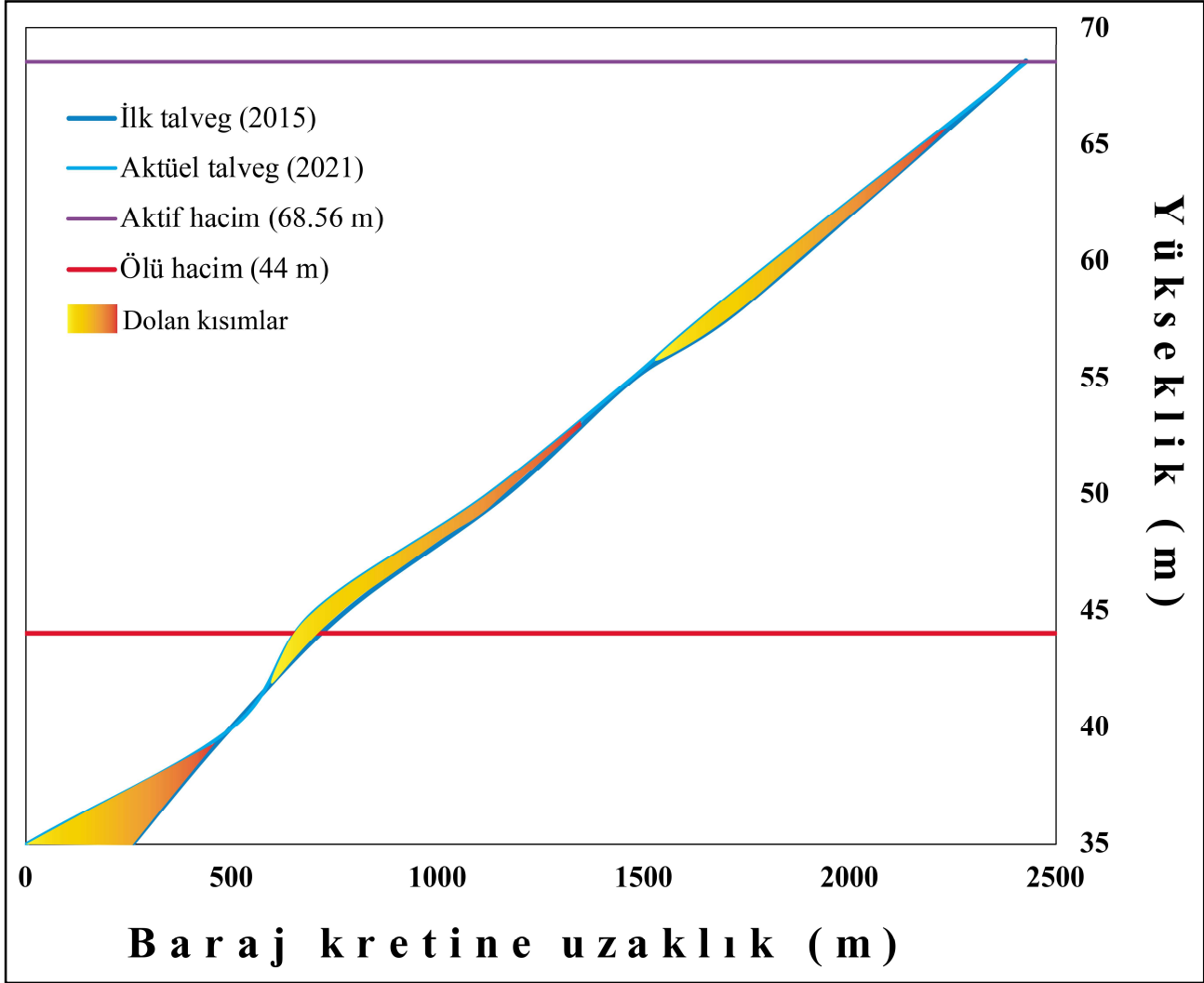
Çalışma alanında sediment verimi, rezervuar hacminde meydana gelen azalmanın havza yüzölçümüne bölünmesiyle hesaplanmıştır (Cürebal vd., 2013). Buna göre sediment veriminin 87,16 m³/yıl/km² olduğu baraj

havzasında rezervuarda ilk su tutulmaya başlandığı dönemden 2021 yılına kadar geçen 6 yıllık sürede toplam taşınan sediment miktarının 6 445,62 ton olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla siltasyon sebebiyle barajın rezervuar

hacmi %11,91 küçülmüştür (Özşahin, 2021; Tablo 6).

Çalışma alanındaki Naip barajının yapımından beri (2015-2021) meydana gelen siltasyonun etkisiyle baraj rezervuarının küçülmesi aynı zamanda barajın ömrünün azalmasına da yol açmıştır. Dolayısıyla çalışma alanı için belirlenmiş yıllık ortalama toprak kaybıyla

ortaya çıkan siltasyonun benzer biçimde devam edeceği varsayımıyla Naip barajının ekonomik ömrü 50 yıl olarak tespit edilmiştir. 2021 yılına kadar bu sürenin 6 yılı geçtiği için barajının kalan ömrü 44 yıl olarak belirlenmiştir. Böylece çalışma alanındaki siltasyonu azaltıcı herhangi bir önlem alınmadığı takdirde baraj rezervuarının 2065 yılında işlevsiz hale geleceği tahmin edilmektedir (Özşahin, 2021).



şekil 17: Naip barajının rezervuarındaki talveg profilinin değişimi (2015-2021) / **Figure 17:** Change of thalweg profile in the reservoir of Naip dam (2015-2021)

4. SONUÇ, TARTIşMA VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda Naip barajı havzasında $0,31 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (RUSLE) ve $0,36 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (MUSLE) miktarında yıllık ortalama toprak kaybının yaşandığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar batimetrik verilerle kontrol edilmiş ve RUSLE model sonucunun daha isabetli olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla barajın yapımından beri (2015-2021) toplam taşınan sediment miktarının

6 445,62 ton olduğu hesaplanmıştır. Buna göre toplam rezervuar hacmi, %11,95 oranında dolmuştur. Rezervuarın dolma hızı aynı şekilde devam ederse Naip barajı 2065 yılında işlevsiz hale gelecektir. Çok hafif erozyon riskinin görüldüğu çalışma alanında, yanlış arazi kullanımının izlendiği eğimli yamaçlarda ve arazi bozulmasının görüldüğu kumlu toprak/litoloji yayılış alanlarında erozyonun daha şiddetli bir şekilde etkili olduğu

anlaşılmıştır. Bu alışma evrensel toprak kaybı denkleminin (USLE) revize (RUSLE) versiyonunun benzer havzalar için daha doğru sonuçlar verdiğini göstermiştir. Ayrıca ArcGIS Soil Erosion Tool adlı uygulamanın evrensel toprak kaybı denkleminin (USLE) revize (RUSLE) ve modifiye (MUSLE) versiyonlarının akarsu sedimantasyon miktarının belirlenebilmesi ve baraj rezervuarlarındaki depolanma süreçleri konusunda yararlı sonuçlar elde edilmesi için pratik bir şekilde kullanılabileceği göstermiştir.

Çalışma alanında tamamen engellenemeyen toprak erozyonunun büyük ölçüde kontrol altına alınması, bazı önlemlerin geliştirilmesiyle mümkündür. Öncelikle alışma alanındaki tarlalar eğim yönüne dik olarak srlmedir. Bunun için yöredeki çiftçilerin bilinçlendirilmesi ve bazı tarımsal desteklerle (akaryakıt desteği vs.) takviye edilmesi gerekmektedir. Diğer yandan çalışma alanındaki kumlu toprakların/litolojilerin yayılış sahalarındaki meraların ve ormanların korunması da elzemdir. Ayrıca Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yayımlanan İçme ve Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik kapsamında baraj çevresinde oluşturulacak koruma alanları ile çalışma alanındaki erozyon problemi nlenebilir. Böylece havzadaki erozyonun şiddeti yavaşlatılabilir ve barajın dolma süresi uzatılabilir.

4. KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Makalenin arazi çalışmaları sürecinde yardımlarından dolayı sayın Do. Dr. Hüseyin SARI ve Tekirdağ İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü personeline, ayrıca makalenin değerlendirilmesi aşamasında katkılarından dolayı hakemlere ve editre teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

ArcGIS. (2021). Soil Erosion Tool. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d9cf2bdcb64e47d39df8410cb6814d20>.

Arnoldus, H.M.J. (1977). Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco, FAO Soils Bulletin, 34:39-51.

Arnoldus, H.M.J. (1980). An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation, in: De Boodt, M. and Gabriels, D., Assessment of Erosion, pp.: 127-131, Chichester, UK, Wiley.

Açık, Y. (2016). Barajların Kontrol ve Denetiminin nemi. Gmşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6 (1):33-40. <https://doi.org/10.17714/gufbed.2016.06.004>.

Atalay, İ. (1984). Soil erosion and its effects on the transportation and the modern sedimentation in Turkey. Ege Coğrafya Dergisi, 2:30-47.

Bhatti, M.T., Ashraf, M., Anwar, A.A. (2021). Soil Erosion and Sediment Load Management Strategies for Sustainable Irrigation in Arid Regions. Sustainability, 13:3547. <https://doi.org/10.3390/su13063547>.

Borrelli, P., Robinson, D.A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J.E., Alewell, C., Wuepper, D., Montanarella, L., Ballabio C. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). Proceedings of the National Academy of Sciences, 117 (36):21994-22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>.

Bozyiğit, R., Kaya, B. (2017). Altınapa Barajı Havzasında (Konya) Erozyon ve nlemler. Marmara Coğrafya Dergisi, 36:285-303. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/marucog/issue/30253/330017>.

Chuenchum, P., Xu, M., Tang, W. (2020). Estimation of Soil Erosion and Sediment Yield in the Lancang-Mekong River Using the Modified Revised Universal Soil Loss Equation and GIS Techniques. Water, 12(1):135. <https://doi.org/10.3390/w12010135>.

Cürebal, İ., Efe, R., Soykan, A., Sönmez, S. (2013).  Boyutlu Modelleme Kullanılarak Siltasyon Miktarının llmesi: aygren Barajı rneği. UJES 2012, III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.: 729-738, Hatay.

Desmet, P.J.J., Govers, G. (1996). A GIS-procedure for automatically calculating the USLE LS-factor on topographically complex landscape units, Journal of Soil and Water Conservation, 51 (5):427-433.

Dindaroğlu, T., Canbolat, M. (2014). Erzurum İli Kuzgun Baraj Gl Havzasında Gerek ve Potansiyel Erozyon Risk Alanlarının CORINE Yntemiyle Belirlenmesi. KS Doğa Bilimleri Dergisi, 16 (4):8-15. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ksudobil/issue/22839/243811>.

Djoukbala, O., Hasbaia, M., Benselama, O., Mazour, M. (2019). Comparison of the erosion prediction models from USLE, MUSLE and RUSLE in a Mediterranean watershed, case of Wadi Gazouana (N-W of Algeria). Modeling Earth Systems and Environment, 5:725-743. <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0562-6>.

- DSİ. (2015). İnşa Halindeki Barajlar. DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü) 11. Bölge Müdürlüğü, Edirne, Erişim Tarihi: 14/04/2015, Erişim Adresi: <http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi11/tekirdag.htm>
- DSİ. (2020). D02A094 nolu Işıklar D. – Naipköy istasyonuna ait 1987-2014 aylık ortalama debi (m³/s) ölçüm sonuçları. DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü) Etüt Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı Rasatlar Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Dutta, S. (2016). Soil erosion, sediment yield and sedimentation of reservoir: a review. *Model. Earth Systems and Environment*, 2:123. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0182-y>.
- Efe, R., Ekinci, D., Cürebal, İ. (2008). Erosion Analysis of Şahin Creek Watershed (NW of Turkey) Using GIS Based on RUSLE (3D) Method. *Journal of Applied Science*, 8 (1): 49-58.
- Erpul, G., Şahin, S., İnce, K., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ., Çetin, E. (2018). Türkiye Su Erozyonu Atlası. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- ESA WorldCover (2021). <https://worldcover2021.esa.int/viewer>.
- Ezzaouini, M.A., Mahé, G., Kacimi, I., Zerouali, A. (2020). Comparison of the MUSLE Model and Two Years of Solid Transport Measurement, in the Bouregreg Basin, and Impact on the Sedimentation in the Sidi Mohamed Ben Abdellah Reservoir, Morocco. *Water*, 12:1882. <https://doi.org/10.3390/w12071882>.
- Fıçıcı, M. (2021). Madra Barajı Havzasında erozyon analizi. Yayınlanmamış doktora tezi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.
- Fraedrich, K. (2010). A Parsimonious Stochastic Water Reservoir: Schreiber's 1904 Equation. *Journal of Hydrometeorology*, 11, 575-578. <https://doi.org/10.1175/2009JHM1179.1>.
- Hajigholizadeh, M., Melesse, A.M., Fuentes, H.R. (2018). Erosion and Sediment Transport Modelling in Shallow Waters: A Review on Approaches, Models and Applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3):518. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030518>.
- HGM. (2020). Tekirdağ İli SYM (5 m) verisi ve ortofotoları (2019). Harita Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ijam, A.Z., Al-Nawiseh, A.N., Ktishat, K. (2020). Storage Reduction of Mujeb Dam Reservoir in Jordan due to Sedimentation. *Journal of Environment and Earth Science*, 10 (6):124-131. <https://doi.org/10.7176/JEES/10-6-10>.
- İkiel, C., Ustaoglu, B., Koç, D.E. (2020). Trakya Yarımadası'nda Erozyon Duyarlılık Analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* 4:1-14. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jader/issue/53577/666287>.
- Lazzari, M., Gioia, D., Piccarreta, M., Danese, M., Lanorte, A. (2015). Sediment yield and erosion rate estimation in the mountain catchments of the Camastra artificial reservoir (Southern Italy): A comparison between different empirical methods. *Catena*, 127:323-339. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.11.021>.
- Luo, Y., Lu, M., Wang, H., Qiu, A. (2019). Recent soil erosion in the Hongfeng catchment on the Guizhou Plateau, SW China revealed by analysis of reservoir sediments and soil loss modeling. *Journal of Paleolimnology*, 61:17-35. <https://doi.org/10.1007/s10933-018-0042-z>.
- MGM. (2021). Tekirdağ Meteoroloji İstasyonu Meteorolojik Gözlem Verileri (1950-2020). Tekirdağ Meteoroloji İstasyonu, Tekirdağ.
- Miranda, M.N., Rosa, C., Peres, A., Maia, R. (2021). Sedimentation assessment and effects in Venda Nova dam reservoir (Portugal). *Science of The Total Environment*, 766:144261. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144261>.
- Oğuz, K. (2015). Kurtboğazı barajı havzasında erozyon risk alanlarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30 (2):176-181. <https://doi.org/10.7161/anajas.2015.30.2.176-181>.
- Özşahin, E. (2014). Tekirdağ İlinde CBS Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Erozyon Risk Değerlendirmesi. *JOTAF / Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11 (3):45-56.
- Özşahin, E. (2016a). Ergene Havzasında (Trakya) arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin erozyon üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31:117-126. <https://doi.org/10.7161/anajas.2016.31.1.117-126>.
- Özşahin, E. (2016b). Alakır Çayı Havzasında (Antalya) Toprak Kaybının Mekânsal Dağılışı ve Etkili Faktörler. *JOTAF / Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (2):123-134.
- Özşahin, E. (2016c). Çok Şiddetli Erozyon Probleminin Değerlendirilmesine Yönelik Pilot Bir Çalışma: Kavakdere Havzası (Trakya Yarımadası) Örneği. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 7 (2):100-119.
- Özşahin, E. (2021). Baraj Rezervuarındaki Alansal ve Hacimsel Değişikliklerin Zamansal ve Mekânsal Ölçekte Karşılaştırması: Naip Barajı Örneği (Tekirdağ/Türkiye). III. Uluslararası Coğrafya Eğitimi Kongresi Tam Metin Bildiriler Kitabı (UCEK – 2021), Editör: Prof. Dr. Hakan KOÇ, s.:

- 603-613, 14-17 Ekim 2021, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye.
- Özşahin, E., Duru, Ü., Eroğlu, İ. (2018). Land Use and Land Cover Changes (LULCC), a Key to Understand Soil Erosion Intensities in the Maritsa Basin. *Water*, 10:335. <https://doi.org/10.3390/w10030335>.
- Özşahin, E., Eroğlu, İ., Yıldız, H. (2019). GIS Based Erosion Studies in Turkey. *Proceedings of International Balkan and Near Eastern Social Sciences Congress Series- Tekirdağ / Turkey*, March 09-10, 2019 / Ed. Dimitar Kirilov DIMITROV, Dimitar NIKOLOSKI, Rasim YILMAZ, pp.: 1251-1253.
- Palmieri, A., Shah, F., Dinar, A. (2001). Economics of reservoir sedimentation and sustainable management of dams. *Journal of Environmental Management*, 61 (2):149-163. <https://doi.org/10.1006/jema.2000.0392>.
- Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P., Alewell, C. (2014). Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of the Total Environment*, 479-480:189-200. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.010>.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, C., Alewell, C., Lugato, E., Montanarella, L. (2015a). Estimating the soil erosion cover-management factor at European scale. *Land Use Policy*, 48C:38-50. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.021>.
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, C. (2015b). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*, 54:438-447. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>.
- Pınar, M.Ö., Şahin, S., Madenoğlu, S., Erpul, G. (2020). Derinöz Baraj Havzasında Şiddetli Erozyon Alanlarının Belirlenmesi Ve Rezervuar Sediment Yükünün Hesaplanması. *Su Kaynakları*, 5 (2):24-33. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/su/issue/56995/785518>.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Porter, J.P. (1991). Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *Journal Soil Water Conservation*, 46:30-33.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Agriculture Handbook No. 703, USDA: Washington, DC, USA.
- Roslee, R., Sharir, K. (2019). Soil Erosion Analysis using RUSLE Model at the Minitod Area, Penampang, Sabah, Malaysia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1358:012066. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1358/1/012066>.
- Samad, N., Chauhdry, M.H., Ashraf, M., Saleem, M., Hamid, Q., Babar, U., Tariq, H., Farid, M.S. (2016). Sediment yield assessment and identification of check dam sites for Rawal Dam catchment. *Arabian Journal of Geosciences*, 9:466. <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2484-9>.
- Sayl, K.N., Muhammad, N.S., El-Shafie, A. (2017). Optimization of area-volume-elevation curve using GIS-SRTM method for rainwater harvesting in arid areas. *Environmental Earth Sciences*, 76:368. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6699-1>.
- Schmutz, S., Moog, O. (2018). Dams: Ecological Impacts and Management. In: Schmutz, S., Sendzimir, J. (Eds.) *Riverine Ecosystem Management*. Aquatic Ecology Series, Volume: 8, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_6.
- Selek, Z., Pınarlık, M. (2019). Yeşilirmak Havzası Çakmak Barajı rezervuarındaki sediment birikiminin araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 22(3):715-721. <https://doi.org/10.2339/politeknik.457958>.
- Şentürk, K., Sümengen, M., Terlemez, İ., Karaköse, C. (1998). 1:100 000 ölçekli Açın-sama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Bandırma-D4 Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü No: 64, Ankara.
- Snyder, N.P., Rubin, D.M., Alpers, C.N., Childs, J.R., Curtis, J.A., Flint, L.E., Wright, S.A. (2004). Estimating accumulation rates and physical properties of sediment behind a dam: Englebright Lake, Yuba River, northern California. *Water Resources Research*, 40: W11301. <https://doi.org/10.1029/2004WR003279>.
- Soukhaphon, A., Baird, I.G., Hogan, Z.S. (2021). The Impacts of Hydropower Dams in the Mekong River Basin: A Review. *Water*, 13(3):265. <https://doi.org/10.3390/w13030265>.
- Süleymanpaşa Belediyesi. (2021). Naip Barajı. <https://www.suleymanpasa.bel.tr/bilgi/Naip-Baraj%C4%B1--246>. Son Erişim Tarihi: 06.07.2021.
- Thiet, N.V., Orange, D., Laffy, D., Cu, P.V. (2012). Consequences of large hydropower dams on erosion budget within hilly agricultural catchments in Northern Vietnam by RUSLE modeling. Hanoi: IRD, 8 p. multigr. International Conference Sediment Transport Modeling in

- Hydrological Watersheds and Rivers, Istanbul (TUR), 2012/11/14-16.
- Williams, J.R. (1975). Sediment routing for agricultural watersheds. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 11:965-974.
- Wischmeier, W.H. (1978). Use and misuse of the universal soil loss equation. Journal of Soil and Water Conservation, 31:5-9.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. Agriculture Handbook No. 537, 537:285-291. <https://doi.org/10.1029/TR039i002p00285>.
- Xu, Y., Shao, X., Kong, X., Peng, J., Cai, Y. (2008). Adapting the RUSLE and GIS to model soil erosion risk in a mountains karst watershed, Guizhou Province, China. Environmental Monitoring and Assessment, 141:275-286. <https://doi.org/10.1007/s10661-322007-9894-9>.
- Zanaga, D., Van De Kerchove, R., Daems, D., De Keersmaecker, W., Brockmann, C., Kirches, G., Wevers, J., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Lesiv, M., Herold, M., Tsendbazar, N.E., Xu, P., Ramoino, F., Arino, O. (2022). ESA WorldCover 10 m 2021 v200. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7254221>.
- Zhang, Y., Degroote, J., Wolter, C., Sugumaran, R. (2009). Integration of Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) into a GIS Framework to Assess Soil Erosion Risk. Land Degradation and Development, 20:84-91. <https://doi.org/10.1002/ldr.893>.

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

DOĞU TOROSLAR'DAKİ ÇÖZÜNME DOLİNLERİNİN MORFOMETRİK ÖZELLİKLERİ

Morphometric Properties of Solution Dolines in the Eastern Taurus

Gülden ÇETİNKAYA^a, Mesut ŞİMŞEK^b, Muhammed Zeynel ÖZTÜRK^c

^a Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Bursa

guldencetinkaya34@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-6035-6648>

^b Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Hatay

m_simsek@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-4678-4336>

^c Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Niğde

muhammed.zeynel@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-9834-7680>

Makale Tarihi

Geliş 8 Kasım 2022

Kabul 2 Aralık 2022

Article History

Received: 8 November 2022

Accepted: 2 December 2022

Anahtar Kelimeler

Doğu Toros Dağları, Poligonal Karst, Dolin Morfometrisi, Karstik Platolar

Keywords

Eastern Taurus Mountains, Polygonal Karst, Doline Morphometry, Karst Plateaus

Atıf Bilgisi / Citation Info

Çetinkaya, G., Şimşek, M., Öztürk, M.Z. (2023) Doğu Toroslar'daki Çözünme Dolinlerinin Morfometrik Özellikleri / Morphometric Properties of Solution Dolines in the Eastern Taurus, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches 2023 (10): 20-33

doi: 10.46453/jader.1201290

ÖZET

Dolinler orta enlemlerdeki karstik platoların karakteristik şekillerindedir ve Doğu Toroslar'daki yüksek karstik platolar üzerinde çok sayıda dolin yer almaktadır. Bu çalışmanın ana amacı Doğu Toroslar'daki dolinlerin alansal dağılımı ve morfometrik özelliklerinin belirlenmesidir. Çalışma kapsamında 1/25.000 ölçekli 217 topoğrafya haritası taranmış ve toplamda 8.554 km²lik alan kaplayan 28 karstik plato üzerinde 36.188 dolin tespit edilmiştir. Yükseklik özelliklerine göre dolinler 640 metre ile 3335 metre arasında dağılım gösterir. Tüm çalışma alanında ortalama dolin yoğunluğu 4,5 dolin/km²'dir. Maksimum dolin yoğunluğu 128 dolin/km² ile Malatya Dağları'nda gözlenip, Aladağlar, Alandaş Dağı, Yama Dağı ve Berit Dağı'nda ise 50 dolin/km²'nin üzerine çıkmaktadır. Sahada yüksek dolin yoğunluğuna sahip alanlar (> 50 dolin/km²) oldukça az yer kaplamakta (%0,2) iken çok düşük ve düşük dolin yoğunluğuna sahip alanlar ise oldukça fazla yer kaplamaktadır (%98,5). Doğu Toroslar'daki dolinlerin ortalama alanı 3.287 m² iken ortalama çevre uzunluğu ise 170 metredir. Dolinlere ait dairesellik indisinin ortalama değeri 1,29 olup, dolinler dairesel formlarını kaybetmiş özelliktedirler. Dolinlerin uzun eksen uzunluğu ortalama 62 metre iken kısa eksen uzunluğu ise ortalama 37 metredir. Sahadaki dolinlerin ortalama uzama oranı değeri ise 1,58 olup, dolinler yarı eliptik özellik göstermektedir. Doğu Toroslar'daki dolinlerin egemen yönelimi KD-GB doğrultusunda olup sahada BKB-DGD ve KKB-GGD doğrultularında ikincil uzanımlar da tespit edilmiştir. Doğu Toroslar'daki fay ve kırım sistemleriyle dolin uzanımları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla her platodaki dolin yönelimleri haritalandırılmıştır. Elde edilen yönelim dağılımlarına göre kuzey kesim Doğu Anadolu Fayı (DAF), batı kesim DAF ve Güneydoğu Anadolu Bindirmesi, doğu kesim ise Güneydoğu Anadolu Bindirmesi etkisinde şekillenmiş olup bu kesimlerde yer alan fay yönelimleri genel anlamda dolin uzanımlarına paralellik göstermektedir.

ABSTRACT

Dolines are the characteristic landforms of karst plateaus in the middle latitudes and there are many dolines on the high karst plateaus in the Eastern Taurus Mountains. The main purpose of this study is to determine the spatial distribution and morphometric properties of dolines in the Eastern Taurus Mountains. In the study, 217 topography maps with a scale of 1/25.000 were scanned and 36.188 dolines were detected on 28 karst plateaus covering an area of 8.554 km² in total. The elevation of dolines ranges between 640 meters and 3.335 meters. The average doline density in the study area is 4.5 dolines/km². The maximum doline density is observed in the Malatya Mountains with 128 dolines/km² and it exceeds 50 dolines/km² in Aladağlar, Alandaş Mountain, Yama Mountain, and Berit Mountain. Areas with high doline density (> 50 doline/km²) occupy very little space (0.2%), while areas with very low and low doline density take up a lot of space (98.5%). While the average area of the dolines in the Eastern Taurus is 3.287 m², the average perimeter is 170 meters. The average value of the circularity index of the dolines is 1.29, and they have lost their circular form. While the long axis length of the dolines is 62 meters on average, the short axis length is 37 meters on average. The average elongation ratio value of the dolines in the field is 1.58, and the dolines show semi-elliptical characteristics. While the dominant orientation of the dolines is in the NE-SW direction, secondary orientations were detected in the WNW-ESE and NNW-SSE directions. In order to determine the relationship between the fault and fold systems and doline extensions in the Eastern Taurus Mountains, the doline orientations of each plateau were mapped. According to the obtained orientation distributions, the northern part was shaped by the East Anatolian Fault (EAF), the western part by the EAF and the Southeast Anatolian Thrust, and the eastern part by the Southeast Anatolian Thrust.

1.GİRİŞ

Ülkemizin en geniş karst kuşağını oluşturan Toroslar'ın tektonik, topoğrafik, klimatolojik ve litolojik şartları; lapyalar, dolinler, polyeler, düdenler, mağaralar gibi birçok yüzey ve yüzeyaltı karstı şeklinin gelişmesine olanak sağlamıştır (Nazik ve Bayarı, 2018; Öztürk, 2018a; şimşek vd., 2020). Bu şekiller bütün Toros Karst Kuşağı boyunca yaygın olarak görülmekle birlikte ülkemizde yapılan karst çalışmaları genel olarak Batı ve Orta Toroslara yöneliktir (Nazik ve Poyraz, 2017). Batı Toroslar, gerilme-genişlemeli tektonik rejim özelliği olan, karstlaşmanın yanal yönde gelişim gösterdiği, sığ karst özelliğine sahip kesimdir. Bu alanın en tipik karstik şeklini polyeler oluşturmaktadır (Erinç, 2001; Nazik ve Poyraz, 2017; Doğan, 2019; Tuncer, 2021). Tüm Toros Karst Kuşağı içerisinde toplam 175 polye tespit edilmiş ve bunların çok büyük bir bölümü Batı Toroslar ile Orta Torosların batı kesimini kapsayan Isparta Açısı içerisinde yer almaktadır. Bu polyelerden en geniş alanlara sahip olanları ise Batı Toroslar içerisinde yer almaktadır (şimşek vd., 2021). Orta Toroslar, Mesozoyik komprehensif serileri ve yataya yakın Miyosen denizel karbonatlarından oluşmaktadır. Çok dönemli-çok kökenli karsta ait tüm şekillerin yanal ve düşey doğrultuda gözlendiği Orta Toroslar'da mağara kanyonlar, derin mağara sistemleri ve dolinler en karakteristik şekillerdir (Nazik ve Poyraz, 2017). Öztürk (2018a) Orta Toroslar'daki dolinlerin dağılışını ve morfometrik özelliklerini ele aldığı çalışmasında 8 karstik plato üzerinde 127.411 dolin tespit etmiştir. Ayrıca ülkemizdeki en derin mağaralar Orta Toroslar içerisinde yer almaktadır (Nazik ve Poyraz, 2017). Toroslar içerisindeki diğer alanlara göre yükseltinin fazla olduğu Orta Toroslar'da geniş alanlarda buzullaşma ve kartlaşma iç içe girmiştir (şimşek vd., 2019a).

Çapları birkaç metreden 1 km'ye değişiklik gösteren ve dairesel veya yarı dairesel şekiller olan çözünme dolinleri karstik alanların karakteristik yüzey şekillerindedir (Ford ve Williams, 2007). Çözünme dolinlerinin sık bir şekilde bulunduğu alanlar "dolin karstı" olarak isimlendirilirken, dolinlerin belli bir hat

boyunca sıralanması "yönlü karst" olarak isimlendirilmektedir (Doğan, 2004; Erinç, 2001). Dolinlerin birbirinden alçak sırtlarla ayrılıp sığ çukurluklar şeklinde gelişim gösterdiği alanlar ise 'poligonal karst' veya 'delikli karst (cockpit karst)' şeklinde ifade edilmektedir (Waltham, 2002; Doğan, 2004; Öztürk, 2018a). Çözünme dolinleri özellikle Batı ve Orta Toroslarda, Sivas ve Çankırı jips karstında yaygın bir oluşum göstermektedir (Öztürk, 2018a; şener ve Öztürk, 2019; şimşek vd., 2019b; Poyraz vd. 2021). Toros sisteminin doğu kesimini oluşturan Doğu Toroslar da iyi gelişmiş karstik sistemlere sahiptir. Daha önceki çalışmalarda Batı ve Orta Toroslardaki dolinlerin dağılışları ve morfometrik özellikleri incelenmiştir. Doğu Toroslardaki dolinlerle ilgili yapılmış tek çalışma ise, Öztürk vd. (2015) tarafından Tahtalı Dağları üzerindeki 992 adet dolinin incelendiği çalışmadır. Ancak Doğu Toroslar'ın tamamında dolinlerin yoğunluğu, alansal dağılışı ve morfometrik özellikleri hakkında herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu eksiklikten dolayı bu çalışmada Doğu Toroslar'daki karstik alanlar üzerinde gelişmiş olan dolinlerin dağılışları ve morfometrik özellikleri incelenmiştir. Böylelikle hem Doğu Toroslar'daki karstik platolar belirlenmiş hem de önceki çalışmaların sonuçları ile birlikte tüm Toros karst kuşağı içerisindeki karstik platolar ve bu platolar üzerindeki dolin parametreleri belirlenmiş olacaktır.

1.1. Çalışma Alanı

Alp orojenik kuşağının ülkemizin güney ve doğu kesimleri boyunca uzanım gösteren bölümünü oluşturan Toroslar, ülkemizin güneyinde Akdeniz kıyısına paralel, doğu ve güneydoğuda ise KD-GB ve D-B yönünde uzanım göstermektedir (Ketin, 1966; Özgöl, 1976). Bu kuşak Özgöl (1984) tarafından batıda Kırıkkavak, doğuda Ecemiş Fay Sistemleriyle Doğu, Orta ve Batı Toroslar olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. Çalışma sahası, Ecemiş Fay Sisteminin doğu kesiminden başlayıp İran sınırına kadar iç bükey bir yay çizen Doğu Toroslar içerisindeki karstik platoları kapsamaktadır (şekil 1a). Belirlenen alanların tamamı tektonik sınırlara göre Doğu Toroslar

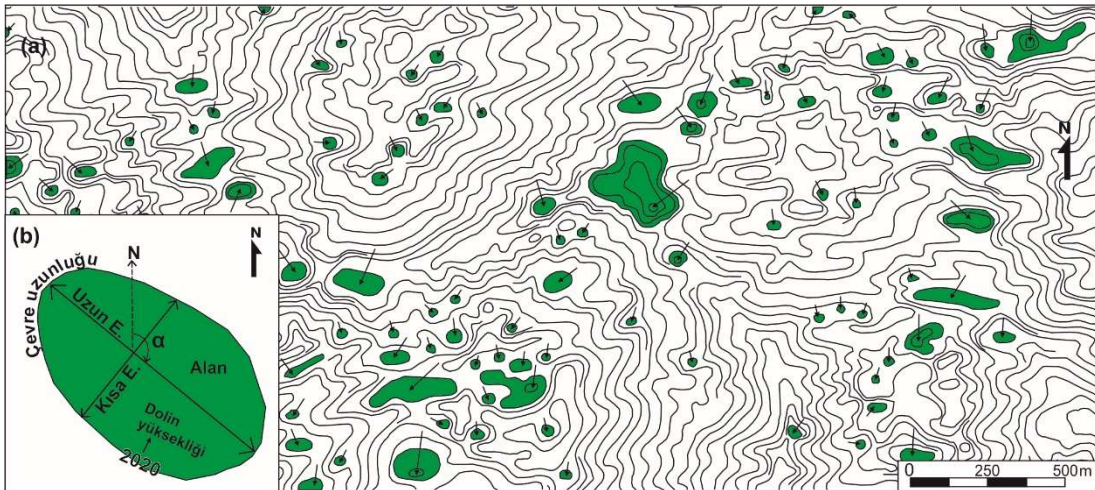
kesimdeki platolar üzerinde yüksek değerlere ulaşmaktadır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Dolinlerin morfometrik özellikleri ve dağılış özellikleri karstik alanların morfotektonik ve paleocoğrafik gelişiminin incelenmesinde yaygın olarak kullanılan parametrelerdendir. Sayıları on binleri hatta yüz binleri bulan dolinlere ait bu parametrelerin belirlenmesinde genellikle 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları kullanılmaktadır. Örneğin 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarına göre hazırlanan çalışmalarda Poyraz vd. (2021) Sivas-İmranlı arasındaki jips karstında 10.651, Öztürk vd. (2018a) Batı ve Orta Toroslar'da toplam 140.070 dolin tespit etmişler ve bunlara ait birçok morfometrik parametreyi hesaplayarak haritalamışlardır. Bu çalışmada da Doğu Toroslar'daki çözünme dolinleri 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları aracılığıyla incelenmiştir. Bu kapsamda Harita Genel Müdürlüğü'nden (HGM) temin edilen 1/25.000 ölçekli 217 adet topoğrafya haritası taranmıştır. Topoğrafya haritalarında işaretilenmiş olan

dolinlerin en üst kapalı kontur eğrisi poligon olarak sayısallaştırılmıştır (Şekil 2). Ardından her bir doline ait X ve Y merkez koordinat değerleri, yükseklik (m), çevre uzunluğu (m), alan (m²), dairesellik indisi değerleri, uzun ve kısa eksen uzunlukları (m), uzun eksenin kuzey ile yaptığı açı (°), uzun eksen/kısa eksen oranı (uzama oranı) parametrelerinden oluşan veri seti oluşturulmuştur (Şekil 2a,b). Bu parametrelere dair istatistiksel analizler yapılarak, her bir parametreye ait dağılış haritaları oluşturulmuştur.

Dolin yoğunluğunun belirlenmesinde Kernel yoğunluk tahmin yöntemi kullanılmıştır. Kernel yoğunluk tahmini yönteminde km²'deki dolinlerin sayısını belirlemek için yarıçap değeri 656 metre olarak belirlenmiştir. Hesaplanan yoğunluk değerlerinin sınıflandırılması Faivre ve Pahernik (2007) tarafından belirlenen yoğunluk sınıflandırmasına göre yapılmıştır (Tablo 1). Bu sınıflandırmada 10 dolin/ km² çok düşük, 10-40 dolin/km² düşük, 40-70 dolin/km² orta ve 70 dolin/km² yüksek yoğunluk olarak kabul edilmektedir.



Şekil 2: (a) 1/25.000 ölçekli bir topoğrafya haritasında dolinlerin görünümü (b) morfometrik parametrelerinin gösterimi (Öztürk, 2018a; Öztürk, 2018b'den düzenlenerek).

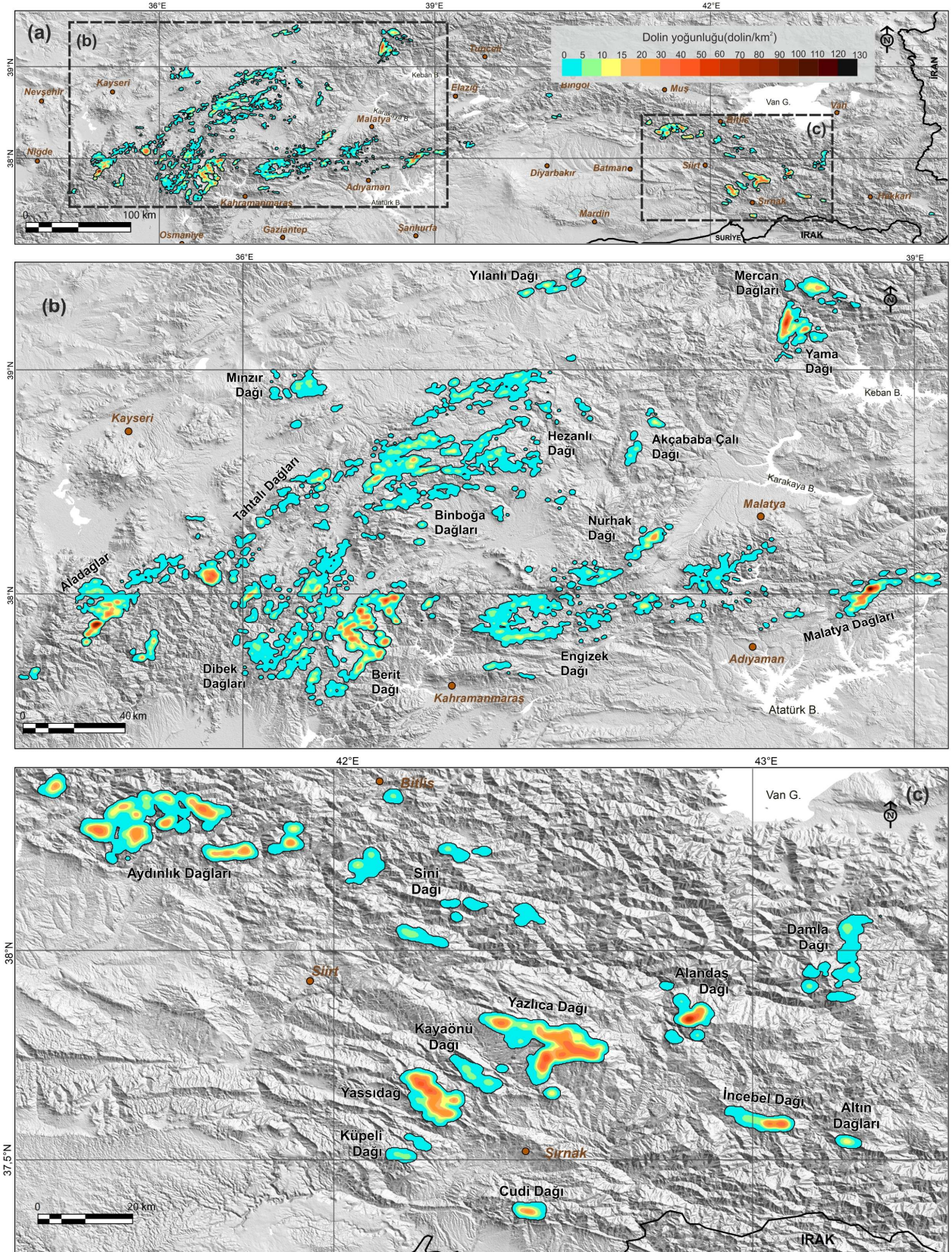
Figure 2: (a) The appearance of dolines on a 1/25.000 scale topography map (b) representation of their morphometric parameters (Öztürk, 2018a; edited from Öztürk, 2018b).

3. BULGULAR

3.1. Dolin Yoğunluğu

Haritalama çalışmaları sonucunda çalışma alanında 28 plato üzerinde toplam 36.188 dolin tespit edilmiştir. Tespit edilen dolinlerin merkez koordinat değerleri kullanılarak noktasal veriye dönüştürülmüş ve noktasal verilere göre Kernel

yoğunluk tahmini yöntemi kullanılarak dolin yoğunlukları hesaplanmıştır (Şekil 3). Ardından elde edilen yoğunluklar Faivre ve Pahernik (2007) tarafından belirlenen yoğunluk sınıflandırmasına göre değerlendirilmiştir (Tablo 1).



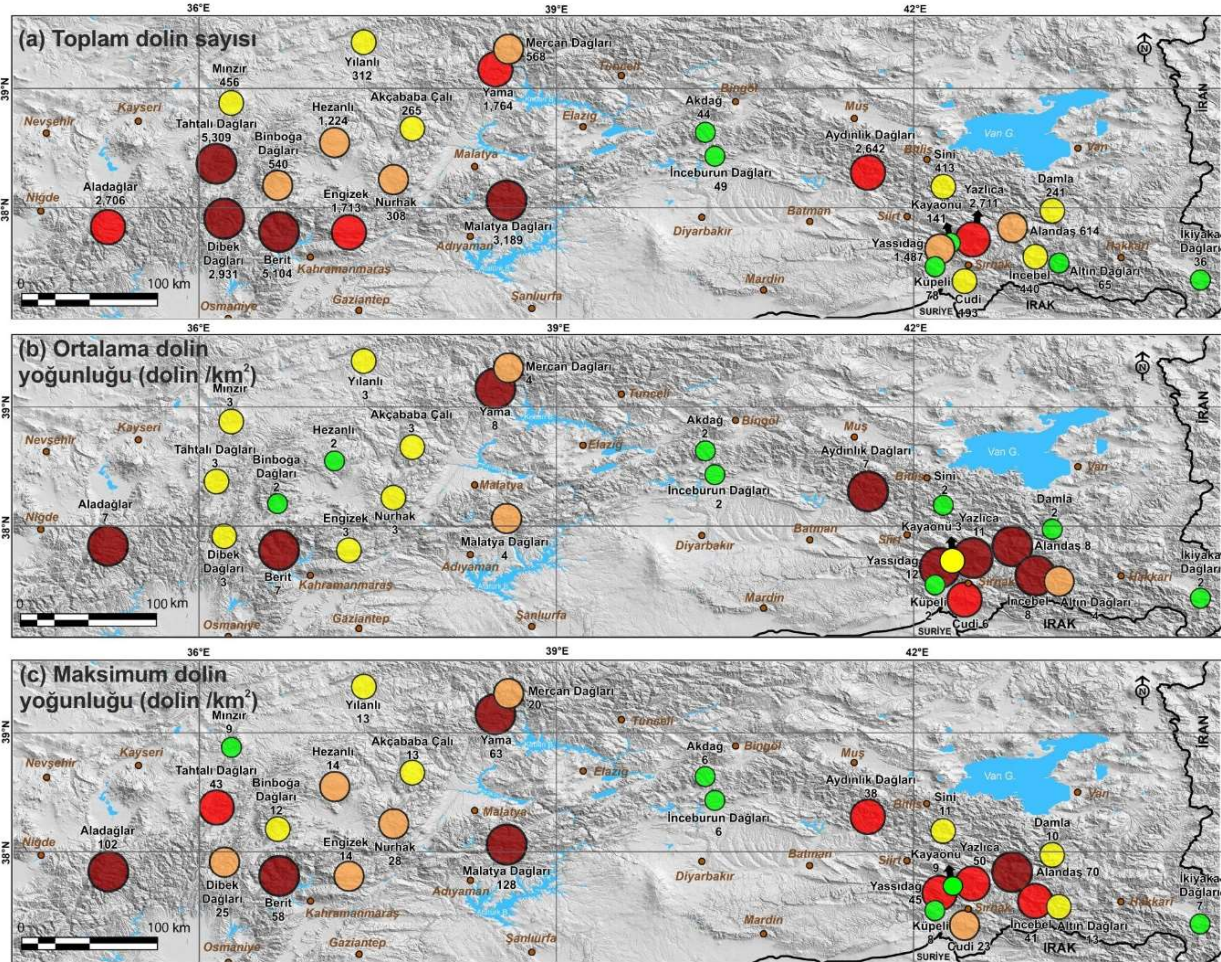
Şekil 3: Çalışma alanındaki dolin yoğunluklarının alansal dağılışı / **Figure 3:** Spatial distribution of doline densities in the study area.

Kütleler üzerindeki toplam dolin sayılarına göre dolinler özellikle batı kesimde yer alan Orta Toroslar Karst alanı (TDKo) içerisindeki kütlelerde yüksek sayılara ulaşmaktadır. Kütleler üzerindeki dolin sayıları 36 (İkiyaka

Dağları) ile 5.309 (Tahtalı Dağları) arasında değişmektedir. Orta Toros Karst alanı içerisindeki kütlelerden Tahtalı Dağları (5.309), Berit Dağı (5.104), Dibek Dağları (2.931) ve Aladağlar'da (2.706) en yüksek dolin

sayılarına ulaşılmaktadır. Kıvrım Kuşağı içerisinde en yüksek değerler Malatya Dağları üzerinde görülürken doğuya doğru gidildikçe toplam dolin sayıları azalmaktadır (Şekil 4a). Ancak ortalama dolin yoğunlukları incelendiğinde dađılıŐta önemli farklılaşmaların olduğu grlmektedir (Şekil 4b). Ortalama dolin yoğunluğu kütle üzerindeki toplam dolin sayılarının kütlenin alanına bölünmesiyle elde edilmektedir. Kıvrım Kuşağı alanındaki kütlelerde toplam dolin sayısı az olmakla birlikte kütle alanlarının kk olması ortalama dolin yoğunluğunun yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Ortalama dolin yoğunluğu sadece doğudaki Yassıdağ ve Yazlıca Dağı'nda 10 dolin/km²'nin üstüne çıkılmaktadır. Bu dağlar dışında Aladağlar, Berit, Yama, Aydınlık, Cudi,

Alandaş ve İncebel dağlarında yoğunluk değerleri 5 dolin/km²'nin üstüne çıkılmaktadır. Maksimum dolin yoğunluklarına göre en yüksek değer 128 dolin/km² ile Malatya Dağları üzerinde ulaşılır. Malatya Dağı haricinde maksimum yoğunluk sadece Aladağlar üzerinde 100 dolin/km²'nin üzerinde çıkılmaktadır. Maksimum yoğunluğun alansal dağılışı açısından araştırma alanının batısı ve doğusu arasında önemli farklılıkların olmadığı grlmektedir (Şekil 4c). Bu sonuçlar, kütle alanlarının kütle üzerindeki toplam dolin sayısı ve ortalama dolin yoğunluğu üzerinde etkili, maksimum yoğunluklar üzerinde ise önemli bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle uygun topoğrafik koşulların oluşması durumunda dolin yoğunlukları Doğu Toroslar içerisinde yüksek değerlere çıkabilmektedir.



Şekil 4: Karstik platolardaki (a) toplam dolin sayısı, (b) ortalama dolin yoğunluğu ve (c) maksimum dolin yoğunluğu. **Figure 4:** (a) Total doline number, (b) average doline density, and (c) maximum doline density in karstic plateaus.

Yoğunluk sınıflandırmasına göre kütleler büyük oranda çok dŐuk yoğunluk değerine sahiptir. Çalışma alanının %89,3' çok dŐuk dolin yoğunluğuna sahiptir. Hatta bazı kütlelerde bu oran %100'e çıkılmaktadır. Tüm alanın %10,2'si

dŐuk, %0,5'i orta ve %0,1'i yüksek yoğunluk değerlerine sahiptir. Yüksek yoğunluk sadece Malatya Dağları ve Aladağlar üzerinde görülürken, orta yoğunluk değerlerine 9 kütle üzerinde ulaşılmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1: Doğu Toroslar'daki dolin yoğunluklarının karstik platolar üzerinde kapladığı alanlar (%).**Table 1:** Areas covered by doline densities on karst plateaus in the Eastern Taurus Mountains (%).

Yoğunluk sınıflandırması	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek
km ² 'deki dolin sayısı	0-10	10-40	40-70	70->
Malatya D.	92,1	6,8	0,7	0,4
Aladağlar	80,9	16,7	1,3	1,1
Alandaş D.	78,2	17,3	4,5	0
Yama D.	78,6	18,3	3,2	0
Berit D.	75,2	24,0	0,9	0
Yazlıca D.	59,1	40,2	0,7	0
Yassıdağ	53,9	44,6	1,5	0
İncebel D.	77,1	22,8	0,1	0
Tahtalı D.	94,8	5,1	0,1	0
Aydınlık D.	75,6	24,4	0	0
Dibek D.	97,0	3,0	0	0
Nurhak D.	95,0	5,0	0	0
Cudi D.	74,1	25,9	0	0
Mercan D.	87,2	12,8	0	0
Akçababa Çalı D.	97,7	2,3	0	0
Binboğa D.	99,6	0,4	0	0
Altın D.	90,1	9,9	0	0
Yılanlı D.	97,0	3,0	0	0
Hezanlı D.	99,3	0,7	0	0
Engizek D.	98,8	1,2	0	0
Sini D.	99,9	0,1	0	0
Akdağ	100	0	0	0
İnceburun D.	100	0	0	0
Kayaönü D.	100	0	0	0
Küpelı D.	100	0	0	0
Damla D.	100	0	0	0
İkiyaka D.	100	0	0	0
Mınzır D.	100	0	0	0
Ortalama	89,3	10,2	0,5	0,1

Batı ve Orta Toroslar'da ise tüm alanın %66'sı çok düşük, %29,9'ü düşük, %3,4'ü orta ve %0,7'si yüksek yoğunluk değerlerine sahiptir (Öztürk vd., 2018a). Batı ve Orta Toroslar'da daha yüksek yoğunluk değerlerine ulaşılmasının en önemli nedeni bu alandaki kalın karbonat istiflerinden oluşan platoların geniş alan kaplamasıdır. Doğu Toroslar'ın akarsularca derince yarılması ve sürekli yükselimi karstlaşmayı canlı tutan önemli bir faktör olmasına karşın karstik alanların dar ve parçalı oluşu, karbonatlı kayaçların çözünmeye uygun

olmayan kayalarla olan stratigrafik konumu karstik gelişimi çoğu yerde kesintiye uğratmıştır (Nazik ve Tuncer, 2010).

3.2. Yükselti Basamaklarına Göre Dağılış

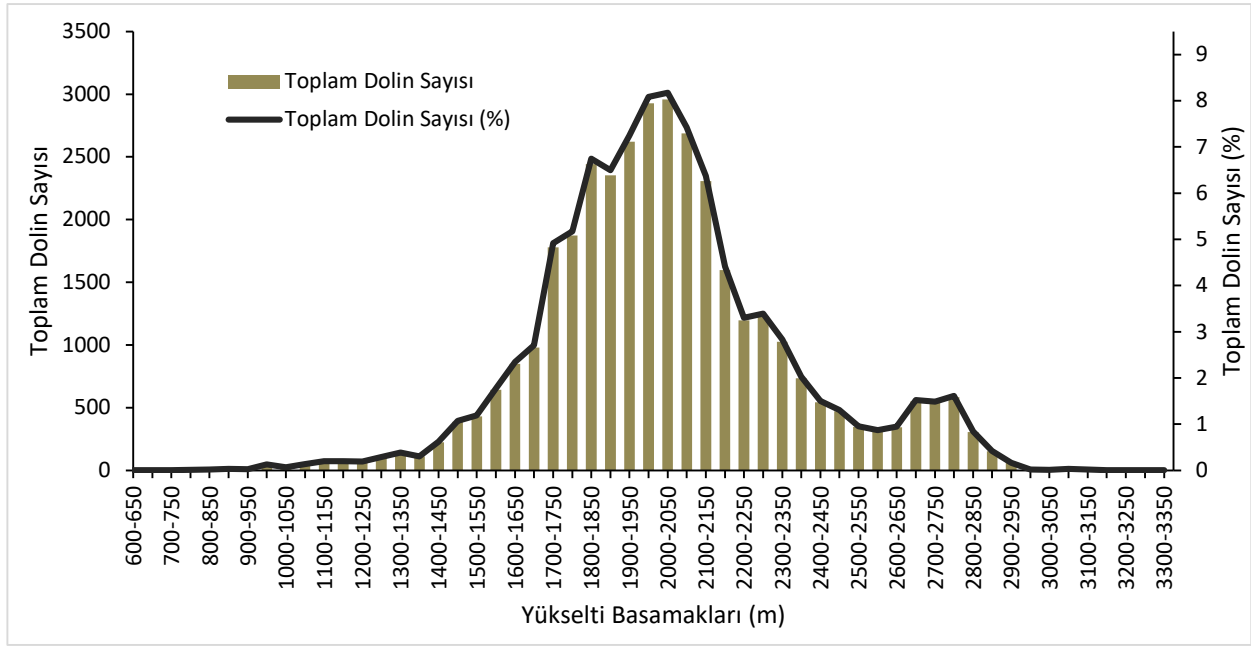
Orta enlemlerdeki yüksek karstik platolar üzerinde yoğun bir şekilde bulunan çözünme dolinlerinin dağılışı üzerinde, yükselti değerinin artmasına bağlı olarak iklim koşullarında meydana gelen değişmeler (sıcaklık değerlerindeki düşüş ve yağış değerlerindeki artış) önemli oranda etkilidir (Öztürk, 2018a). Elde edilen verilere göre Doğu Toroslar'da dolinler 640 metre ile 3.335 metre arasında 2.695 metrelik bir yükselti mesafesi içerisinde dağılış göstermektedir (Şekil 5). Ortalama yükseklikleri 2.020 metre olan dolinlerin %50'si 1.800-2.150 metreleri arasında, %90'nı 1.550-2.700 metreleri arasında yer almaktadır. Yoğunluğun en fazla olduğu yükselti basamağı ise dolinlerin %16,3'nün yer aldığı 1.950-2.050 metreleridir.

Orta Toroslar'daki karstik platolar üzerinde bulunan dolinlerin ortalama yüksekliği 1.842 metre olup, dolinlerin %50'si 1.680-2.050 metreleri arasında, %90'ı 1.300-2.270 metreleri arasındaki yükselti aralığında dağılım göstermektedir. Yoğunluğun en fazla olduğu yükselti basamağı ise dolinlerin %8,2'sinin yer aldığı 1.850-1.900 metreleri arasındır (Öztürk vd., 2018a). Bu değerler açısından Doğu Toroslar ile Orta Toroslardaki yükselti basamaklarının birbirine çok yakın olduğu ve yaygın olarak dolin yoğunluğunun 1.300-1.500 metreleri arasında artmaya başlayarak 1.800-2.000 metreler arasında maksimum yoğunluğa ulaştığı tespit edilmiştir. Her iki alanda da genel olarak 2.000 metrenin üstünde dolin yoğunluğunun azalmaya başlamasının en önemli nedeni, kütleler içerisinde 2.000 metreden yüksek alanların oranının azalmasıdır.

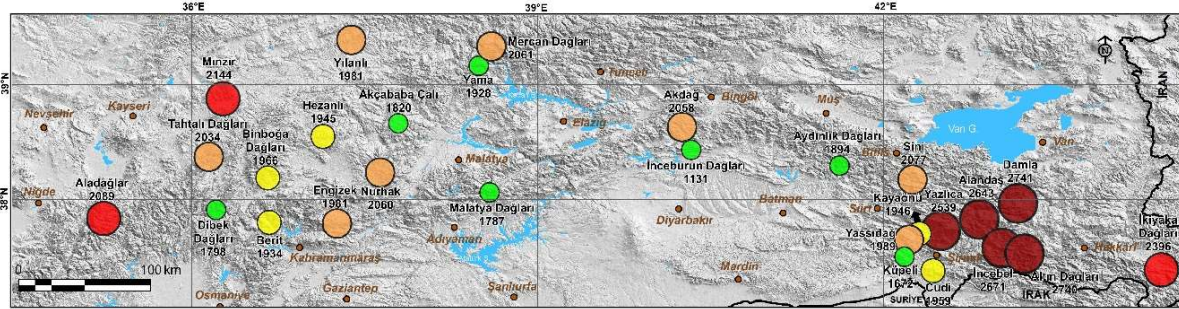
Dolinlerin ortalama yükseklik değerlerinin alansal dağılışına göre, dolinlerin ortalama yükseltisi 1.131 m (İnceburun Dağları) ile 2.741 m (Damla D.) arasında değişiklik göstermektedir. Ortalama dolin yükseklikleri genel olarak çalışma sahasının doğu kesiminde bulunan ve Kıvrım Kuşağı Karst alanı (DAKk) içerisindeki karstik platolar üzerinde en yüksek değerlerde görülmektedir. Bu kütleler içerisinde Yazlıca, Alandaş, Damla, İncebel ve Altın Dağları üzerinde ortalama dolin yüksekliği 2.500

metrenin üzerine çıkmaktadır. Ancak DAKK'den Güneydoğu Anadolu Karst Bölgesi'ne doğru

geçildikçe ortalama dolin yükseklikleri aniden düşmektedir (Şekil 6).



Şekil 5: Doğu Toroslar'daki dolin sayısının yükselti aralıklarına göre frekansları / **Figure 5:** Frequency of dolines in the Eastern Taurus Mountains according to the altitude ranges.



Şekil 6: Doğu Toroslar'daki ortalama dolin yükseltisinin dağılışı / **Figure 6:** Distribution of the average doline elevation in the Eastern Taurus Mountains.

3.3. Alan, Dairesellik, Uzunluk ve Uzama Oranı Değerleri

Çözünme dolinlerin alanları birkaç km²'ye kadar ulaşabilmekte birlikte genel olarak birkaç bin m²'den daha küçük alanlara sahiptirler. Dolinlere ait en üst kapalı kontur eğrisinin sayısallaştırılmasıyla her bir doline ait alan (m²), dairesellik indisi, uzun eksen (m) ve uzama oranı değeri hesaplanmıştır. Bu değerler dolinlerin geometrik şekilleri hakkında bilgi veren indislerdir (Goudie, 2003).

Doğu Toroslar'daki dolinlerin alan değerleri 16 m² ile 416.412 m² (0,41 km²) arasında değişmektedir. Tüm dolinlerin ortalama alanı 3.287 m²'dir ve sahadaki tüm dolinlerin % 89'u 5.000 m²'den düşük alan değerlerine sahiptir (Şekil 7a). Ortalama alan değerlerine göre en büyük dolinler DAKK'nin doğu kesiminde yer

alan Damla Dağı ve orta kesimde yer alan İnceburun Dağları üzerindedir. Bu dağlar üzerinde ortalama alan 8.000 m²'nin üstüne çıkmaktadır. Damla Dağı üzerinde ortalama alan değeri maksimuma ulaşmakla birlikte çevresindeki dağlık alanlarda ortalama alan oldukça küçüktür. TDKo içerisinde orta büyüklükteki dolinler yaygın bir dağılışı göstermektedir (Şekil 8a).

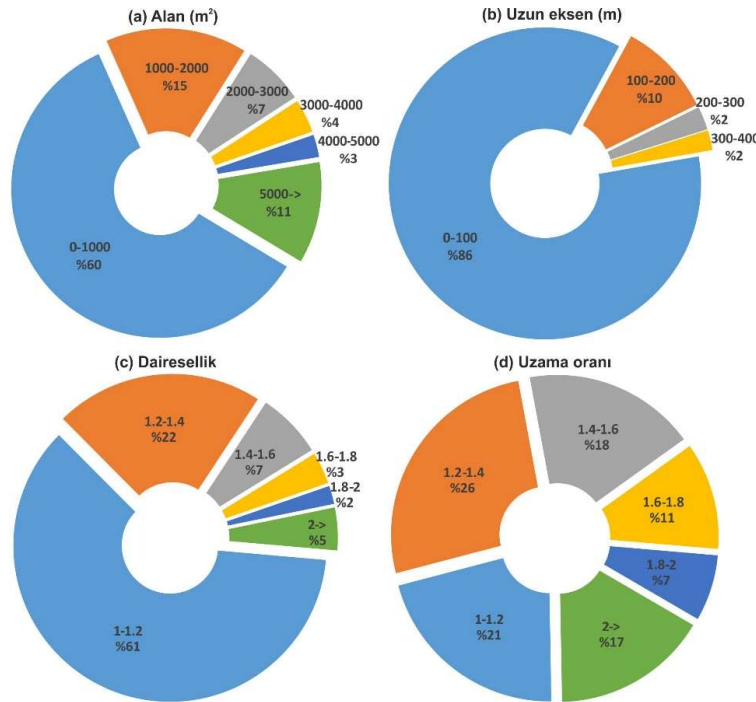
Dolin uzun eksenini, doline ait poligon içerisinde birbirine en uzak iki nokta arasındaki mesafe olarak tanımlanır. Çalışma alanındaki dolinlerin ortalama uzun eksenini 62,8 metredir ve %95,5'i 200 metreden daha küçük uzunluk değerlerine sahiptir (Şekil 7b). Dolinler nadiren 1 km'nin üstünde uzunluk değerlerine sahip olurlar ve çalışma alanındaki dolinlerin sadece %0,05'i 1 km'nin üstünde uzunluk değerine sahiptir. Alan ve uzunluk arasında pozitif bir korelasyon

bulunduğu için çalışma alanındaki dolinlerin uzun eksenlerin dağılışı ile dolin alanlarının dağılışı birbirlerine paralellik göstermektedir ($r: 0.94$, Tablo 2). Bu nedenle ortalama alanın en yüksek değerlere ulaştığı Damla Dağı ve İnceburun Dağları ortalama dolin uzunlukların en fazla olduğu dağlık alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır (şekil 8b).

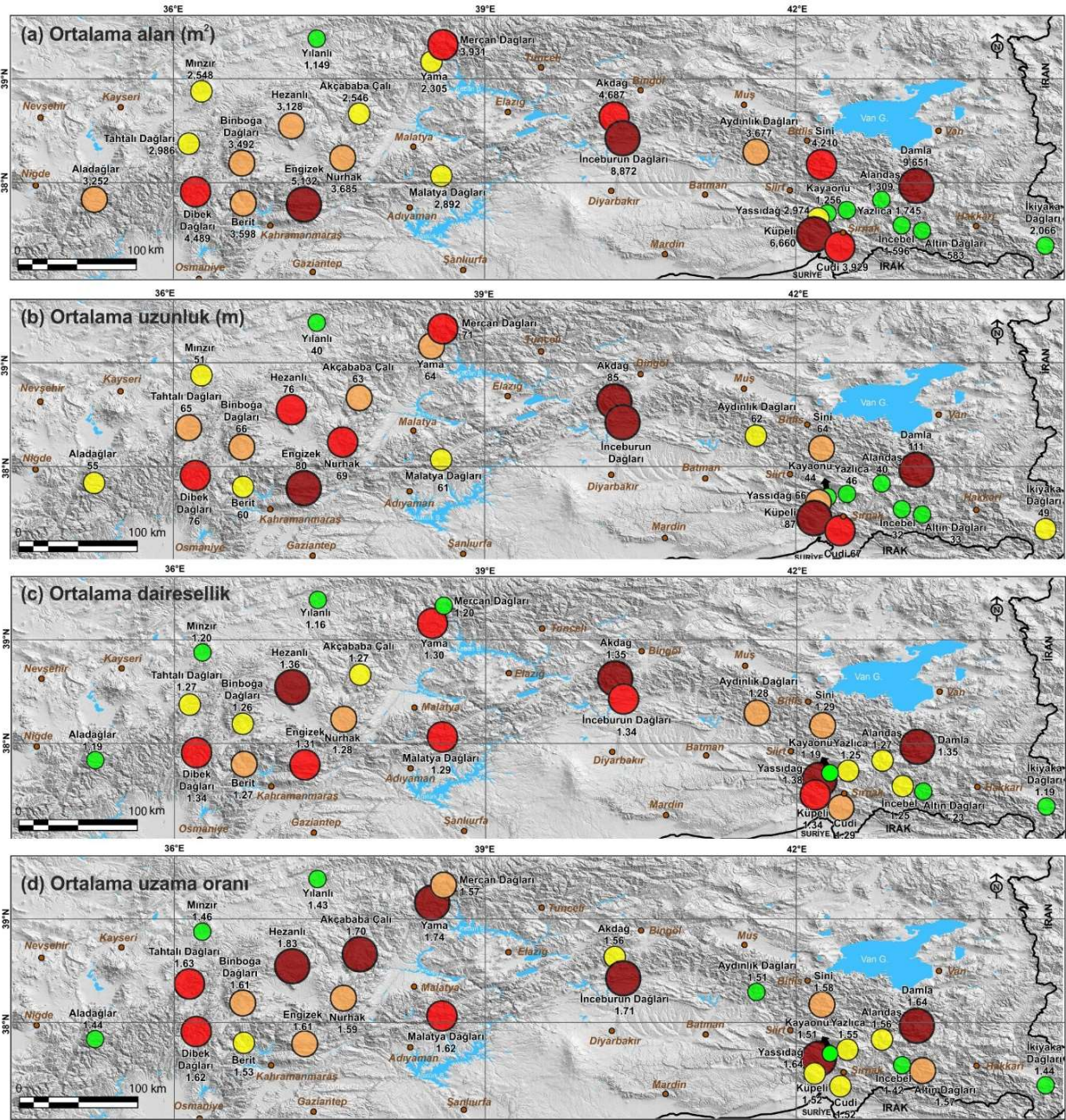
Dolinlerin alan ve evre uzunluklarına göre hesaplanan dairesellik indisi ile uzun eksenin kısa eksene bölünmesiyle elde edilen uzama oranı değerleri dolinlerin ve farklı jeomorfolojik yer Şekilleri biçimlerinin yorumlanmasında kullanılan bir indistir (ztrk, 2018b). Bu nedenle her iki yöntem planimetrik Şekil (planimetric shape) olarak da isimlendirilir (Denizman, 2003). Her iki Şekilde de değerin 1 olması dolinlerin dairesel formda olduklarını 1'den uzaklaşması ise dolinlerin dairesel formlarını kaybettiklerini göstermektedir. Dairesellik indisinde değerin artması, yani dolinin alan değerinde önemli bir artış olmazken evre uzunluğunun artması dolinlerin karmaşık Şekillere sahip olduğunu gösterir. Bu açıdan dairesellik indisi hem Şekillerin sınıflandırılmasında hem de göreceli olarak tarihlendirilmesinde kullanılmaktadır (Aguilar

vd., 2016). Orta Toroslarda ise dairesellik indisi dolinler üzerindeki paleovadi sistemlerinin etkisinin ortaya çıkarılmasında kullanılmıştır (şener ve ztrk, 2019). Orta Toroslardaki çalışmalara göre paleovadi ilerinde dolinlerin dairesellik indisleri plato dolinlerine göre daha yüksek çıkmakta, paleovadilerin Strahler dizin numarası arttığı dolinler daha karmaşık Şekiller almakta ve dairesellik indisi değerleri maksimuma çıkmaktadır (ztrk, 2020). Bu indisler Toros polyelerinin yorumlanmasında da kullanılmıştır ve yapısal unsurların etkinliğinin artmasına paralel olarak uzama oranı değerinin arttığı, paleodrenaj koşullarının etkinliğinin artmasına bağlı olarak polyelerin dairesellik indisi değerlerinin arttığı tespit edilmiştir (şimşek vd., 2021).

Çalışma alanındaki dolinlerin ortalama dairesellik indisi değer 1,29, ortalama uzama oranı değer 1,58'dir. Dairesellik indisi ile uzama oranı değerleri arasında alan ve uzun eksen değerlerinde olduğu gibi pozitif bir korelasyon bulunmaktadır ($r: 0.68$, Tablo 2). Bu korelasyondan dolayı her iki parametrenin alansal dağılışları birbirlerine paralellik göstermektedir (şekil 8c, d).



şekil 7: Alandaki tüm dolinlere ait (a) alan, (b) uzun eksen, (c) dairesellik ve (d) uzama oranı değerlerinin yüzdeleri.
Figure 7: Percentages of (a) area, (b) long axis, (c) circularity and (d) elongation ratio values for all dolines in the area.



Şekil 8: Karstik platolardaki dolinlere ait (a) alan, (b) uzun eksen, (c) dairesellik ve (d) uzama oranı değerlerinin alansal dağılışı / **Figure 8:** Spatial distribution of (a) area, (b) long axis, (c) circularity and (d) elongation ratio values of dolines in karstic plateaus.

Orta Toroslarda olduğu gibi, her iki parametre değerlerine göre çalışma alanındaki dolinler dairesel formlarını büyük oranda kaybetmiş daha çok eliptik özellik göstermektedir. Toros Dağları gibi tektonizmanın oldukça etkili olduğu dağlık alanlarda dolinlerin büyük bir kısmının yarı eliptik, eliptik ve uzamış karakterde olmasında sahada etkili olan fay ve çatlak sistemlerinin, yüksek dairesellik indisine sahip olmalarında paleodrenaj koşullarının önemli bir etkisi vardır (Öztürk vd., 2015). Çalışma alanı içerisindeki dolinlerde dairesellik indisine göre uzama oranı daha yüksek olan dolinler yüksek bir yüzdeye sahiptir (Şekil 7c,d).

Başka bir ifade ile dolinlerin %82,8'inde dairesellik indisi 1,4'ün altındadır (Şekil 7c). Yani dolinlerin büyük bölümü karmaşık şekillere sahip değildir. Ancak uzama oranı değerlerinde dolinlerin %47'si 1,4'ün altında değerlere sahiptir (Şekil 7d). Bu değerlere göre dolinlerde uzama oranı değerleri daha yüksek olduğu, dolinlerin karmaşık şekillerden ziyade daha eliptik bir formda olduğunu ve dolinlerin şekillenmesinde tektonizmanın daha baskın olduğunu göstermektedir.

3.4. Korelasyon Matrisi

Oldukça geniş bir alan kaplayan çalışma alanındaki dolin parametrelerinin alansal dağılış özellikleri arasındaki ilişkiyi açıklayabilmek için bir korelasyon matrisi hesaplanmıştır (Tablo 2). Korelasyon değerlerine göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Karstik platonun toplam alanı arttıkça plato üzerindeki toplam dolin sayısı artmakta ve iki değer arasında kuvvetli bir pozitif korelasyon bulunmaktadır (r: 0,85). Ktle üzerindeki toplam dolin sayısının artışı maksimum yoğunluğun artışını sağlamakta ve iki değer arasında orta seviyede pozitif bir korelasyon bulunmaktadır (r: 0,60). Korelasyon

matrisindeki en yüksek korelasyon dolin alanı ile dolin uzunluğu arasında bulunmaktadır (r: 0,94). Dolin alanı ile dairesellik arasında ise orta seviye bir korelasyon bulunmaktadır (r: 0,60). Dolin alanı ile bu iki değer arasındaki korelasyonlar, dolin alanı arttıkça dolinlerde uzun eksen değerinin daha fazla arttığını göstermektedir. Bu pozitif korelasyonların yanı sıra bazı parametreler arasında orta derecede negatif korelasyonlar görölmektedir. Örneğin bir platodaki ortalama dolin yoğunluğu ya da dolinlerin ortalama yükseklikleri arttıkça dolinlerin ortalama uzunlukları azalmaktadır (r: -0,41, -0,48). Ya da platodaki ortalama dolin yoğunluğu arttıkça dolinlerin ortalama alanları küçölmektedir (r: -0,38).

Tablo 2: Platoların dolin istatistikleri¹ arasındaki korelasyonlar / **Table 2:** Correlations between doline statistics¹ of plateaus.

	TA	TDS	ODY	MDY	DOY	DOA	DOU	DOD
TDS	0,85							
ODY	-0,07	0,33						
MDY	0,34	0,60	0,55					
DOY	-0,20	-0,13	0,28	0,05				
DOA	0,01	-0,10	-0,38	-0,27	-0,36			
DOU	0,10	-0,06	-0,41	-0,28	-0,48	0,94		
DOD	0,16	0,06	-0,01	-0,08	-0,29	0,60	0,71	
DOUz	0,26	0,09	-0,15	-0,05	-0,34	0,32	0,54	0,68

¹**TA:** Platoların toplam alanı, **TDS:** Platolardaki toplam dolin sayısı, **ODY:** Ortalama dolin yoğunluğu, **MDY:** Maksimum dolin yoğunluğu, **DOY:** Dolinlerin ortalama yüksekliği, **DOA:** Dolinlerin ortalama alanı, **DOU:** Dolinlerin ortalama uzunluğu, **DOD:** Dolinlerin ortalama daireselliği, **DOUz:** Dolinlerin ortalama uzama oranı.

¹**TA:** Total area of plateaus, **TDS:** Total number of dolines on plateaus, **ODY:** Average doline density, **MDY:** Maximum doline density, **DOY:** Average height of dolines, **DOA:** Average area of dolines, **DOU:** Average length of dolines, **DOD:** Average circularity of dolines, **DOUz:** Average elongation rate of dolines.

3.5. Dolin Yönelimleri

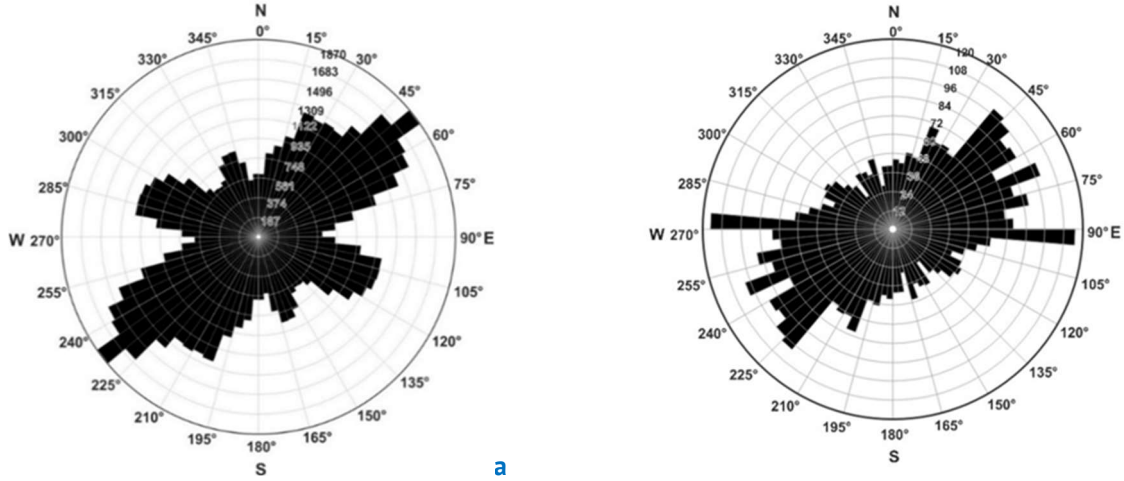
Dolin yönelimleri sahada etkili olan fay, kıvrım ve çatlak sistemlerine dair bilgi vermektedir (Nazik, 1986; Öztürk vd., 2017, 2018a; Tuncer, 2018; Aydın ve Tuncer, 2021). Bu yüzden dolinlerin yönelim özelliklerinin belirlenmesi sahadaki tektonizma hakkında önemli bilgiler sağlamakta ve alanın morfotektonik gelişimi hakkında önemli ipuçları elde edilmektedir (Faire ve Reiffsteck, 1999; Öztürk, 2020).

Doğu Toroslar, Geç Miyosen'den beri Anadolu Levhası ile çarpışan Arap Levhası'nın kuzey kenarına karşılık gelir (Okay, 2008). Geç Miyosen dönemi Doğu Toroslar için tektonizmanın en etkili olduğu dönem olup

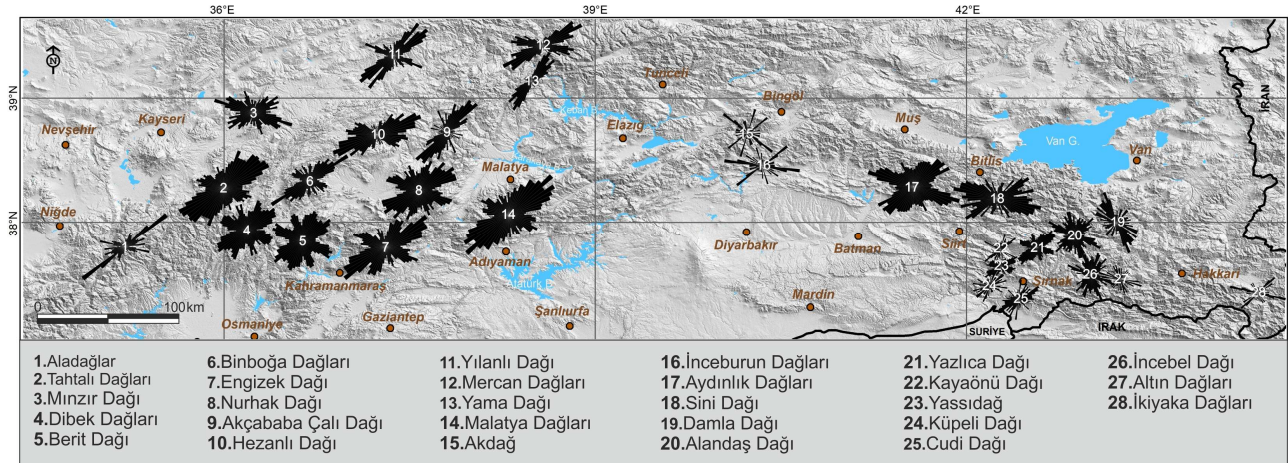
özellikle bindirme fayları gibi tektonik yapı eksenlerinin büyük bölümü bu dönemde karakter kazanmıştır (şaroğlu, 1985; Perinçek, 1990). İç bükey kıvrımlı bir yay çizen dağ silsilesi üzerinde gelişen dolin yönelimleri için tüm dolinlere ait uzun eksenlerin kuzey ile yapmış oldukları açılar hesaplanmıştır. Ardından alandaki tektonik yapılar ile karşılaştırmak için alana ait 1/500.000 ölçekli jeoloji haritalarından elde edilen fayların yönelimleri ile karşılaştırılmıştır (şenel, 2002a, 2002b, 2002c, 2002d). Belirlenen yönelim Doğu Toroslar'daki dolinlerin KD-GB doğrultusunda egemen bir şekilde uzanım gösterdiği sonucunu vermiştir. Aynı zamanda sahada KKB-DGD ve KKB-GGD doğrultularında da ikincil uzanımlar bulunmaktadır (şekil 9). Sahada egemen

yönelimin KD-GB olmasında sahanın batı kesimindeki KD-GB egemen yönelimli dolin sayısının diğer alanlara göre yüksek olması etkili olmuştur (şekil 10). Dolin yönelimleriyle fay sistemleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla sahada kuzey, batı ve doğu olmak üzere üç bölge belirlenmiştir. Bu bölgelerden

kuzey kesim Doğu Anadolu Fayı (DAF), batı kesim DAF ve Güneydoğu Anadolu Bindirmesi, doğu kesim ise Güneydoğu Anadolu Bindirmesi etkisinde şekillenmiş olup bu kesimlerde yer alan fay yönelimleri genel anlamda dolin uzanımlarına paralellik göstermektedir.



şekil 9: Doğu Toroslar'daki (a) tüm dolinlerin, (b) tüm fayların yönelimleri / **Figure 9:** The orientations of (a) all dolines, (b) all faults in the Eastern Taurus.



şekil 10: Karstik platolardaki dolinlerin yönelimleri / **Figure 10:** Long axis orientations of dolines on karst plateaus.

4. SONUÇ

Türkiye'nin güney kesimi boyunca kesintisiz bir kuşak boyunca uzanan Toros Dağları'nın yüzeyi sayıları yüz binleri bulan çözünme dolinleri ile kaplıdır. Daha önceki çalışmalarda özellikle Orta Toroslar'daki dolinler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ancak bugüne kadar Doğu Toroslar'daki dolin alanları, dolin sayıları, yoğunlukları ve morfometrik özellikleri hakkında bilgi veren çalışmalar bulunmamaktaydı. Bu çalışmada Doğu Toroslardaki tüm dolin alanları ve bu alanlardaki dolinlerin genel özellikleri

açıklanmıştır. Çalışmada toplam 8.554 km²'lik alan kaplayan 28 karstik plato üzerinde toplam 36.188 doline ait morfometrik özellikler incelenmiştir. Maksimum dolin yoğunluğu 128 dolin/km²'ye kadar çıkmakla birlikte sahada yüksek dolin yoğunluğuna sahip alanlar (> 50 dolin/km²) oldukça az yer kaplamaktadır (%0,2). Dolinlerin ortalama uzama oranı değeri yarı eliptik özellik göstermekte olup, alanda tektonizmanın dolin yönelimi üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar ağıısından bu çalışma hem Doğu

Toros Dağlarındaki dolin karstının anlaşılması hem de önceki çalışmalar ile birlikte tüm Toros sistemi içerisindeki dolinlerin dağılışının anlaşılması açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Ancak dolin gelişimi, dağılımı, yoğunluğu, yönelimi ve morfometrik özellikleri üzerinde antikalinal ve senkalinal yapıları, fay ve çatlak sistemlerinin yoğunluğu ve yönelimleri, paleodrenaj koşulları, günümüz drenaj yoğunlukları ve eğim koşulları gibi birçok faktör etkilidir. Bu açıdan çalışmada incelenen platoların her birinin ayrıntılı olarak incelenmesi, her kütlenin litolojik ve yapısal koşullarının dolin morfometrileri üzerindeki etkilerinin araştırılması ve bu veriler ışığında karstik alanların morfotektonik gelişimlerinin ortaya konulması gereklidir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma ‘Doğu Toroslardaki Poligonal Karst Alanlarının Morfometrik Özelliklerinin İncelenmesi’ adlı yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

KAYNAKÇA

Aguilar, Y., Bautista, F., Mendoza, M. E., Frausto, O., ve Ihl, T. (2016). Density of karst depressions in Yucatán state, Mexico. *Journal of Cave and Karst Studies*, 78(2), 51-60. doi: 10.4311/2015ES0124

Aydın, S., ve Tuncer, K. (2021). Bozdağ’da (Denizli) dolinlerin morfometrik özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 33-48. <https://doi.org/10.17211/tcd.1013232>

Denizman, C. (2003). Morphometric and spatial distribution parameters of karstic depressions, Lower Suwannee River Basin, Florida. *Journal of Cave and Karst Studies*, 65 (1), 29-35.

Doğan, U. (2004). Dolin sınıflamasında yeni yaklaşımlar. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24 (1), 249-269.

Doğan, U., Koçyiğit, A., ve Yeşilyurt, S. (2019). The relationship between Kestel Polje system and the Antalya tufa plateau: Their morphotectonic evolution in Isparta Angle, Antalya-Turkey. *Geomorphology*, 334, 112-125.

Erinç, S. (2001). *Jeomorfoloji II* (3. Baskı), Der Yayınevi. Yayın No: 294, İstanbul.

Faivre, S. ve Pahernik, M. (2007). Structural influences on the spatial distribution of dolines, Island of Brač, Croatia. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 51 (4), 487- 503. doi: 10.1127/0372-8854/2007/0051-0487

Faivre, S. ve Reiffsteck, P. (1999). Spatial distribution of dolines as an indicator of recent deformations on the Velebit mountain range, Croatia. *Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement*, 5 (2), 129-142.

Fick, S. E. ve Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37 (12), 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>

Ford, D.C. ve Williams, P. (2007). *Karst Hydrology and Geomorphology*, John Wiley & Sons Ltd, London.

Goudie, A. (2003). *Geomorphological Techniques* (2. Baskı). Routledge.

Ketin, İ. (1966). Anadolu’nun tektonik birlikleri. *MTA Dergisi*. 66, 20-34.

Nazik, L. (1986). Beyşehir Gölü yakın güneyi karst jeomorfolojisi ve karstik parametrelerin incelenmesi. *Jeomorfoloji Dergisi* 14: 65-77.

Nazik, L. ve Tuncer, K. (2010). Türkiye Karst Morfolojisinin Bölgesel Özellikleri, *Türk Speleoloji Dergisi*, Karst ve Mağara Araştırmaları, 1: 7-19.

Nazik, L. ve Bayarı, S. (2018). Mağara zengini ülke: Türkiye. *Mavi Gezegen*, (24), 7- 19.

Nazik, L. ve Poyraz, M. (2017). Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları karst kuşağı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (68), 43-56. <https://doi.org/10.17211/tcd.300414>

Okay, A. (2008). *Geology of Turkey: A synopsis*. *Anschnitt* 21:19-42.

Özgül, N. (1976). Toroslar’ın bazı temel jeoloji özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19, 65-78.

Özgül, N. 1984. Stratigraphy and tectonic evolution of the central Taurides. In Tekeli, O., Göncüoğlu, M. C., (Ed.), *Geology of the Taurus Belt*, (77-90), MTA.

Öztürk, M. Z., Şimşek, M. ve Utlu, M. (2015). Tahtalı Dağları (Orta Toroslar) karst platosu üzerinde dolin ve uvala gelişiminin CBS tabanlı analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (65), 59-68. <https://doi.org/10.17211/tcd.22648>

Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Utlu, M. ve Şener, M. F. (2017). Karstic depressions on Bolkar Mountain plateau, Central Taurus (Turkey): distribution characteristics and tectonic effect on orientation. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 26, 302-313. doi: 10.3906/yer-1702-3

Öztürk, M. Z. (2018a). Orta Toroslar’da Dolinlerin Dağılışı ve Morfometrik Özellikleri. (1. Baskı). Kriter Yayınevi. İstanbul

- Öztürk, M.Z. (2018b). Karstik kapalı depresyonların (dolinlerin) morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, 36, 1-13. doi: 10.26650/JGEOG371149
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Şener, M. F. ve Utlu, M. (2018a). GIS based analysis of doline density on Taurus Mountains, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 77 (14), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7717-7>
- Öztürk, M. Z. (2020). Fluvio-karstic evolution of the Taşeli Plateau (Central Taurus, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29 (5), 733-746. doi: 10.3906/yer-1908-1
- Perinçek, D. (1990). Hakkâri ili ve dolayının stratigrafisi, Güneydoğu Anadolu, Türkiye. *TPJD Bülteni* 2/1, 21-68.
- Poyraz, M., Öztürk, M. Z. ve Soykan, A. (2021). Sivas jips karstında dolin yoğunluğunun CBS tabanlı analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (6), 67-80. doi: 10.46453/jader.863090
- Şaroğlu, F. (1985). Doğu Anadolu'nun Neotektonik Dönemde Jeolojik ve Yapısal Evrimi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi).
- Şenel, M. (2002a). 1/500000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Adana paftası. MTA, Ankara.
- Şenel, M. (2002b). 1/500000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Hatay paftası. MTA, Ankara.
- Şenel, M. (2002c). 1/500000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Diyarbakır paftası. MTA, Ankara.
- Şenel, M. (2002d). 1/500000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Cizre paftası. MTA, Ankara.
- Şener, M. F. ve Öztürk, M. Z. (2019) Relict drainage effects on distribution and morphometry of karst depressions: A case study from Central Taurus (Turkey). *Journal of Cave and Karst Studies*, 81 (1), 33-43. doi: 10.4311/2018ES0111
- Şimşek, M., Utlu, M., Poyraz, M. & Öztürk, M.Z. (2019a). Geyik Dağı Kütlesinin Yüzey Karstı Jeomorfolojisi ve Kütle Üzerindeki Karst-Buzul Jeomorfolojisi İlişkisi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 28 (2), 97-110. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ece/issue/50833/594465>
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z. ve Turoğlu, H. (2019b). Geyik Dağı üzerindeki dolin ve uvalaların morfotektonik önemi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (72), 13-20. doi: 10.17211/tcd.501724
- Şimşek, M., Doğan, U. ve Öztürk, M. Z. (2020). Polyelerin sınıflandırılması ve Toroslardan örnekler. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (5), 1-14. doi: 10.46453/jader.733500
- Şimşek, M., Öztürk, M.Z., Doğan, U. ve Utlu, M. (2021). Toros polyelerinin morfometrik özellikleri. *Coğrafya Dergisi*, 42, 101-119. doi: 10.26650/JGEOG2020-834461
- Tuncer, K. (2018). Sakarya Nehri-Göynük Çayı-Çatak Çayı Arasındaki Sahanın Karst Jeomorfolojisi. (1. Baskı). Kriter Yayınevi. İstanbul.
- Tuncer, K. (2021). Tektonik olarak karmaşık bir bölgede yer alan Barz Polyesi (Tavas, Denizli): Oluşumu, gelişimi ve jeomorfolojik özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (77), 99-118. <https://doi.org/10.17211/tcd.910578>
- Waltham, T. (2002). Gypsum karst near Sivas, Turkey. *Cave and Karst Science*, 29 (1), 39-44.

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

JEOMORFOLOJİK AÇIDAN AKARSU KIYILARI VE KIYI KANUNU River Banks and Coastal Law in The Geomorphological Perspective

Hüseyin TUROĞLU

İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul
turogluh@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-0173-6995>

Makale Tarihi

Geliş 20 Kasım 2022

Kabul 8 Aralık 2022

Article History

Received 20 November 2022

Accepted 8 December 2022

Anahtar Kelimeler

Akarsu kıyıları, Akarsu Kıyı Kenar Çizgisi, Akarsu Kıyı Çizgisi, Kıyı Kanunu

Keywords

River banks, River bank lines, River shorelines, Coastal Law

Atıf Bilgisi / Citation Info

Turoğlu, H. (2023). Jeomorfolojik Açıdan Akarsu Kıyıları ve Kıyı Kanunu / River Banks and Coastal Law in The Geomorphological Perspective, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches 2023 (10): 34-48

doi: 10.46453/jader.1207711

ÖZET

Akarsu kıyıları; akarsu doğal aktif yatağı içinde kalan, akarsuyun hareketli su kütesinin morfolodinamik süreçleri ile etkilediği, şekillendirdiği, zaman zaman değişmek suretiyle bir kısmı su altında, bir kısmı su dışında kalan, taşkın durumları dışındaki sınırları ile tanımlanan, aktif yerşeklidir. Akarsu kıyıları; güncel flüviyal etken ve süreçlerin kontrolünde şekillenen jeomorfolojik, hidrografik, hidrolojik, sedimantolojik, biyolojik ve pedolojik özelliklerinin delillerini barındırır. Bu delillerin yayılış alanları akarsuyun kıyılarını temsil eder. Akarsu kıyı kenar çizgileri, akarsu kıyılarının dış sınırınıdır. Akarsu kıyı çizgisi ise akarsuyun sularının akarsu yatağına temas ettiği noktaların birleştirilmesi ile oluşan çizgidir. Bir akarsu, her iki tarafta birer tane olmak üzere iki kıyı çizgisine ve iki kıyı kenar çizgisine sahiptir. Akarsuların kıyı çizgileri ise çekik su seviyesi, normal su seviyesi ve yüksek su seviyesi olmak üzere 3 farklı yükseklik arasında değişebilir. Yürürlükteki yasal mevzuatlarda; Akarsu kıyıları, kıyı elemanları ve kıyı bölümlerinin tanımlandığı, akarsu kıyılarının korunma, kullanma koşullarının, ayrıca akarsu kıyılarına ait tehlike ve risklerin açıklandığı bilimsel içerik eksikliği dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, akarsu kıyıları ve kıyının bölümlerinin jeomorfolojik tanımlamaları yapılarak, güncel yasal mevzuattaki eksiklik ve çelişkilerin ana hatları ile tartişılması hedeflenmiştir. Meriç ve Sakarya nehirlerinin farklı dizinlerindeki akarsu dar-alçak ve geniş-alçak kıyı tiplerine ait örnekler üzerinde, akarsu kıyı tanımlaması, kıyı bölümleri ve sınır özelliklerine ait jeomorfolojik deliller gözlemlenmiş ve ölçümleri yapılmıştır. Gözlem ve ölçüm sonuçlarına dayandırılan akarsu kıyı özellikleri genelleştirilmiştir. Elde edilen bulgular; güncel akarsu kıyı mevzuatının irdelenmesi amacıyla kullanılmıştır. Akarsu kıyıları ile ilgili mevcut yasal mevzuatta önemli eksiklikler ve çelişkili içerikler olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum uygulamada ve toplumsal yaşamda problemlere neden olacağı gibi, hukuki işlemlerde de problemlerin çözümünde karışıklıklara ve hatalı değerlendirmelere neden olabilir. Akarsularda değişen su seviyelerine bağlı olarak, yakınkıy, önkıy ve artkıy bölümleri tanımlanabilir. Akarsuyun yüksek su seviyesi akarsu yatağı ıslak çevre uzunluğunun maksimum sınırını temsil eder. Bu sınır aynı zamanda akarsuyun kıyı kenar çizgisini oluşturur. Akarsuyun taşkın su seviyesi ve buna ait taşkın alanı akarsu kıyı elamanı değildir.

ABSTRACT

The river banks are the current landforms, which are in the natural active bed of the river. They are affected and shaped by the morphodynamic processes of the moving water body of the river. A part of the river bank is underwater, but the other part is out. The river bank is defined by its borders except for the flood area. River banks contain evidence of geomorphological, hydrographic, hydrological, sedimentological, plant and soil characteristics shaped under the control of current fluvial processes. The distribution areas of this evidence represent the river banks. The outer border of the river banks is the river bank lines. The river shoreline is the line formed by combining the points where the river's waters come into contact with the river bed. A river has shorelines and two bank lines. The river bank lines can vary among three different heights, which are low water level, normal water level, and high water level. The need for more scientific content on the protection and usage conditions of the river banks, as well as the dangers and risks of the river banks, in which the river banks, bank elements, and bank sections are defined in the current legal legislation, draws attention. This study aimed to discuss the deficiencies and contradictions in the current legal legislation with the main lines by making the geomorphological definitions of the river banks and parts of the river banks. Geomorphological evidence observations and measurements of river bank definition, bank sections, and boundary features were made on the samples of narrow-low bank and wide-low bank types within different tributaries of the Maritsa and Sakarya rivers. River bank features based on observations and measurements results have been generalized. In addition, the findings were used to examine the currently used river bank legislation. It is noteworthy that there are significant deficiencies and contradictory contents in the current legislation on river banks. This situation may cause problems in practice and social life, as well as cause confusion

and erroneous evaluations in solving issues in legal proceedings. Depending on the river's water levels, the Nearshore, foreshore, and backshore sections can be defined on the banks of a river. The river's high water level represents the maximum length limit of the riverbed wetted perimeter. This boundary also forms the river bank line. This boundary is also the river bank line. The flood water level of the river and the corresponding flood area are not river bank elements.

© 2023 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1.GİRİŞ

Kıyı; su kütlesi ile kara kütlesi arasındaki geçiş zonu oluşturulan bir yeryüzü şeklindedir. Kendine has, onu tanımlayıcı özellikleri vardır. Deniz, akarsu, doğal ya da yapay göl kıyılarının oluşum ve gelişiminde yapısal özellikler ile güncel morfolojik etken ve süreçler rol alır ve böylece kıyı şekillenmesi meydana gelir (Turoğlu, 2010; Turoğlu, 2017a; 2019a; Turoğlu, 2021). Türkiye kıyılarının şekillenmesinde etkili olan morfolojik etkenler; dalgalar, akıntılar, rüzgârlar ve akarsulardır. Morfolojik süreçler ise fiziksel ve kimyasal yollarla gerçekleşen aşınma, taşınma, biriktirme yöntemleri ve kütle hareketleri türlerine ait örneklerdir. Bu morfolojik etken ve süreçlerin kontrolünde şekillenen deniz, akarsu ve göl kıyıları; su kütlesi veya kara ortamından farklı bir jeomorfolojik karakter kazanır. Kıyının oluşum ve gelişiminde rol alan yapısal özellikler ile morfolojik etken ve süreçler de zaman içinde değişiklik olursa, doğal kıyıların da jeomorfolojik özellikleri değişir. Bu itibarla kıyı güncel ve dinamik bir yeryüzü şekli ve jeomorfolojik bir birimdir (Erinç, 1970; Knighton, 1984; Turoğlu, 2010; Nazik, 2017; Turoğlu, 2017a; 2019a; Turoğlu, 2019b). Bu tanımlayıcı temel prensipler akarsu kıyıları için de geçerlidir.

29/12/1934 tarih ve 2892 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan, 2644 sayılı "Tapu Kanunu" nda kısa içeriği ile ele alınan "Kıyı" konusu, deniz, göl, akarsu kıyıları kapsamında olmak üzere, günümüzde; "04.04.1990 tarih ve 3621 sayılı Kıyı Kanunu" (KK, 1990) ve onun uygulanmasına dair çok sayıdaki yönetmeliklerle oluşturulup, geliştirilen yasal mevzuatta değerlendirilmektedir (Tablo 1; Şekil 1). Dolayısıyla, farklı kanunların bazı maddelerinde sınırlı içerikli hükümler yer alsa da esas olarak akarsu kıyıları "3621 sayılı Kıyı Kanunu ve onun uygulanmasına dair çok sayıdaki yönetmelikler" kapsamında değerlendirilmektedir.

Sosyal ve ekonomik cazibesinin zaman içinde giderek daha fazla öne çıkması nedeni ile kıyılara olan ilgi ve talep de artmıştır. Bu nedenle kıyıların ve kıyı elemanlarının bilimsel olarak doğru tanımlanması, kıyılardan faydalanma, kıyı kullanımı, kıyı alanlarının mülkiyeti, kıyı etken ve süreçlerinin jeomorfolojik problemleri, vb. konular tartışılır, hatta dava konusu haline gelir olmuştur. Bu sayılan gelişmeler akarsu kıyıları için de geçerlidir. Bu çalışmada; akarsu kıyılarının ve kıyı elemanlarının tanımlanması, bu tanımlamaya temel teşkil eden jeomorfolojik süreç ve delillerin ana hatlarıyla verilmesi, konunun yasal mevzuattaki öne çıkan dikkat çekici madde ve açıklamalarına değinilmesi amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM

Akarsu kıyıları, flüviyal jeomorfoloji kapsamındaki yeryüzü şekillerinden biridir. Akarsu kıyılarının tanımlanması ve kıyı elemanlarının belirlenmesi ile ilgili jeomorfolojik temel prensiplerin oluşturulması amacıyla Meriç ve Sakarya nehirleri ve onların alt dizinlerine ait akarsu kıyı örnekleri üzerinde gözlemler ve ölçümler yapılmıştır. Gözlemler sırasında; su kütlesinin akarsu yatağınadoğrudan temasının delilleri olan aşındırma ve biriktirme faaliyetlerine ait izler ve bu izlerin yatay ve düşeydeki dağılıő ve frekansları da ölçümlenmiştir. Bu kapsamda, akarsuyun su seviyesi yüksekliği ve bunun akarsu yatağı yamaçlarındaki kıyı çizgisi izlerinin belirlemiştir. Ayrıca her iki akarsuyun örnekleme kesitlerinde, farklı kıyı tiplerindeki su seviyesi yükseklikleri, kıyı tipleri ile su yayılış alanları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Böylece akarsuyun taşkın dönemleri dışındaki yüksek su seviyesi ile çekik su seviyesi arasındaki ıslak çevre uzunluğunun ölçümleri, dolayısıyla da akarsuyun kıyı alanının belirlenmesi uygulamaları yapılmıştır.

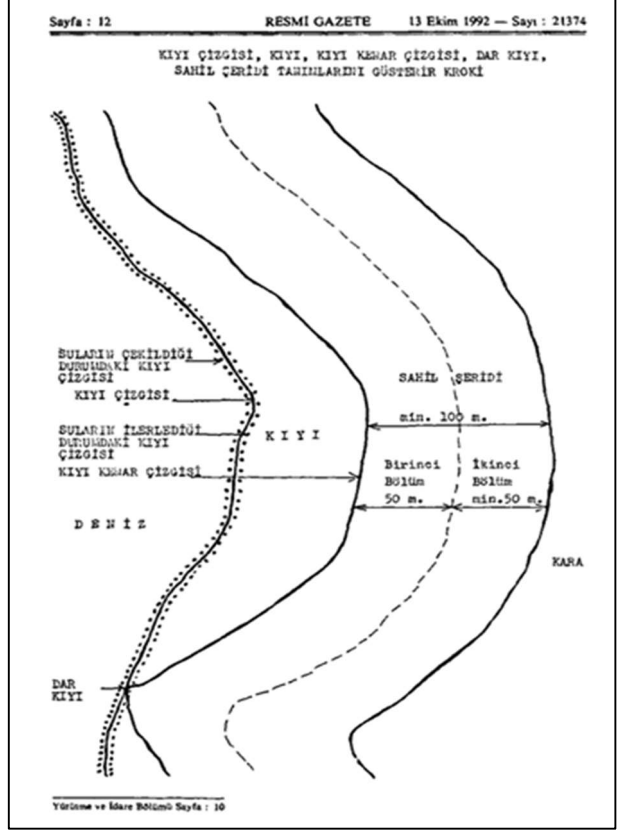
Ayrıca Kıyı Kanunu ve onun uygulanmasına dair yönetmelikler, 16 Nisan 2022 tarihli son yönetmelik de dikkate alınarak kıyı mevzuatındaki akarsu kıyıları ile ilgili maddeler ve hükümler kontrol edilmiştir. Daha sonra az

sayıda var olan madde ve hükümler flüviyal jeomorfoloji, hidrografiya, hidroloji, süreç jeomorfolojisi, toprak bilimi temel prensipleri doğrultusunda irdelenmiştir.

Tablo 1: Kıyı Kanunu ve onun uygulanmasına dair yönetmelikler (KKUDY, 2022).

Table 1: Coastal Law and regulations on its implementation (KKUDY, 2022).

Cinsi	Resmi Gazete, Tarih/Sayı
Kıyı Kanunu	01.12.1984/18592
3086 KKUDY	18.05.1985/18758
3086 Kıyı Kanunu İptali	10.07.1986/19160
Kıyı Kanunu	17.04.1990/20495
3620 KKUDY	03.08.1990/20594
3621 KKUDY	13.10.1992/21374
3621 KKUDY	30.03.1994/21890
3621 KKUDY	27.07.1996/22709
3621 KKUDY	15.08.2003/25200
3621 KKUDY	30.03.2004/25418
3621 KKUDY	21.07.2005/25882
3621 KKUDY	13.08.2008/26966
3621 KKUDY	25.03.2011/27885
3621 KKUDY	02.04.2013/28606
3622 KKUDY	26.07.2014/29072
3623 KKUDY	29.6.2018/30463
3624 KKUDY	24.10.2020/31284
3625 KKUDY	16.4.2022/31811



Şekil 1: Kroki, 3621 sayılı Kıyı Kanununda yer alan kıyı ve sahil şeridini tanımlamaktadır.

Figure 1: The sketch defines the shore and coastal strip in the Coastal Law No. 3621.

3. BULGULAR

Kıyı; kendine has güncel etken ve süreçlere ait dinamikleri olan ve bu dinamiklerin etkisi altında oluşan coğrafi koşullar ve bu koşulların delilleri ile tanımlanan, bir bölümü su altında bir bölümü ise suyun dışında, ancak her iki bölümün de su ile ilgili güncel morfo-dinamik etken ve süreçlerin etkisi altında olan, aktif jeomorfolojik bir ünedir (Turoğlu, 2010; Turoğlu, 2017a; Turoğlu, 2019a).

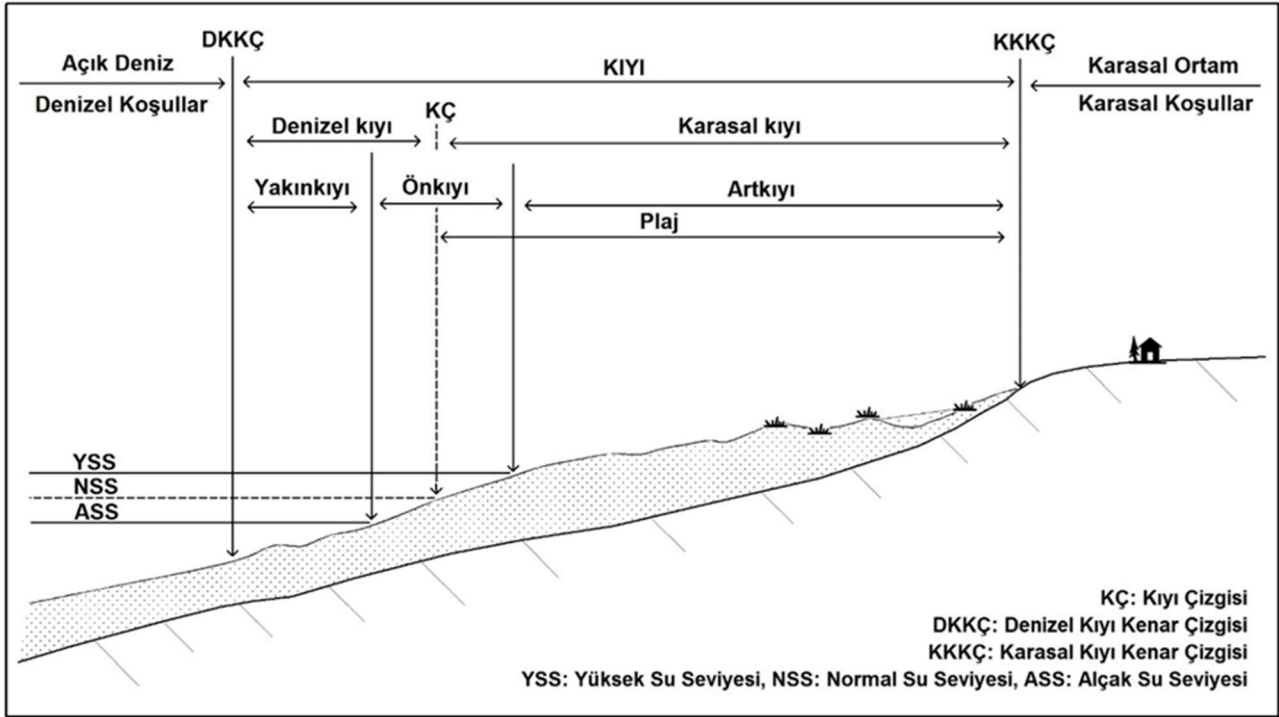
Kıyı yeryüzü şekli, jeomorfolojik özellikleri itibarıyla; su kütlesi ve kara koşullarının hakim olduğu doğal ortamlar arasındaki zonu temsil eder. Bu zonu her iki ortamdaki farklı morfo-dinamik etken ve süreçlerin etkisi altında olması ve bu etken ve süreçlerin kontrolünde şekilleniyor

olmasıdır. Dalga ve akıntılar temel şekillendirici etken olup, su, rüzgar ve gravitasyon diğer kıyı şekillendirici etkenlerdir. Bu etkenler ve onların kıyı süreçleri; deniz, akarsu, göl kıyılarının tümünde "Yakınkıyı, Önkıyı, Artkıyı" olarak bölümlerin oluşmasına neden olurlar (Şekil 2).

Deniz kıyılarında, Yakınkıyı; daimi su altında olan ve su hareketlerinin deniz tabanını şekillendirdiği kıyı bölümüdür. Önkıyı; kıyı çizgisinin en çekik ve en fazla ilerlediği sınırlar içinde kalan, su altında kalan kısmı hava olaylarına ve atmosferik koşullara bağlı olarak değişen kıyı bölümüdür. Artkıyı; denizelliğin etkisinin hissedildiği ve bu etkinin jeomorfolojik, hidrografik, sedimantolojik, biyocoğrafik delillerinin yer aldığı kıyı

bölümüdür. Kıyıyı oluşturan bu bölümler; kara tarafından “Karasal Kıyı Kenar Çizgisi” ile ve deniz tarafından “Denizel Kıyı Kenar Çizgisi” ile

sınırlandırılır (Erinç, 1970; Brenninkmeyer, 1982; Erinç, 1986; Erol, 1989; Turoğlu, 2010; Turoğlu, 2017a; Turoğlu, 2019a; Turoğlu, 2021).



Şekil 2: Deniz kıyı elemanları ve kıyı bölümleri (Turoğlu 2017a) / **Figure 2:** Shore elements and shore sections (Turoğlu 2017a).



Şekil 3: Dar-Yüksek deniz kıyısı.
Figure 3: Narrow-High shore.



Şekil 4: Dar-Yüksek akarsu kıyısı.
Figure 4: Narrow-High river bank.

Deniz, akarsu ya da göl kıyısı için esas olan su kütlelerinin morfodinamik süreçlerinin şekillendirici etkileridir. Öncelikle dalga ve akıntılar ve ayrıca, su, rüzgar ve gravitasyon süreçleri; deniz kıyılarında olduğu gibi (Şekil 3), aynı şekilde akarsu (Şekil 4) ve göl kıyılarını da karakteristik özellikleri olan yerşekilleri veya jeomorfolojik birimler olarak şekillendirir. Farklı olan; deniz, akarsu ve göl morfodinamik sistem

ve süreçlerin gerçekleşme şekilleri ve onların kanıtlarıdır.

3.1. Akarsu Kıyıları

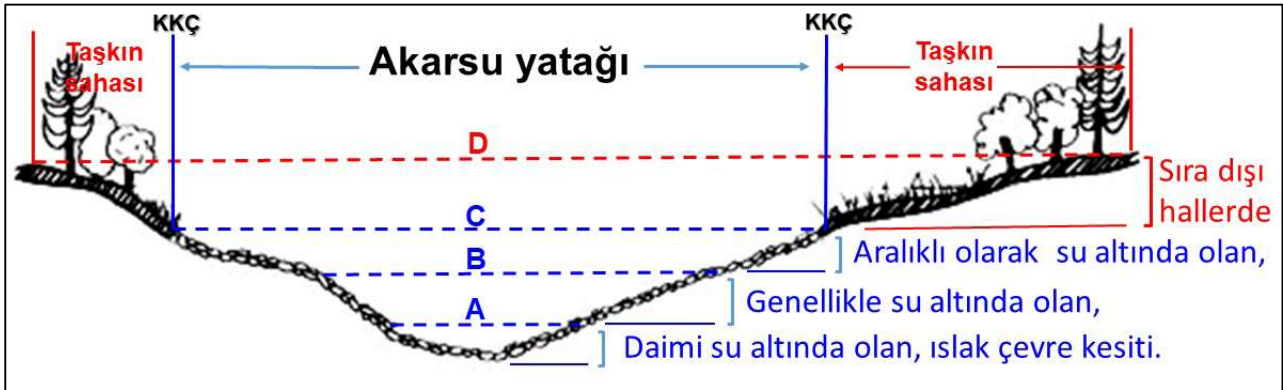
Akarsular; bir kanala tabi olan, hareketli yüzeysel su kütleleridir. Akarsuların önemli iki özelliği; su kütlelerinin doğal bir kanal (akarsu yatağı) içinde ve akış halinde, hareketli olmasıdır. Bu özellikleri nedeni ile deniz, göl ve diğer yapay su rezervuarlarına ait su kütlelerinden

ve dolayısıyla onların kıyılarından farklılık gösterirler.

Akarsu kıyılarının jeomorfolojik özelliklerinin oluşmasında; akarsuyun vadi ve kanal (yatak) morfolojisinin yanı sıra, akarsuyun debi özellikleri, debiye bağlı su seviyesi yükseklikleri ve onların değişim özellikleri, akarsuyun hidrodinamik karakteri ve bütün bu faktörlerin ortak etkisi ile şekillenen bir etken olarak akarsuyun ayrışma, aşındırma, taşıma ve biriktirme faaliyetlerinin niteliği belirleyici olur. Akarsularda su seviyesi yüksekliği; yukarıda sıralanan faktörlerin ortak etki göstergesi olup, aynı zamanda akarsuyun yatak ve kıyı perspektifinde etki ve etkileşim alanını belirleyen temel faktördür.

Daimi akışa sahip akarsular için su seviyesi yüksekliği; akarsu doğal yatak morfolojisi ve debi miktarı ile ilişkili olan su kütle hacmi tarafından belirlenir. Bir akarsuda, yıl boyu akışa ait su seviyesi yüksekliği sabit olmayıp, yatak-

debi arasındaki bu ilişkiyel etkileşim ve değişim; su kütle hacmindeki farklılaşmalar ile gerçekleşir. Böylece o akarsu için ıslak çevre uzunluğu şekillenir (Wolfert, 2001; Sear, vd., 2003; Brierly ve Fryirs, 2006). Akarsu su seviyelerine ait günlük su seviyesi yüksekliği ölçümlerinin istatistiksel analizleri ve analiz sonuçlarının gruplandırılarak standart sınıflandırmasıyla; akarsu akışına ait olarak (A) Çekik su seviyesi yüksekliği, (B) Normal su seviyesi yüksekliği, (C) Yüksek su seviyesi yüksekliği ve (D) Ekstrem yüksek su seviyesi yüksekliği gruplandırılması mümkündür (Şekil 5). Akarsuyun ıslak çevre uzunluğu ve farklı su seviyesi yüksekliklerine ait jeomorfolojik hidrografik, toprak, bitki, flüviyal sediment ve birikim delilleri Meriç (özellikle Tunca kolu) ve Sakarya nehirleri ve onların alt dizinlerinde araştırılmıştır. Genelleştirilmiş bulgular; aşağıdaki açıklamaların temel altyapısını oluşturmuştur.



Şekil 5: Daimi akışa sahip bir akarsuyun su seviyeleri standart sınıflandırması. (A) Bir akarsuyun en alçak su seviyesi; daimi akışa sahip bir akarsuyun en düşük debisine ait su seviyesidir. (B) Normal su seviyesi; bir akarsuyun istatistiksel olarak en çok tekrarlanan su seviyesidir. (C) Yüksek su seviyesi; akarsuyun istatistiksel olarak yıl içinde zaman zaman tekrarlanan en yüksek su seviyesidir. (D) Ekstrem yüksek su seviyesi; frekansı çok düşük olan, sıradışı hallerde gerçekleşen, akarsu boyunca yer alan kara ortam koşullarının (vegetasyon, toprak, yerleşim alanları) hâkim olduğu, az eğimli, düz ve düze yakın sahaları işgal eden su seviyesidir (Taşkın su seviyesi).

Figure 5: Standard classification of water levels of a perennial river. (A) The lowest water level of a river: It is the water level of the lowest flow rate of a river with a perennial river. (B) Normal water level: A perennial river's statistically most frequent water level. (C) High water level: Statistically, it is the highest water level of a perennial river that is repeated from time to time throughout the year. (D) Extremely high water level: It is the water level that has a shallow frequency, occurs in unusual situations, and occupies the less sloping, flat, nearly flat areas where the terrestrial environmental conditions (vegetation, soil, settlement areas) along the river are dominant (Flood water level).

Akarsuyun en alçak su seviyesi; onun "Çekik su seviyesi" olup, daimi su altında olan ve en kısa ıslak çevre uzunluğuna sahip yatak kesitini temsil eder (Şekil 5, (A) su seviyesi).

Akarsuyun normal su seviyesi; bir akarsuyun istatistiksel olarak en çok tekrarlanan su seviyesidir. Bu su seviyesine ait akarsu yatağı ıslak çevre uzunluğu yıl içinde çoğunlukla su altında kalan yatak kesitinin su seviyesidir (Şekil

5, (B) su seviyesi). Bu seviye; ortalama su seviyesi değildir.

Akarsuyun yüksek su seviyesi; akarsuyun istatistiksel olarak yıl içinde çeşitli sebeplerden dolayı debisinde zaman zaman meydana gelen yüksek su seviyesidir (Şekil 5, (C) su seviyesi). Akarsuyun yüksek su seviyesinde akarsu yatağı ıslak çevre uzunluğu en fazladır. Bu su seviyesi yüksekliğine ait sınır; akarsuyun doğrudan ve dolaylı olarak gerçekleştirdiği aşındırma, biriktirme faaliyetlerine ait izlerin son sınırıdır. Bu su seviyesi yüksekliği aynı zamanda akarsu aktif yatağının boyutlarını ve kesit alanını belirler.

Akarsuyun ekstrem yüksek su seviyesi; tekrar sıklığı çok düşük olan, debisindeki sıradışı artışların olduğu akışlarda gerçekleşen, akarsu boyunca akarsu aktif yatağı dışında kalan her iki kıyısından itibaren kara vejetasyonunun ve toprak örtüsünün geliştiği, az eğimli, düz ve düze yakın sahaları işgal eden su seviyesidir (taşkın su seviyesi). (Şekil 5, (D) su seviyesi). Bu su seviyesinde, akarsuyun su kütlesi; akarsuyun güncel yatak tanımı dışına çıkar, su kütlesinin izlerinin ve delillerinin bulunmadığı, taşkın sahasına yayılır ve bu alanda geçici göllenme gerçekleşir. Taşkın sahasındaki geçici göllenme büyük bir hızla gerçekleşir, bir süre (bir ya da bir kaç gün, bazen daha fazla) sonra yavaş yavaş çekilir. Göllenme süresi içinde, göllenme alanında transgresif bir derecelenme ile ince taneli (ince kum, silt, kil, vb.) taşkın sedimentleri çökeler. Taşkın alanı akarsu kıyı alanı dışındadır.

Akarsu aktif yatak kesiti; yüksek su seviyesine ait hareketli su kütlesinin ıslak çevre uzunluğu kesitidir (Şekil 5). Bu kesit; hareketli su kütlesinin hidrodinamik etkisinin izlerini taşıyan, suyun ayırıştırma, aşındırma, taşıma, biriktirme gibi faaliyetlerine ait şekillendirici morfolojik izleri ve delillerini içeren, bir kısmı su altında ve bir kısmı ise su kütlesi dışında kalan alana aittir.

Akarsu doğal aktif yatağı; onun kinetik enerjisi ile doğal ya da doğal olmayan sebeplerden dolayı değişebilir. Akarsuyun kinetik enerjisi $[(M \cdot V^2)/2]$; akarsuyun su kütlesi (M) ve hızı (V) ile ilişkilidir. Bu iki çarpandan birinde meydana gelecek farklılaşma; akarsuyun aktif yatak özelliklerinin de değişmesine neden olur. Dolayısıyla farklı su seviyesi yüksekliklerini

(Şekil 5, A, B, C su seviyesi yüksekliği) içeren akarsu yatağı güncel koşulların kontrolünde şekillenir. Bu yüzden akarsu aktif yatağının belirlenmesi önemlidir. Akarsu taraçaları, akarsuyun aktif yatağının güncel morfolojik elemanları değildir. Bir başka ifadeyle, akarsu taraçaları; akarsu aktif yatağı dışında kalan, flüviyal jeomorfoloji aşınım veya birikim yerşeklidir.

Akarsuyun aktif yatağı içindeki flüviyal sediment birikiminin tür ve tekstür özellikleri de ıslak çevre uzunluğunun tanımlayıcılarındandır. Akarsuyun kinetik enerjisi ve hidroloji prensiplerinin kontrolünde kil, silt, kum, çakıl ve blok boyutlarındaki sedimentler; akarsuyun kıyı kenar çizgileri ile sınırlandırılan kesiti içinde yatay, düşey ve doğrultu geometrilerini kazanırlar. Akarsuyun aktif yatağı içinde toprak tanımına uygun, toprak horizonlarının olduğu birikimin gelişme imkanı olmaz. Kıyı kenar çizgileri dışında kalan taşkın sahasının kil, silt ve kısmen ince kumdan oluşan ince taneli taşkın çökelleri de akarsuyun aktif yatağı dışında kalır.

3.2. Ana Hatlarıyla Akarsu Kıyı Elemanları

Akarsu kıyıları ve kıyının bölümleri; akım miktarlarının istatistiksel su seviyesi yüksekliği sınıfları tarafından belirlenir. Akarsuyun su seviyeleri; yatak en kesit özelliklerine göre, kıyı çizgilerinin ve kıyı bölümlerinin tespitinde ve ayırtlandırılmasında belirleyici olan temel faktördür. Çekik su seviyesi, normal su seviyesi ve yüksek su seviyesi olarak sınıflandırılan akarsuyun su seviyeleri (Şekil 5; Şekil 6) akarsu kıyı çizgilerinin de göstergeleridir.

Akarsu Kıyı Kenar Çizgisi

Eğer bir akarsuyun maksimum ıslak çevre uzunluğu 90°'ye ulaşan bir diklik ve eğim kırığı ile son bulmuyorsa; akarsu yatağının maksimum ıslak çevre uzunluğunun her iki yamaç üzerindeki son noktası, akarsuyun o kesitindeki "Kıyı Kenar Çizgisi" noktasıdır. Bu nokta aynı zamanda o akarsuyun yüksek su seviyesinin yatak ile temas noktasıdır. Akarsu yatağı boyunca bu noktaların birleştirilmesiyle, akarsuyun her iki yamacındaki kıyı kenar çizgisi belirlenir (Şekil 5; Şekil 6). Bir başka ifadeyle; bir akarsuyun yüksek su seviyesine ait kıyı çizgisi aynı zamanda kıyı kenar çizgisidir. Bu sınır; uzun süreli kayıtlara göre yüksek frekansa sahip

yüksek debiyi temsil eder. Bu debinin jeomorfolojik delilleri (aşındırma diklikleri ve diklik gerilemeleri, akarsu boyu aşındırma basamakları ve çizgisel izler, farklı tane boyutundaki unsurlardan oluşan birikim çizgisellikleri, kaya yüzeylerdeki su ayrıştırma şekilleri ve gelişimleri, vb.) sınır belirleyicisidir. Bu deliller; tüm su seviyesi yüksekliklerine ait kıyı çizgileri için geçerlidir (Şekil 7).

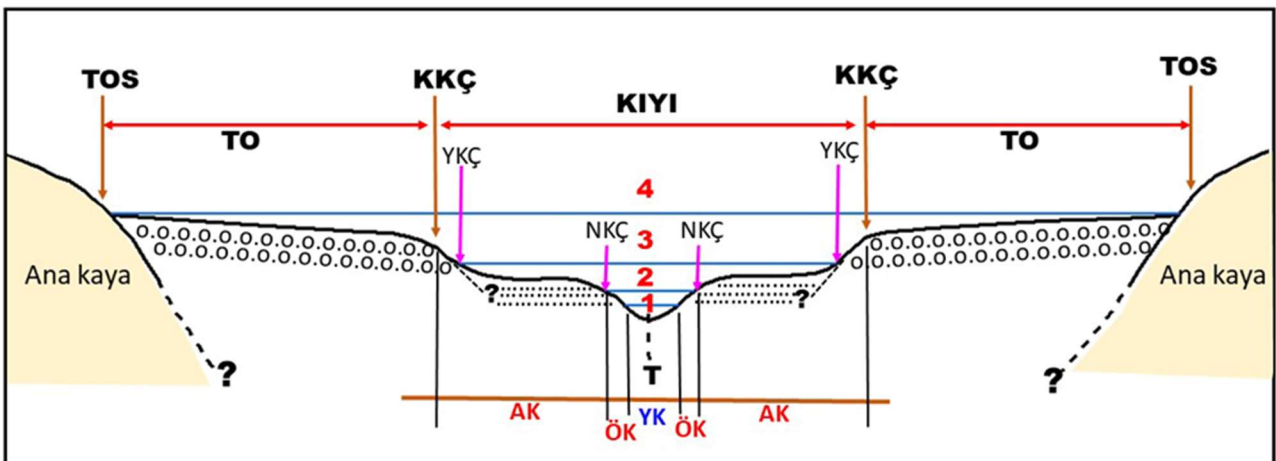
Eğer akarsu yatağı ıslak çevre uzunluğu 90° civarında bir diklik ve eğim kırığı ile son buluyorsa bu durumda; akarsuyun kıyı kenar çizgisi akarsuyun doğrudan ya da dolaylı etkinliğinde oluşan bu dikliğin üst kenarına ait noktaların birleştirilmesiyle oluşturulan çizgidir (Şekil 6; Şekil 8). Bu diklik anakaya üzerinde gelişen bir diklik olabileceği gibi aynı zamanda akarsu taraçasının aşınım dikliği de olabilir. Akarsu taraçası dikliğinin üst sınırı; taraçayı oluşturan akarsuyun kıyı kenar çizgisidir. Akarsuyun ayrıştırma ve aşındırma faaliyetleri ile bu diklik kara tarafına doğru gerileyebilir. Özellikle çarpma yamaçlarındaki aşınma nedeni ile oluşan akarsu kıyısına ait kıyı kenar çizgisi bu doğal süreçlerle daha hızlı değişir. Bu yüzden akarsu kıyı kenar çizgileri sabit olmayıp, doğal süreçlerle değişebilir.

Akarsu kıyı çizgileri

Akarsuyun herhangi bir zamanda, akış halindeki su yüzeyinin, yatağın her iki yamacına temas ettiği noktaların birleştirilmesiyle, akarsu boyunca oluşturulan çizgi; o andaki "Akarsu Kıyı Çizgisi" olarak tanımlanır. Akarsu kıyı çizgisi sabit değildir. Kıyı çizgisi; gün, mevsim ve yıl içinde, akarsuyun debisine bağlı olarak, en alçak (çekik) su seviyesi ile yüksek su seviyesi arasında kalacak şekilde değişebilir (Şekil 5; Şekil 6; Şekil 8). Kıyı çizgilerinin su seviyesi yükseklikleri ile uyumlu olmaları doğal olup, o su seviyesinin kıyı çizgisi olarak da ifade edilebilir (Şekil 6; Şekil 8).

Akarsu kıyısı

İki "Kıyı Kenar Çizgisi" arasında kalan, güncel su etkisinin ve etkileşiminin delillerini içeren alandır. Bu alan, aynı zamanda akarsuyun güncel yatağını temsil eder. İstatistiksel olarak belirlenen 3 farklı su seviyesinin jeomorfolojik delillerine dayandırılan yakıncıyı, önkıyı ve artkıyı alanları ve onları birbirinden ayıran sınır çizgileri belirlenir. Yüksek su seviyesine ulaşılan debi sırasında, akarsuyun tüm kıyı alanı su kütlesi altındadır. Bu durumda akarsuyun her iki yamacındaki kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi çakışır. Çok sık tekrar etmeyen bu debi dışındaki hallerde, akarsuyun su seviyesi yüksekliğine, o seviyeye ait kıyı çizgisine bağlı olarak, kıyının bir kısmı su altında, bir kısmı ise su dışındadır.



Şekil 6: Geniş-Alçak Akarsu kıyı tipi elemanları. 1: Akarsuyun çekik su seviyesi, 2: Normal su seviyesi, 3: Yüksek su seviyesi, 4: Taşkın su seviyesi, KKÇ: Kıyı Kenar Çizgisi, YKÇ: Yüksek kıyı çizgisi, NKÇ: Normal kıyı çizgisi, TO: Taşkın ovası, TOS: Taşkın Ovası Sınırı, T: Talveg hattı, AK: Artkıyı, ÖK: Önkıyı, YK: Yakıncıyı.

Figure 6: Wide-Low type river bank elements. 1: lower water level of the river, 2: Normal water level, 3: High water level, 4: Extreme high (Flood) water level, KKÇ: Coastal Line, YKÇ: High shoreline, NKÇ: Normal shoreline, TO: Flood plain, TOS: Flood Plain Boundary, T: Talweg line, AK: Backshore, ÖK: Foreshore, YK: Nearshore.



Şekil 7: Akarsu su seviyesi yüksekliği ve kıyı çizgileri. Farklı su seviyesi yüksekliklerine ait her iki yamaçtaki kıyı çizgisi delilleri olan aşınım izi ve çakıl birikim çizgisellikleri.

Figure 7: Height of river water level and shorelines. Erosion trace and pebble deposition lineaments as shoreline evidence on both slopes of different water level heights.

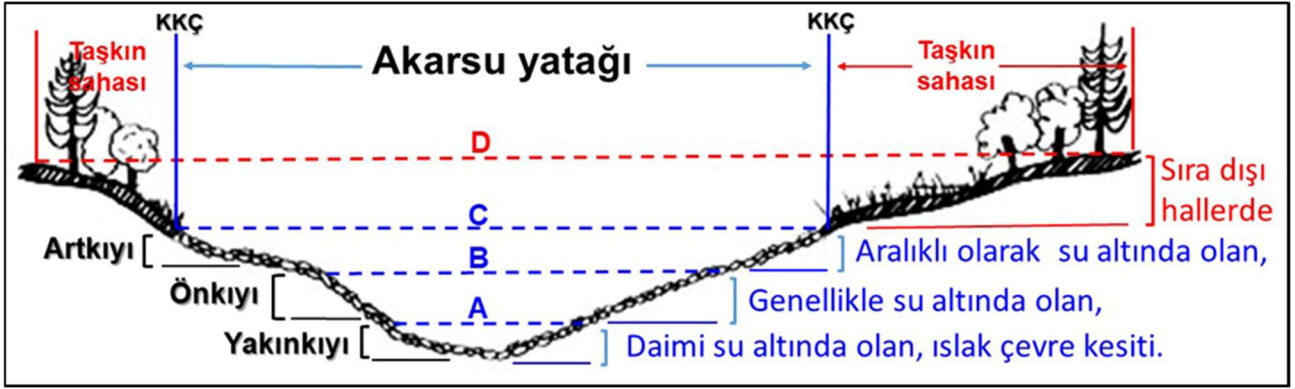
3.3. Akarsu Kıyı Bölümleri

Akarsu kıyılarında, deniz kıyı bölümleri gibi “Yakıncıyı, Önkıyı, Artkıyı” olmak üzere 3 farklı bölüm ayırtlamak mümkündür. Akarsu standart su seviyesi yükseklikleri; bu bölümlerin belirlenmesinde önemli sınır belirteçleridir. Su seviyesi yüksekliği aynı zamanda herhangi andaki akarsu kıyı çizgisini de temsil eder. Yüksek su seviyesine ait kıyı çizgisi akarsuyun her iki kıyı kenar çizgileri ile çakışır.

Yakıncıyı; bir akarsuyun çekik döneminde, en alçak su seviyesi esas alınarak, daimi su kütlesi altında kalan akarsu yatak kısmıdır (Şekil 8). Bu kıyı bölümünde akarsuyun dinamik süreçleri daimi olarak şekillendirici faaliyetlerini sürdürürler. Tabandaki sedimetlerin tane boyut çeşitliliği, çakılların boyutları, dizilişleri ya da ana kayanın aşınım şekilleri, vb. özellikler daimi akışa sahip su kütlesinin akarsu yatağı tabanındaki flüviyal jeomorfoloji izleri veya kanıtlarından bazılarıdır. Aşınım ve birikime ait bu şekillendirme akarsuyun su hareketi ile gerçekleşir. Bu yüzden yıl boyu akışa sahip bir akarsuyun çekik su seviyesine ait ıslak çevre uzunluğu kesiti; yatak boyunca yakın kıyı alanı kesitidir.

Önkıyı; akarsuyun çekik su seviyesi yüksekliği (akarsu çekik su seviyesi kıyı çizgisi) ile normal su seviyesi yüksekliği (akarsu normal su seviyesi kıyı çizgisi) arasında kalan kıyı bölümüdür (Şekil 8). Daimi akışa sahip bir akarsuyun kıyı çizgisi; yılın genelindeki debisine göre bu iki kıyı çizgisi arasında sıkça alçalıp yükselebilir. Bu nedenle, önkıyı bölümüne, sık aralıklı su seviyelerini, dolayısıyla kıyı çizgilerini temsil eden akarsu aşındırma ve/ya biriktirme izi çizgisellikleri belirgin olarak görülür (Şekil 7).

Artkıyı; akarsuyun normal su seviyesi kıyı çizgisi (akarsu normal su seviyesi yüksekliği) ile yüksek su seviyesi kıyı çizgisi (akarsu yüksek su seviyesi yüksekliği) arasındaki, zaman zaman su altında kalan ama daha çok su örtü ve hareketliliğinden yoksun, akarsu akış hareketliliğine ait jeomorfolojik izlerinin yer aldığı kıyı bölümüdür (Şekil 7; Şekil 8). Akarsu artkıyı bölümü, akarsuyun yüksek debili dönemlerinde yüksek enerjili akışı sırasında su kütlesi altında kalır. Bu yüksek enerjili akış; akarsuyun artkıyı üzerindeki aşındırma ve biriktirme özelliklerini de etkileyerek, önkıyıda farklılaşmasına neden olur.



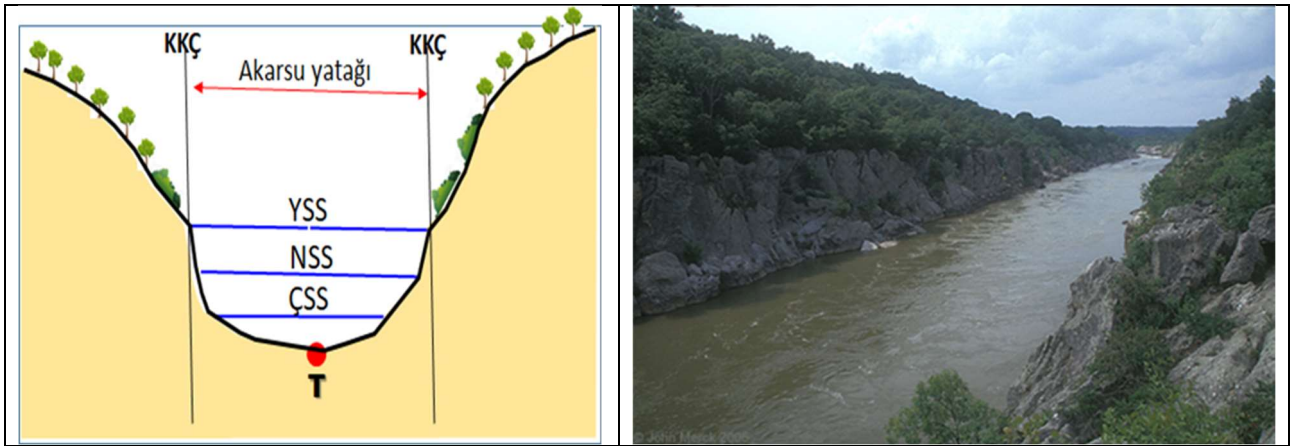
Şekil 8: Akarsu kıyı elemanları ve kıyı bölümleri / Figure 8: River bank elements and bank sections.

3.4. Akarsu Kıyı Tipleri

Akarsular için “Geniş-Alçak Kıyı”, “Dar-Yüksek Kıyı” ve Birleşik Kıyı” olarak 3 farklı kıyı tipi ayırt etmek mümkündür. Akarsu kıyıları için yapılan bu sınıflama; akarsu yatağı morfolojisinin karakteri ile ilişkilidir. Akarsu yatakları, enine profillerine göre; geniş tabanlı vadi, V şekilli vadi, asimetrik vadi, tabanlarında ya da alüviyal ova düzlüklerinde yer alırlar. Akarsu yatağının içinde bulunduğu vadi tipi, onun kıyı tipi ve morfolojisinin temel belirleyicisidir.

Akarsu geniş-alçak kıyı; kıyı elemanlarının tümünün ayrı ayrı olarak görüldüğü ve kıyı bölümlerinin tümünün yer aldığı akarsu kıyı tipidir (Şekil 6). Genellikle yamaçları az eğimli, “V” şekilli vadiler içinde yer alan, daimi akışa sahip akarsular geniş - alçak kıyı tipi morfolojilerine sahiptirler (Şekil 7; Şekil 8).

Akarsu dar-yüksek kıyı morfolojisi de bir yeryüzü şekli olup; kıyı elemanlarından ve kıyı bölümlerinden bir ya da birkaçının eksik olduğu kıyı tipidir. Boğaz vadi, kanyon vadi, V şekilli çentik vadi, vb. dar ve derin vadi enine profiline sahip akarsuların kıyıları ve ayrıca ova ve alüviyal tabanlı vadilerdeki alüviyal düzlüklerdeki düz kanallı akarsular genellikle “Dar-Yüksek Kıyı” tipindedir (Şekil 9). Bu kıyı tipine sahip akarsularda su seviyesi yüksekliği değişse de su seviyesi yüksekliğine ait kıyı çizgisinin yatay olarak değişme ihtimali yoktur ya da yok denecek kadar azdır ve bu yüzden kıyı çizgileri düşey yönde üst üste çakışır. Akarsu kıyı çizgilerinin çakışması halinde önkıyı ve artkıyının olmaması anlamına gelir.



Şekil 9: Dar-Yüksek akarsu kıyı tipi. YSS: Yüksek Su Seviyesi, NSS: Normal Su Seviyesi, ÇSS: Çekik Su Seviyesi, KKÇ: Kıyı Kenar Çizgisi, T: Talveg.

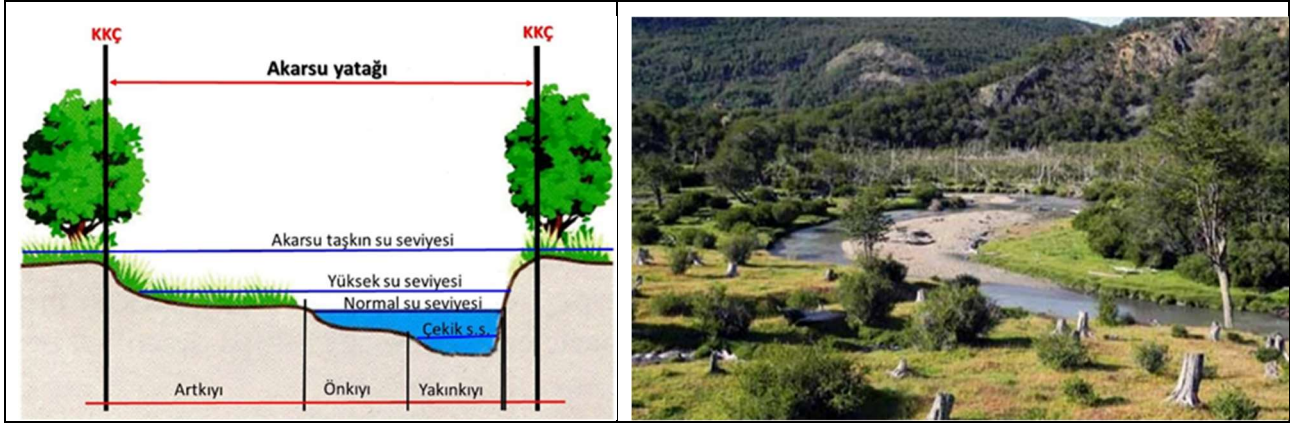
Figure 9: Narrow-High river bank type. YSS: High Water Level, NSS: Normal Water Level, ÇSS: Receding Water Level, KKÇ: Coastline, T: Talveg.

Akarsu birleşik kıyı tipi; yatakları asimetrik enine profile sahip akarsuların kıyı tipidir. Bu kıyı tipinde asimetrik profilin bir yansıması olarak; akarsu yatağının bir yamacı dar-yüksek kıyı profiline sahipken, diğer yamacı geniş-alçak kıyı

profilindedir (Şekil 10). Alüviyal düzlüklerdeki menderesli kanala sahip akarsular, aşınımına karşı farklı dirençlerdeki kayaların dokanak hatlarına yerleşmiş akarsular, aşınım farkından dolayı asimetrik enine kesit profiline sahip akarsular

genellikle birleşik kıyı tipine sahip olurlar. Akarsu birleşik kıyı tipinin gelişimi tektonik yapıdan kaynaklanan bir asimetrik yatak ile ilişkili de olabilir (şekil 10). Menderesli akarsu yatağının çarpma yamacı dar-yüksek kıyı

tipinde, kayma yamacı ise geniş-alçak kıyı tipindedir. Diğer sebeplerden kaynaklanan asimetrik akarsu yatakları da birleşik kıyı tipindedir.



şekil 10: Asimetrik yatak enine profillerinde akarsu yatağı iki farklı kıyı tipini birlikte barındırır.

Figure 10: The river with asymmetrical bed transverse profiles has two different bank types.

4. TARTIşMA

Akarsu kıyıları ve kıyı elemanlarının belirlenmesinde kullanılan esaslar; doğal yatağa sahip, yıl boyu akışlı akarsular için uygulanabilir nitelikteki jeomorfoloji temelli yaklaşımlardır. Ancak mevsimlik ve geçici akarsular, yatak ışlah projesi uygulanmış akarsular ve ayrıca yataklarında taşkın koruma yapıları ile düzenlemelerin yapıldığı akarsular için kıyı ve kıyı elemanlarının belirlenmesi ve uygulanması özellikle yasal mevzuat çerçevesinde tartışmalı konulardır.

4.1. Mevsimlik ve Geçici Akarsu Yatakları

Mevsimlik ve geçici akarsular; yıl boyu akışı olmayan, daimi akıştan yoksun akarsulardır. Mevsimlik akarsular; yılın belirli bir döneminde akışa sahiptir. Geçici akarsular ise mevsim koşullarına lakayıt olmak üzere, mevsim koşullarından bağımsız, akış koşullarının sağlanmasına ve etki süresine bağlı olarak akışa sahiptirler. Akış koşulları genellikle kısa sürelidir ve ortadan kalktığında bu akarsu yatakları akıştan yoksun kalır. Her iki tip akarsular için kıyı belirlemede kıyı kenar çizgileri esas alınır. Bu akarsuların kıyı kenar çizgileri; akış dönemlerindeki en yüksek su seviyesinin kıyı çizgisidir. Bu kıyı çizgisi için; akarsu yatağının her iki tarafında, en yüksek su seviyesinin ve su hareketliliğinin süreçlerine ait flüviyal jeomorfoloji delilleri belirlenerek karar verilir. Karar vermede doğal bitki örtüsü ve

toprak özellikleri de doğrulayıcı, destekleyici veriler olarak hesaba katılır. Zira daimi akışa sahip olmasada bu akarsu yataklarındaki akışa ait su hareketliliği; hem bitki örtüsünün tür ve gelişimi üzerinde engelleyici rol oynar ve hem de toprak oluşumuna fırsat vermez ve erozyona neden olur. Mevsimlik ve geçici akarsular için iki kıyı kenar çizgisi arasında kalan alan, akıştan yoksun dahi olsa aktif yatak olup, bu alan akarsu kıyısıdır. Herhangi bir amaç için iki kıyı kenar çizgisi içinde kalan akarsu kıyısının kullanıma dahil edilmemesi ya da doğal yatak özelliklerine müdahale edilmemesi gerekir. Taşkın su seviyesi bu yaklaşımın dışında tutulur.

4.2. Akarsu ışlah ve Taşkın Koruma Yapıları

Akarsu yatağı içine yapılan; taşkın duvarları, seddeler, mahmuzlar, teraslama, sel kapanı, akarsu yataklarında inşa edilen enine dolgu yapıları (tersip bendi), yatak tanzimi, vb. yapı ve müdahaleler en yaygın olarak kullanılan akarsu ışlah ve taşkın koruma yapılarıdır. Akarsu ışlah ve taşkın koruma yapıları, akarsu yatağının doğal yapısını dolayısıyla da akarsuyun doğal süreçlerini doğrudan ve dolaylı olarak değiştirir. Akarsuyun; ayrışma, aşınma, taşıma ve biriktirme süreçleri kıyı oluşumunun ve şekillenmesinin, yapı özellikleri ile birlikte temel süreçleridir. Akarsu ışlah ve taşkın koruma yapılarıyla bu temel süreçlere müdahale edilmesi, değiştirilmesi; doğal kıyı

morfolojisinin ortadan kalkmasına, yapay akarsu kıyısının oluşmasına neden olur. Bu tür projelerin uygulandığı akarsularda güncel kıyı; akarsu kıyı elemanlarından bazılarının olmadığı, yapay “Dar-Yüksek Akarsu Kıyı” tipindedir.

Akarsu ıslah ve taşkın koruma projelerinin uygulandığı akarsular için taşkın duvarları, seddeler, mahmuzlar, teraslama, tersip bendi, vb. yapılar; yatak içinde, farklı malzemeler ile gerçekleştirilen farklı türlerdeki dolgulardır. Bu yapılarla akarsuyun doğal kıyı özellikleri ve kıyı kenar çizgisi de değişir. Kıyı kenar çizgisi değişikliği ile kazanılan alanlar da farklı amaçlar için kullanılır. Bu uygulama; halen yürürlükte olan Kıyı Kanunu ve onun Uygulanmasına Dair Yönetmeliklerde yer alan “Kıyı Kenar Çizgisi, doldurma suretiyle arazi elde edilmesi halinde de değiştirilemez (RG_30/3/1994-21890, Madde 4)” maddesi ile ters düşmektedir (Turoğlu, 2009; Turoğlu, 2017b). Bir başka ifadeyle; Kıyı Kanunu ve uygulanmasına dair yönetmeliklerde yer alan “akarsu yataklarına dolgu yapılamaz, kıyı kenar çizgileri değiştirilemez” maddesi, dolgu yapılarak gerçekleştirilen ıslah ve taşkın koruma yapılarını yasaklamaktadır.

Akarsu ıslah ve taşkın koruma amaçlı olarak, akarsu kıyılarında taşkın seddeleri yapılmaktadır. Uygulanan taşkın seddeleri, akarsu yatağı içine yapılan beton, kaya ya da kum, çakıl, vb. malzeme ile gerçekleştirilen dolgu yapılarıdır. Yapay taşkın seddeleri ile ilgili olarak Kıyı Kanunu ve onun Uygulanmasına Dair Yönetmeliklerde yer alan açıklama; “*Tabii ve suni göller ile akarsuların, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne veya başka kurumlarca taşkın seddi veya taşkın seddi niteliğinde taşkın koruma yapısı yapılmış ya da henüz yapılmamış olmakla birlikte sınırları haritalar üzerinde gösterilerek Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne uygun görülen taşkın seddinin bu bölümlerinde kıyı kenar çizgisi taşkın seddinin veya taşkın seddi niteliğindeki taşkın koruma yapısının kara tarafındaki toprakla keşiştiği sınırdan tespit edilir.*” (RG_24/10/2020-31284, Madde 1) ifadesidir. Bu ifade; sadece akarsu yataklarına dolgu yapılmasını değil, aynı zamanda akarsu kıyı kenar çizgilerinin de dolgu yapılarak yapay olarak değiştirilmesini de yasal hale getirmektedir. Bu dolguların nereye ve nasıl yapılacağının kararına esas teşkil edecek bilimsel açıklamalara ya da karar vericilerin

bilimsel yeterliliklerine dair içeriğe yer verilmemiş olması da vahimdir. Bu konuda sadece “... *DSİ Genel Müdürlüğüne uygun görülen ...*” ifadesi ise yetersizdir.

Akarsu ıslah ve taşkın koruma amaçlı olarak, akarsuyun doğal yatağı içine yapılan taşkın seddeleri, taşkın duvarları, mahmuzlar; akarsuyun hidrodinamik süreçleriyle genellikle uzun ömürlü olmaz. Bu tür projelerin flüviyal sistem ve morfodinamik süreçler ile uyumluluğunun gözardı edilmesi halinde ise maddi ve manevi her anlamda ciddi etkileri olur. Yüksek su seviyesine ait debilere ulaşan akışlar; akarsu yatağındaki malzemeler kullanılarak yapılan taşkın seddelerini patlatarak tahrip olmalarına, beton taşkın duvarlarının arkasından dolaşarak onların yatak içine yıkılmalarına ya da yatak için yapılan mahmuzların kayalarının sürüklenerek bozulmalarına neden olurlar. Akarsu ıslah ve taşkın koruma yapılarına göre, kanundaki ilgili maddeye (RG_24/10/2020-31284, Madde 1) dayandırılarak yeniden belirlenen yapay kıyı kenar çizgisi; sonuçları afet boyutlarına ulaşan taşkınların hazırlayıcısı haline gelir. Neden olacağı ekonomik kayıplar ise konunun diğer boyutunu oluşturmaktadır. Olması gereken; taşkın seddelerinin, taşkın duvarlarının ve diğer ıslah ve taşkın koruma yapılarına ait projelerin; akarsu ıslak evre uzunluğu kesiti, onu oluşturan flüviyal sistem, iklimatik özellikler ve morfodinamik süreçler dikkate alınarak uygulanmasıdır.

4.3. Hangi Akarsular için Kıyı Kanunu?

Kıyı Kanunu ve onun uygulanmasına dair yönetmelik ile şekillenen güncel yasal mevzuata göre, “Kıyı; kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasındaki alandır” (RG_30/3/1994-21890). Yine aynı yasal mevzuata göre, “Akarsu; devamlı akış gösteren ve ekli listede belirlenen akarsulardır” ifadesi yer alır. Akarsu kıyılarının kıyı kenar çizgisi sadece belirli akarsular ve onların belirli bölümleri için öngörmektedir. “Bu yönetmeliğin eki listede yer almayan akarsularda tespit edilmiş Kıyı Kenar Çizgileri geçersizdir.” (25.03.2011 tarih ve 27885 sayılı RG, Madde 6) hükmü esas alınır (Tablo 2).

Tablo 2: Akarsularımızın "nehir" tanımına giren kesimlerini belirten liste (KKUDY, 2022).**Table 2:** The list of our rivers and their parts is declared in coastal law (KKUDY, 2022).

- 1- Meriç Nehri:** Ana kolunun, topraklarımıza girdiği nokta ile Ege Denizi arasındaki kesimi.
- 2- Sakarya Nehri:** Sakarya Nehri ana kolunun, Gökçekaya Barajı ile Karadeniz arasındaki kesimi.
- 3- Filyos Çayı:** Devrek ve Yenice Çayları kavşağı ile Karadeniz arasındaki kesimi.
- 4- Kızılırmak Nehri:** Kızılırmak Nehri ana kolunun, Delice Irmağı ile birleştiği nokta ile Karadeniz arasındaki kesimi.
- 5- Yeşilirmak Nehri:** Yeşilirmak-Kelkik Çayı kavşağı ile Karadeniz arasındaki kesimi.
- 6- Çoruh Nehri:** Çoruh Nehri ana kolunun Oltu Çayı ile birleştiği nokta ile Türkiye-Sovyetler Birliği sınırı arasındaki kesimi.
- 7- (Değişik: RG-24/10/2020-31284) Dicle Nehri:**
 - a) Dicle Nehri ana kolunun Bismil İlçesi ile Türkiye-Suriye Irak sınırı arasındaki kesimi.
 - b) Batman kolunun Sinan köy kavşağı ile Dicle Nehri ana kolu kavşağı arasındaki kesimi.
 - c) Botan kolunun Büyükdere (Hizan Deresi) kavşağı ile Dicle Nehri ana kolu kavşağı arasındaki kesimi.
- 8- (Değişik: RG-24/10/2020-31284) Fırat Nehri:**
 - a) Ana kolun Keban Barajı ile Türkiye-Suriye sınırı arasındaki kesimi.
 - b) Karasu kolunun Kemah İlçesi merkezi ile Keban Barajı Gölü arasındaki kesimi.
 - c) Murat kolunun Muş'un kuzeyindeki Karasu Deresi ile birleştiği nokta ile Keban Barajı Gölü arasındaki kesimi.
- 9- Asi Nehri:** Antakya Şehri ile Akdeniz arasındaki kesimi.
- 10- Ceyhan Nehri:** Ceyhan Nehri ana kolunun Aksu Çayı ile birleştiği nokta ile Akdeniz arasındaki kesimi.
- 11- Seyhan Nehri:** Zamantı (Yenice) ve Göksu Irmakları Kavşağı ile Akdeniz arasındaki kesimi.
- 12- Göksu Nehri:** Mut civarında, aynı adı taşıyan iki kolun (Göksu Çayları) birleşim noktasıyla Akdeniz arasındaki kesimi.
- 13- Manavgat Çayı:** Oymapınar Barajı ile Akdeniz arasındaki kesimi.
- 14- Köprüçay:** DSİ Köprüçay regülatörü ile Akdeniz arasındaki kesimi.
- 15- Büyükmenderes Nehri:** Büyükmenderes ana kolunun Çine Çayı ile birleştiği nokta ile Ege Denizi arasındaki kesimi.
- 16- Simav Çayı:** Simav Çayı ana kolunun Apolyont Gölü ayağı ile birleştiği nokta ile Marmara Denizi arasındaki kesimi.
- 17- (Ek:RG-2/4/2013-28606) Dalyan Kanalı:** Köyceğiz Gölü ile Akdeniz arasındaki kesimi.

Bunun anlamı; kıyı kenar çizgisi hesaba katılmayan akarsular için yasal mevzuatta "kıyı" konusu göz ardı edilmektedir. Oysa her su kütlesinin kara ile temasında bir kıyı çizgisi ve o su kütlesinin kara tarafındaki etkileşim alanının sınırını temsilen ise kıyı kenar çizgisi doğal olarak vardır. Önemli olan bu kıyı sınırları ve o sınırlara ait kıyının bilimsel olarak belirlenmesidir. Bu su kütlesi yasal mevzuattaki gibi deniz, göl ya da akarsu olabilir.

4.4. Güncel Yasal Mevzuatta Tehlike ve Risk

Kıyı Kanunu ve onun uygulanmasına dair yönetmeliklerde yer alan akarsu tanımı; devamlı akış gösteren ve isimleri listelenen akarsular olarak yapılmıştır. Bu tanım bilimsel değildir. Bu tanıma göre; yıl boyu devamlı akışa sahip olup, adı listede olmayan akarsular, yasal mevzuatta akarsu sayılmaz. Hatta kıyı kenar çizgisi; adı

listede olan akarsuların bir bölümü için geçerli kabul edilir. Bir başka ifadeyle akarsuyun bir bölümü için kıyı mevzuatı uygulanırken, diğer bölümü için kıyı yok sayılmaktadır. Oysa bilimsel olarak su kütlesi varsa ve bu su kütlesi karasal ortam ile temas etmek zorunda ise bu temas hattı kıyı çizgisini oluşturur. Kıyı çizgisi sabit olmadığına göre bu durumda her akarsuyun kıyı kenar çizgileri olmak zorundadır. Kıyı kenar çizgisi varsa, o zaman o akarsuyun her iki yakasında da kıyısı olmak zorundadır. Akarsuyu bölümlere ayırarak, onun kıyı morfolojisini yasal mevzuattaki gibi hükme bağlamak doğru değildir. Akarsuyun kaynağından mansabına kadar, flüviyal süreçlerin her iki kıyı üzerindeki şekillendirici etkisi yıl boyu devam eder. Bu etki; ıslak çevre uzunluğu ve kıyı kenar çizgileri dikkate

alınmadan gerçekleştirilen projeler nedeni ile can ve mal kayıplarına neden olacak sel, taşkın, erozyon tehlikelerin yüksek riskleri ile gerçekleşir. Kıyı yasal mevzuatı ayırım yapmaksızın, akarsuları da kapsadığına göre, akarsu kıyılarınin ve kıyı elemanlarının; bilimsel kapsam ve yeterliliği olan tanımlanmalarının yapıldığı içeriklerin de kanunda yer alması gerekir. Ayrıca bu içeriklerin multidisipliner perspektifteki bütüncül bir yaklaşım ile oluşturulması beklenir.

4.5. Güncel Yasal Mevzuatta Akarsu Kum Madenciliği

Kıyı Kanunu ve onun uygulanmasına dair yönetmeliklerde kum madenciliği hakkında çok net bir hüküm vardır. Bu hüküm; *“Kıyılardan kum, çakıl vesaire alınamaz veya çekilemez. Kıyılarda kıyıyı değiştirecek boyutta ve kıyının doğal yapısını bozacak nitelikte kazı yapılamaz”* (RG_13/10/1992-21374). ifadesi ile sabittir. Bu madde akarsu kum madenciliğinin nnndeki yasal prosedürdür. Ancak akarsu kum madenciliği çok yaygın olarak yapılmaktadır. Bu konuda, Sulh Hukuk mahkemelerinde çok sayıda kıyı ve kıyı kenar çizgisi problemine ait dava gündeme gelmiştir. Bu problem aslında deniz ve gl kıyıları için de geçerlidir. Ancak akarsu kum madenciliği, akarsu kumunun inşaatlarda tercih edilmesi nedeni ile çok daha yaygın olarak yapılmaktadır. Ancak, akarsu yataklarından kum alınması akarsuyun hidrodinamik yapısını bozarak, hidrografik ve jeomorfolojik yapının değişmesine neden olmaktadır. Bu değişim, özellikle akarsu kıyılarını olumsuz şekilde etkilemektedir (Kori ve Mathada, 2012; Jose, vd., 2014; Gholap, 2016; Turoğlu, vd., 2020). Sulh Hukuk mahkemelerinde akarsu kıyı kenar çizgisi ile ilgili davaların hemen tamamı da bu problem temelli olduğu görülür.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

3621 Sayılı Kıyı Kanunu ve onun uygulanmasına dair yönetmelikler; akarsu kıyısı, kıyının bölümleri, sınırları ve bunların delillerine yönelik tanımlayıcı yeterlilikten yoksundur. Kıyı Kanununun akarsular ile ilgili maddeleri ve o maddelerin içerikleri jeomorfolojik esaslar çerçevesinde düzenlenerek uygulamaya alınmalıdır.

Akarsular için kıyı ve kıyı bölümlerini ve onların sınırlarını sadece belirli akarsular ve onların belirli bölümleri için sınırlamak doğru değildir. Kıyı Kanunu ile ilgili yasal mevzuatın belirli akarsular ve onların belirli bölümleri için uygulanabilir olması; sel ve taşkınlar başta olmak üzere doğal sistemler ve ekonomik faaliyetler üzerinde telafisi olmayan zararlara yol açmaktadır. Bu gizli tehlikeye karşı farkındalık yaratacak içerikteki detay maddelerin kıyı kanununa dhil edilmesi gerekir. Bu yüzden öncelikle, Kıyı Kanununun uygulanmasına dair yönetmelik ile belirlenen; *“listede yer almayan akarsularda tespit edilmiş kıyı kenar çizgileri geçersizdir”* ifadesi çok ciddi bir hatadır. Akarsular için bilimsel olarak tanımlanmiş kıyı, kıyı elemanları ve kıyı bölümlerinin ayırım yapmaksızın tüm akarsular için geçerli olacak şekilde revize edilmesi önerilir.

“Kıyı Kenar izgisi; doldurma suretiyle arazi elde edilmesi halinde de değiştirilemez” ifadesi ile akarsular üzerinde gerçekleştirilen *“Akarsu Islah Projeleri”* tam bir tezat ve önemli tehlikelere ait yüksek riskler oluşurmaktadır.

“Kıyı Kenar izgisi; taşkın seddinin veya taşkın seddi niteliğindeki taşkın koruma yapısının kara tarafındaki toprakla keşiştiği sınırdan tespit edilir” ifadesi de kendi içinde çelişmektedir. Ayrıca bu yapıların uygulanmasına dair temel prensiplerin açıklanmamış olması da hatalı uygulamaların gerçekleşmesine yol açacak önemli bir eksikliktir.

Taşkın seddelerinin, taşkın duvarlarının ve diğer akarsu ıslah ve taşkın koruma yapılarının mutlaka akarsu ıslak evre uzunluğu kesitini değiştirmeden projelendirilmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Akarsuyu bölümlere ayırarak onun kıyı morfolojisini yasal mevzuattaki gibi hükme bağlamak doğru değildir. Bu yaklaşım; akarsudan faydalanma ve mülkiyet temelli bir yaklaşımdır. Oysa Kıyı Kanunu ve onun uygulanmasına dair yönetmeliklerin, bütün akarsuları ve her akarsuyun tamamına ait kıyı temelli her türlü tehlike ve risklerini de dikkate alarak hükümler oluşturması gerekmektedir. Aksi halde ıslak evre uzunluğu içinde kalarak inşaa edilen köprüler, taşkın koruma yapıları ya da dere ıslah projelerinin hedeflerine

ulaşamayan uygulamaların olduğu kadar, aynı zamanda sel, taşkın, erozyon gibi problemlerin de gündeme gelmesi kaçınılmaz olacaktır.

KAYNAKÇA

- Brenninkmeyer, B. (1982). Major beach features. In: Beaches and Coastal Geology. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/0-387-30843-1_268
- Brierly, G.J. ve Fryirs, K.A. (2006). *Geomorphology and River Management*. Blackwell Publishing, ISBN 978-1-4051-1516-5
- Erinç, S. (1970). "Nereye Kıyı Denir?", *Cumhuriyet Gazetesi*, 8 Şubat 1970: 2, İstanbul.
- Erinç, S. (1986). Kıyılardan yararlanmada hukuki düzenlemelere jeomorfolojinin katkısı, *Jeomorfoloji Dergisi*, 14- 1-5, Ankara.
- Erol, O. (1989). Türkiye'de kıyıların doğal niteliği, kıyının ve kıyı varlıklarının korunmasına ilişkin "Kıyı Kanunu" uygulamaları konusuna jeomorfolojik yaklaşım (A geomorphological approach to the application of the laws for the coastal protection in Turkey), *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülten (Bulletin)*. 6, 15-47, İstanbul.
- Gholap, V. S. (2016). Impact of sand dredging and silt extraction activity on river and its characteristics: A review. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*. 5(3), 1-4.
- Jose, M. K., Shantanu, K. Y. ve Venkatesh, B. (2014). A study of effect of sand mining on the riverine environment. *Hydraulics, Water Resources, Coastal and Environmental Engineering (HYDRO 2014)*. 129, 1378-1386.
- K.K. (1990). *Kıyı Kanunu, Kanun No: 3621*, Kabul Tarihi: 04.04.1990, Resmi Gazete Tarihi: 17 Nisan 1990, Resmi Gazete Sayısı: 20495.
- KKUDY (2022). Kıyı Kanununun Uygulanmasına Dair Yönetmelik <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/yonetmelik/7.5.4897.pdf>
- Knighton, D. (1984). *Fluvial Forms and Processes*. Arnold, ISBN 0-7131-6405-0, US.
- Kori, E. ve Mathada, H. (2012). An assessment of environmental impact of sand and gravel mining in Nzhelele Valley, Limpopo province, South Africa. *3rd International Conference on Biology, Environment and Chemistry, IPCBEE*, 46, 137-141.
- Nazik, L. (2017). Akarsu Vadilerinde Kıyı Kenar Çizgisinin Belirlenmesi. (Editörler: H. Turoğlu ve H. Yiğitbaşıoğlu), *Yasal ve Bilimsel Boyutlarıyla KIYI*. Jeomorfoloji Derneği Yayınları, Yayın no: 1, sayfa: 93-116, ISBN 978-605-67576-0-0, İstanbul.
- Sear, D.A., Newson, M.D. ve Thorne, C.R. (2003). *Guidebook of Applied Fluvial Geomorphology*, R&D Technical Report FD1914, Defra/Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme ISBN 0-85521-053-2.
- Turoğlu, H. (2009). "3621 Sayılı Kıyı Kanunu ve Onun Uygulama Problemleri (The Coastal Law (number 3621) and Its Applied Problems)". *Türk Coğrafya Dergisi*, 53: 31-40, Basılı ISSN 1302-5856, Elektronik ISSN 1308-9773, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2010). Alçak Kıyılarda Kıyı Kenar Çizgisi Problemi. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu 2010*, Afyon Kocatepe Üniversitesi 11-13 Ekim 2010, Bildiriler Kitabı: 206-218, Afyon.
- Turoğlu, H. (2017a). Deniz ve Göllerde Kıyı. (Editörler: H. Turoğlu ve H. Yiğitbaşıoğlu), *Yasal ve Bilimsel Boyutlarıyla KIYI*. Jeomorfoloji Derneği Yayınları, Yayın no: 1, sayfa: 01-32, ISBN 978-605-67576-0-0, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2017b). Kıyı Mevzuatı ve Jeomorfolojik Değerlendirmesi. (Editörler: H. Turoğlu ve H. Yiğitbaşıoğlu), *Yasal ve Bilimsel Boyutlarıyla KIYI*. Jeomorfoloji Derneği Yayınları, Yayın no: 1, sayfa: 51-68, ISBN 978-605-67576-0-0, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2019a). Yapay kıyıların jeomorfolojik tanımlaması: Diliskelesi Kıyıları Örneği (Kocaeli, Türkiye) (Geomorphological identification of artificial coasts: The Case of Diliskelesi (Kocaeli, Turkey)). *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi (Istanbul University Journal of Geography)*, 39: 11-27. DOI: 10.26650/JGEOG2019-0015, <http://jgeography.istanbul.edu.tr>
- Turoğlu, H. (2019b). Jeomorfolojik ve Yasal Perspektifte Yapay Kıyılar (Artificial Coasts from The Geomorphological And Legal Perspective). *Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 28 Ocak-01 Şubat 2019*, Ankara, Türkiye (72nd Geological Congress of Turkey with international participation, 28 January-01 February 2019, Ankara, Turkey). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No: 140, ISBN 978-605-01-1261-0, Sayfa: 271-272. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf
- Turoğlu, H., Uludağ, M. ve Aykut, T. (2020). Meriç Nehri Yatak İçi Kum Alımının Jeomorfolojik Değerlendirmesi (Geomorphic Assessment of in-Channel Sand Excavation on the River Meriç, Turkey). *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*

(*Istanbul University Journal of Geography*), 40: 295-305. DOI: 10.26650/JGEOG2020-0023. <http://jgeography.istanbul.edu.tr>

Turoğlu, H. (2021). Baraj Gllerinin Kıyı Tanımı ve Koruma Bölgeleri (Coastal Definition and Protection Zones of Dam Reservoirs). *Uluslararası Katılımlı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 24-28 Mayıs 2021*, Ankara, Türkiye (73rd Geological Congress of Turkey with international participation, 24-28

May 2021, Ankara, Turkey). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No: 143, ISBN 978-625-7653-17-6, Sayfa: 485-486. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/02d915fa0bf0f11_ek.pdf

Wolfert, H.P. (2001). *Geomorphological Change and River Rehabilitation*. Alterra Scientific Contributions 6. Alterra Green Research, Wageningen.

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

ŞEHİRSEL YAYILMANIN JEOMORFOLOJİK BİRİMLERLE İLİŞKİSİNİN ZAMANSAL VE MEKANSAL ANALİZİ: EDİRNE ÖRNEĞİ

Spatiotemporal Analysis of the Relationship of Urban Sprawl with Geomorphological Units: A case study of Edirne

Musa ULUDAĞ^a & Emre ÖZŞAHİN^b

^aTrakya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Edirne, Türkiye

muludag@trakya.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0003-4395-3146>

^bTekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

eozsahin@nku.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0001-8169-6908>

Makale Tarihçesi

Geliş 15 Kasım 2022

Kabul 10 Aralık 2022

Article History

Received 15 November 2022

Accepted 10 December 2022

Anahtar Kelimeler

Jeomorfoloji, Şehir, CBS (Coğrafî Bilgi Sistemleri), Zamansal ve Mekânsal Değişim, Edirne

Keywords

Geomorphology, City, GIS (Geographic Information Systems), Spatiotemporal change, Edirne

Atıf Bilgisi / Citation Info

Uludağ, M. & Özşahin, E. (2023).

Şehirsel Yayılmanın Jeomorfolojik Birimlerle İlişkisinin Zamansal ve Mekansal Analizi: Edirne Örneği / Spatiotemporal Analysis of the Relationship of Urban Sprawl with Geomorphological Units: A case study of Edirne, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches 2023 (10): 49-66

doi: 10.46453/jader.1205061

ÖZET

Plansız ve sürdürülemez şehirsel yayılma eğilimi, ekolojik işleyişi zamansal ve mekânsal ölçekte kademeli olarak etkilemektedir. Yakın zamanda insanın ve çevresinin refahı üzerinde dramatik değişimlere yol açan bu etkinin mevcut ve gelecek durumunu anlamak ve politika oluşturmaya yardımcı olmak için şehirsel yayılmanın jeomorfolojik birimler dikkate alınarak değerlendirilmesi çok gerekli olmuştur. Böylece daha yaşanabilir şehirsel mekânların ortaya çıkması hedeflenmiştir. Bu çalışmanın amacı Edirne şehrinin gelişim yönünün zamansal ve mekânsal değişiminin jeomorfolojik birimlerle ilişkisinin incelenmesidir. Stratejik konumundan dolayı eski çağlardan beri popüler bir iskân sahası olan bu şehrin zamansal süreçte geçirdiği mekânsal değişimlerin analiz edilmesi, Türkiye ve Avrupa iskân coğrafyasının anlaşılması bakımından çok önemlidir. CBS (Coğrafî Bilgi Sistemleri) destekli mekânsal analiz yöntemiyle gerçekleştirilmiş bu çalışmada, tarihi ve güncel haritalar kullanılmıştır. İlgili literatür ve saha çalışmalarıyla desteklenen bu veriler yardımıyla şehirsel alanın hem tarihi gelişimi hem de jeomorfolojik birimleri haritalandırılmıştır. Bu haritalar yöntem çerçevesinde kıyaslanıp, zamansal süreçte oransal değişimler saptanmıştır. Çalışma sonucunda Edirne şehrinin kuruluşundan günümüze kadar geçen zamanda mekânsal farklılaşmasının daha iyi anlaşılması ve şehirsel yayılmanın jeomorfolojik birimlerle ilişkisinin tanımlanması bakımından önemli veriler elde edilmiştir. İskân tarihine dayalı yamaçlarda bulunan olgun akarsu taraçaları üzerine kurulmuş Kaleiçi yerleşim alanı şeklinde başlayan Edirne şehrinde Osmanlı ve Cumhuriyet dönemlerinde önemli bir büyüme hamlesi görülmüştür. Osmanlı döneminde 17. yy'la kadar mekânsal büyümenin egemen olduğu şehirsel alanda 18. yy'dan sonra belirgin bir duraklama yaşanmıştır. Cumhuriyet dönemindeki mekânsal değişimin daha çok jeomorfolojik özelliklerden kaynaklanan taşkın probleminin görüldüğu sahalara doğru gerçekleştiği Edirne şehrinde günümüze yakın zamanda ise şehirsel yayılmanın nispeten daha uygun alanlara doğru kaymaya başlamış olmasına rağmen, taşkın ovasına doğru genişleme devam etmektedir. Bu çalışmayla Edirne şehrinin sürdürülebilir planlamasına hizmet edebilecek kıymetli sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma sonuçları, Edirne şehrinin gelişim yönünün zamansal ve mekânsal değişiminin jeomorfolojik birimlerle ilişkisini aydınlatmasının yanında karar vericilere ve planlamacılara yönlendirici bilgiler sunmaktadır.

ABSTRACT

The unplanned and unsustainable urban sprawl trend is gradually affecting ecological functioning at spatiotemporal scales. To understand the current and future status of this impact, which has recently led to dramatic changes in the well-being of people and their environment, and to assist in policymaking, it has become very necessary to evaluate urban sprawl by considering geomorphological units. Thus, it is aimed to create more livable urban spaces. This study aims to examine the spatiotemporal change in the development direction of Edirne city and its relationship with geomorphological units. Analyzing the spatial changes of this city, which has been a popular settlement area since ancient times due to its strategic location, is

very important in terms of understanding the settlement geography of both Turkey and Europe. Historical and current maps were used in this study, which was carried out with the spatial analysis method supported by GIS (Geographic Information Systems). With the help of these data, which is supported by the relevant literature and field studies, both the historical development and geomorphological units of the urban area have been mapped. These maps were compared within the framework of the method and proportional changes in the temporal process were determined. As a result of the study, important data have been obtained in terms of better understanding the spatial differentiation of Edirne city from its foundation to the present and defining the relationship between urban sprawl and geomorphological units. Edirne city, which started its settlement history as a Kaleiçi settlement built on mature river terraces on stable slopes, saw an important growth spurt in the Ottoman and Republican periods. In the urban area, where spatial growth was dominant until the 17th century in the Ottoman period, a significant pause was experienced after the 18th century. In Edirne city, where the spatial change occurred mostly towards the areas where the flood problem stemming from geomorphological features was observed in the Republican period, it has been determined that the urban sprawl has shifted towards relatively more suitable areas recently. With this study, valuable results have been obtained that can serve the sustainable planning of Edirne city. The results of the study not only illuminate the relationship between the temporal and spatial changes in the development direction of Edirne city with geomorphological units but also provide information that guides decision-makers and planners.

© 2023 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1.GİRİŞ

Şehirler, canlı organizmalar gibi zaman içerisinde deđiŐime uğrayan mekânsal bir yerleşim formudur (Tekkanat ve Türkmen, 2018). Bu yerleşim formlarının zamansal süreçte mekânsal olarak büyümesi, coğrafi bölgeler arasında değişen oranda eğilimlere sahip küresel bir olgudur (Tripathi ve Kumar, 2019). 21. yy'da dünya nüfusundaki hızlı artıŐla birlikte daha önce hiç olmadığı kadar yüksek oranda nüfusun Şehirsel alanlarda yaŐamaya baŐlaması, bu alanların plansız ve denetlenemeyen bir Şekilde büyümesine sebep olmuştur (Deribew, 2020). Doğal çevreyi zamansal ve mekânsal ölçekte kademeli olarak etkileyen Şehirsel büyüme trendi (Lal vd., 2017), yakın zamanda insanın ve çevresinin refahını olumsuz yönde etkilemeye başlamıştır (Aguda vd., 2013). Şehirsel büyümenin yol açtığı dramatik değişimlerin evre üzerindeki mevcut ve gelecekteki etkilerini azaltmak ve politika oluŐurmaya yardımcı olmak için (Subasinghe vd., 2016), Şehirsel büyümenin özellikle jeomorfolojik birimler dikkate alınarak nicel olarak değerlendirilmesi oldukça mühim bir husustur (zŐahin, 2015a; 2015b). Aksi taktirde jeomorfolojik birimlerin karakterine uygun bir Şekilde geliŐmeyen Şehirler, başta altyapı ve ulaşım sorunları olmak üzere çeşitli türden doğal risklerle karşı karŐıya kalır (Tonbul ve Sunkar, 2008; zŐahin, 2010; Turoğlu ve Uludağ, 2010; 2012; 2013; 2014; 2015; Fural vd., 2019). Dolayısıyla Şehirlerin jeomorfolojik birimler göz önünde bulundurularak optimum

seviyede düzenlenmesi ve planlanması, gerek doğal olayların afet boyutu kazanmaması gerekse verimli bir biçimde kullanılmayan Şehirsel mekânların potansiyeline uygun bir Şekilde değerlendirilmesi için elzemdir (zŐahin, 2014).

Şehirsel gelişimin jeomorfolojik birimlerle ilişkisinin zamansal ve mekânsal yönden planlanmasında genişleme kalıplarını ve süreçlerini belirlemek ve bunları haritalamak için CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) teknolojileri büyük bir kolaylık sunmaktadır. CBS kullanılarak üretilen bilgilerin, demografik ve sosyo-ekonomik verilerle entegre edilmesi Şehir planlamacıları ve politika yapıcıların daha doğru ve bilimsel kararlar alması için büyük bir avantaj sağlamaktadır (Anees vd., 2020). Bu sebeple yakın zamanda CBS teknikleri kullanılarak Şehirlerin zamansal ve mekânsal değeriminin jeomorfolojik birimlerle ilişkisi konusunda hem dünya (Negaresh, 2003; Safari vd., 2014; Costea, 2016; Del Monte vd., 2016; Nayyeri vd., 2017) hem de Türkiye (Cürebal vd., 2008; 2014; zŐahin ve zder, 2011; zŐahin, 2015b; Esen, 2021) Őehirleri özelinde birçok araştırma yapılmıştır. Ancak mevcut literatürde hala önemli bir boşluk bulunmaktadır. Bu boŐluđun doldurulması için özellikle çok eski tarihlerden beri iskân faaliyetleri bakımından kullanılan Şehirsel alanların zamansal süreçte jeomorfolojik birimlerle gösterdiği mekânsal ilişkinin analiz edilmesi ŐehirleŐme sürecini

kontrol eden faktörlerin anlaşılması bakımından oldukça önemli bir adımdır (Anees vd., 2020).

Tarihi açıdan medeniyetlerin beşiği olarak kabul edilen ve insanoğlunun ikinci büyük devriminin (Şehir Devrimi) yaşandığı bir bölgede yer alan Türkiye, şehirlerin kuruluş ve gelişmesi bakımından oldukça uygun bir coğrafyaya sahiptir (Tekin, 2017). Yerleşme tarihi bakımından ilk şehirlerin ortaya çıktığı ve geliştiği bu coğrafyadaki kadim şehirlerden birisi de Edirne'dir. Türkiye'yi Avrupa'ya bağlayan bu serhat şehri, stratejik konumundan dolayı eski çağlardan beri önemli bir iskân sahası olmuştur (Tolun Denker, 1974-1977; Gökbilgin, 1994). Bu sebeple Edirne şehrinin zamansal süreçte geçirdiği mekânsal değişimlerin analiz edilmesi ve şehirselleşimi kontrol eden faktörlerle karşılaştırılması, gerek Türkiye gerekse Avrupa iskân coğrafyası bakımından çok önemlidir. Daha önce Edirne şehri özelinde hem şehirselleşimin (Uludağ, 2018) hem de arazi kullanımının (Olğaç ve Doğan, 2020) son yüzyıl içerisindeki zamansal ve mekânsal değişimi incelenmiştir. Hatta bu

incelemelerde şehirselleşimin bazı jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerle (yükseklik, eğim ve baki) zamansal ve mekânsal ilişkisi bile sorgulanmıştır (Uludağ, 2018). Ancak şehirselleşimin zamansal ve mekânsal değişiminin jeomorfolojik birimlerle ilişkisine hiç değinilmemiştir. Dolayısıyla literatürdeki bu eksiklik, Edirne şehrindeki büyümenin zamansal yönden sağlıklı ve kapsamlı bir mekânsal analizinin yapılmasını engellemiştir. Edirne şehrinde zamanla artan demografik baskı ve şehirselleşimin çeşitlenmesi, şehirselleşimin daha karmaşık bir yapıya sahip olmasını ve mevcut yönetsel politikalarının planlanmasında jeomorfolojik birimlerin dikkate alınması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışmanın amacı Edirne şehrinin gelişim yönünün zamansal ve mekânsal değişiminin jeomorfolojik birimlerle ilişkisinin incelenmesidir. Edirne şehrinde zamansal süreçte meydana gelen mekânsal değişimlerin incelendiği bu çalışmada, aynı zamanda şehirselleşimin ve jeomorfolojik birimlerin dağılışı ilişkisi değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. İnceleme Alanı

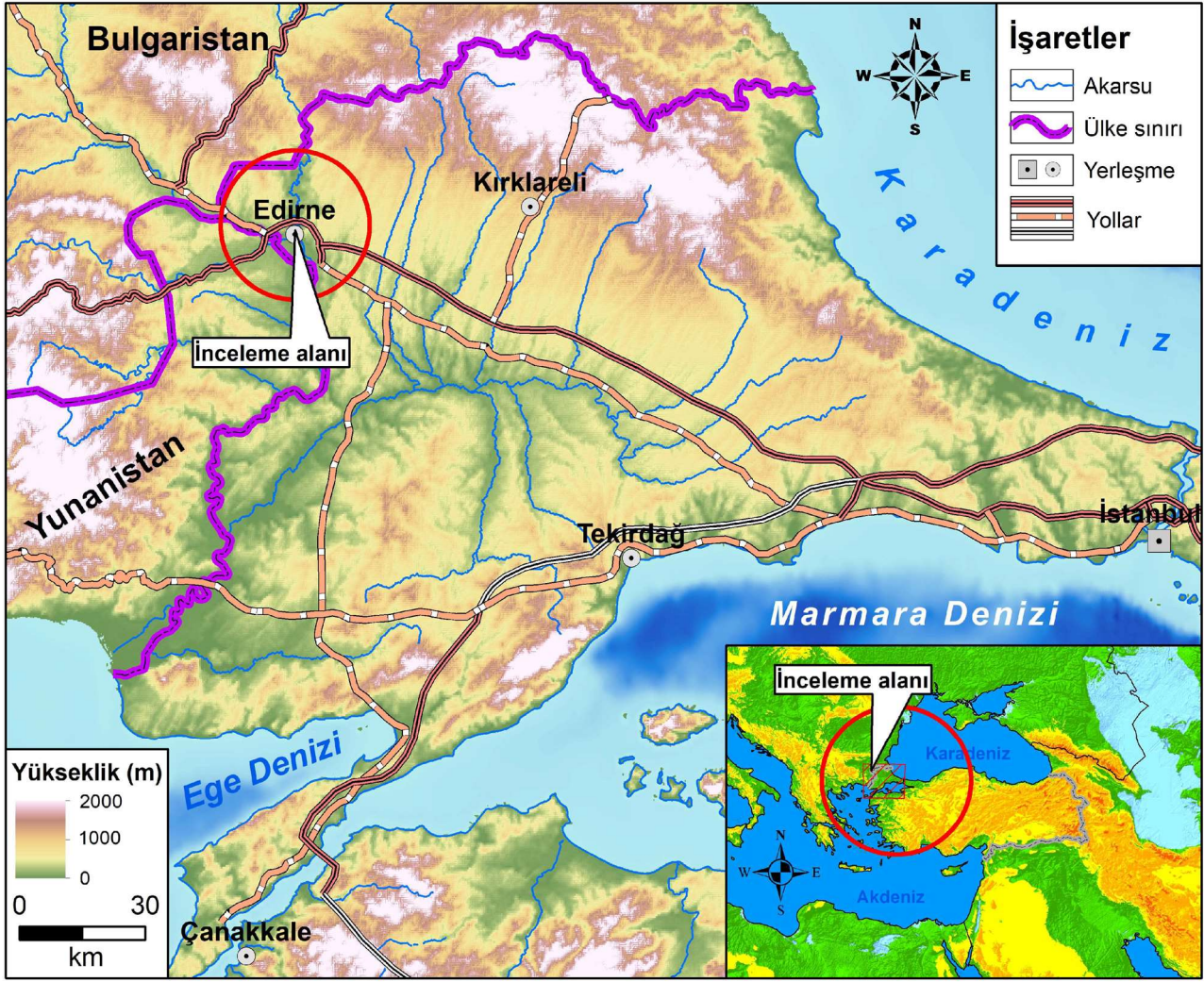
İnceleme alanı, Türkiye'nin Trakya Yarımadası'nda kalan Edirne şehridir (Şekil 1). Meriç, Tunca ve Arda nehirlerinin birleşim noktasına yakın bir coğrafi konuma sahip olan şehir, Tunca ve Meriç nehirlerinin birleşmesinden önce yapmış olduğu menderes büklümünün iç kısmındaki hafif eğimli yamaçlarda yayılışı göstermektedir (Uludağ, 2018).

Asya ve Avrupa arasındaki bağlantı yolları üzerinde bulunan Edirne şehri, iskân tarihi boyunca kritik önemini devamlı korumuştur (Tuncel, 2015). Edirne şehrinin zamansal süreçte gösterdiği mekânsal ve demografik değişiklikler tarihsel olaylarla yakından ilgilidir (Gökbilgin, 1946; Özdeş, 1951; Tolun Denker, 1974-1977, Darkot, 1993). Zira, Roma döneminde şehir statüsü kazanan ve eyalet merkezi görevi gören (Gökbilgin, 1994) Edirne şehri, İstanbul'un fethinden önce (1361) Osmanlı İmparatorluğunun resmi başkenti olurken, fetihten sonra gayri resmi yazlık başkent özelliği kazanmıştır (Uludağ, 2018). Buna göre ilk şehir çekirdeği Kaleiçi olan Edirne

şehri, 14. yy'dan itibaren belirgin bir şekilde büyümeye başlamış ve bu büyüme 17. yy'a kadar devam etmiştir. Ancak 18. yy'dan itibaren meydana gelen yangın, savaş ve istilalar sebebiyle şehrin büyüme süreci duraklamıştır. Şehirselleşimin miktarında da benzer değişimlerin izlendiği Edirne şehrinde 17. yy'da 30.000-40.000'e yaklaşan şehir nüfusu, 1927 yılındaki nüfus sayımına kadar sürekli değişiklik göstermiştir. Bu tarihten sonra daha düzenli bir nüfus yapısına sahip olan şehirselleşimin alanı, 2. Dünya savaşının etkisiyle sadece 1945 yılındaki nüfus sayımında azalma gösterirken diğer bütün sayım dönemlerinde artış yönünde bir büyüme eğilimine sahip olmuştur (Uludağ, 2018).

2.2. Yöntem

Bu çalışmada en ideal harita karşılaştırma tekniklerinden biri olarak kabul edilen CBS destekli mekânsal analiz yöntemi kullanılmıştır. Kategorik haritaların karşılaştırılmasında sıklıkla yararlanılan bu yaklaşım, haritalar arasındaki kategorik farklılıkların belirlenmesi ve mekânsal parametrelerle ilişkilendirilmesi



Şekil 1: İnceleme alanının lokasyon haritası / Figure 1: Location map of study area.

esasına dayanmaktadır (Smith ve Dragičević, 2022). Böylece farklı zamanlara ait haritalardaki mekânsal değişiklikler tespit edilebildiği gibi bu değişikliklerin doğasının anlaşılması, süreçlerin değerlendirilmesi veya kararların ve önlemlerin alınabilmesi sağlanabilmektedir (Hagen-Zanker, 2006). Bu bakımdan yöntem aşaması, verilerinin coğrafi bir perspektiften tanımlanması ve değerlendirilmesi, zamansal ve mekânsal ilişkilerin belirlenmesi ve ölçülmesine yönelik aşamalar doğrutusunda uygunlanmıştır.

Çalışma verileri, konu ve alan bakımından ilgili literatürden toplanan tarihi ve güncel haritalardan elde edilmiştir (Tablo 1). Çalışmada kullanılan temel altlık veriler, 1:25.000 ölçekli topografya haritalarından üretilmiştir. Bu haritalardan faydalanılarak hem inceleme alanının genel coğrafi özellikleri haritalandırılmış hem de jeomorfoloji haritası

oluşturulmuştur. Jeomorfoloji haritası Cürebal ve Özşahin (2022) tarafından bildirilen usule göre çizilmiştir. Ayrıca inceleme alanındaki jeomorfolojik özelliklerinin şekillenmesinde belirleyici bir rol oynayan akarsu taraçalarının kontrolü için, Edirne Belediyesi'nden tedarik edilen sondaj verilerinden de yararlanılmıştır. Ofis çalışmasıyla sağlanan veriler gerek ilgili literatürle kıyaslanmış gerekse saha çalışmalarıyla gözlemlenerek kontrol edilmiştir. Edirne şehrinin tarihi gelişimi farklı kaynaklardan temin edilen değişik dönemlere ait şehir planlarıyla ortaya konmuştur. Bunun için farklı zaman ve ölçeklerdeki şehir planları genel hatlarıyla CBS tabanlı kentsel ölçekleme analizi (Bettencourt vd., 2020) ile temel çalışma ölçeğine (1:25.000) göre ayarlanıp, sabitlenmiştir. Böylece aynı ölçek düzeyinde şehirselsel yayılmanın zamansal süreçteki değişimi tespit edilmiştir.

Tablo 1: Kullanılan verilerin özellikleri / **Table 1:** Features of the data used.

Veri	Ölçek	Tarih	Kaynak	Üretilen Veri
Edirne kent planının tarihi gelişimi	1:500	2. yy	Özdeş, 1951	2. yy şehir planı
		14. yy		14. yy şehir planı
		15. yy		15. yy şehir planı
		17. yy		17. yy şehir planı
		19. yy		19. yy şehir planı
Topoğrafya Haritası	1:25.000	1911	BOA, 1911	20. yy şehir planı
		2015	HGM, 2015	Altlık veriler
Arazi Kullanım Haritası	1:25.000	2020	Kontgis, 2021	Güncel şehir planı Jeomorfoloji haritası
Burgaz-A3, Edirne-B2 ve B3 Paftaları Jeoloji Haritası	1:100.000	1998	MTA, 1998	Jeoloji haritası
Edirne – Kırklareli 1/250.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası	1:250.000	2002	MTA, 2002	

3. BULGULAR

Şehirsel büyümenin zamansal ve mekânsal analizinin yapılmasının ve bu analizin jeomorfolojik birimlerle ilişkilendirilmesinin oldukça önemli olduğu bildirmiştir (Subasinghe vd., 2016). Bu önemli bildirim, tarihsel bakımından köklü bir geçmişe sahip olan şehirsel alanlar bakımından son derece gereklidir. Böylece şehirsel gelişimin mekânsal yansımalarının anlaşılmasına yönelik verilerin elde edilmesi mümkün olmaktadır. Ortaya çıkan veriler, şehirlerin geçmiş, güncel ve gelecek perspektiften sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesinin ve planlanmasının önünü açacaktır. Dolayısıyla Edirne şehri örneğinde yürütülmüş bu çalışmada öncelikle inceleme alanındaki jeomorfolojik birimlerin oluşum ve gelişimini etkileyen jeolojik ve jeomorfolojik özellikler ve daha sonra da şehirsel alanın zamansal süreçte jeomorfolojik birimlerle ilişkisi ele alınmıştır.

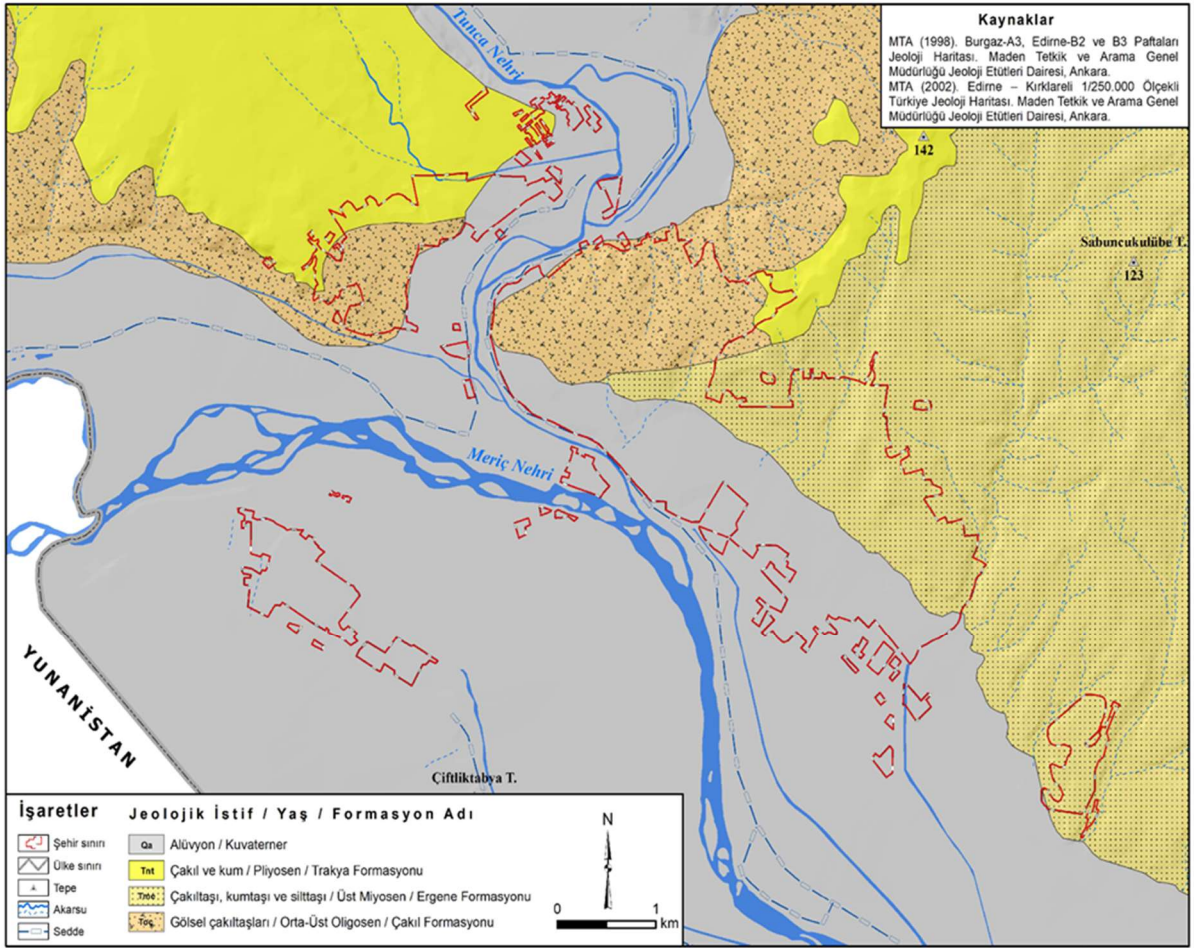
3.1. Jeomorfolojik Birimlerin Oluşum ve Gelişimini Etkileyen Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler

İnceleme alanının jeomorfolojik özelliklerinin anlaşılması ve buna göre jeomorfolojik birimlerin belirlenmesi jeolojik özelliklerle yakından ilişkilidir. Temel arazinin Tersiyer yaşlı formasyonlardan oluştuğu inceleme alanında Orta-Üst Oligosen gölgesel çakıltaşları (Çakıl Formasyonu) en yaşlı jeolojik birime karşılık gelmektedir (Şekil 2). Bu birimin üzerinde uyumsuz olarak Üst Miyosen'e ait çakıltaşı, kumtaşı ve siltaşı litolojilerinden oluşan (Ergene Formasyonu) istif çökelmiştir (Şekil 2).

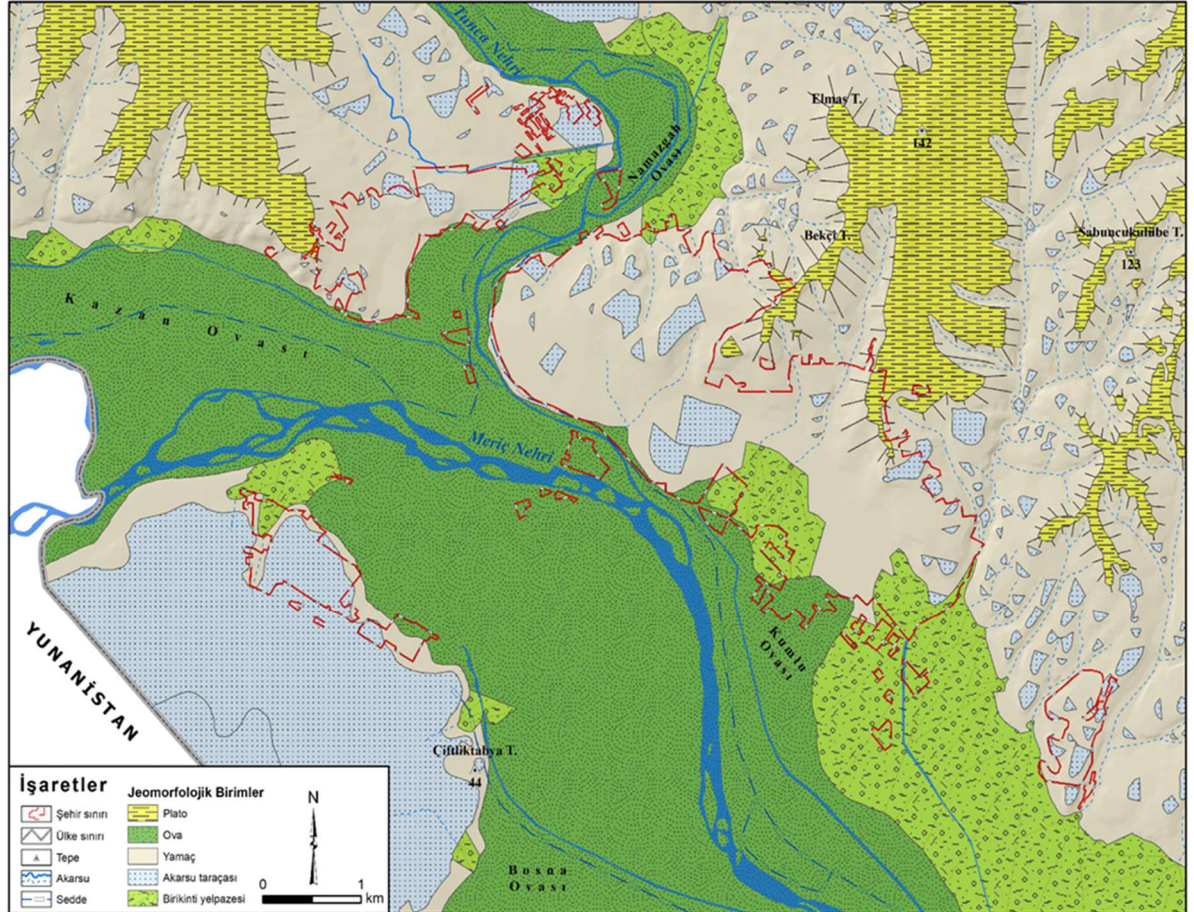
Menderesli akarsu sedimentleri şeklinde birikmiş bu birim, Pliyosen'e ait alüvyal yelpaze çökelleriyle temsil edilen çakıl ve kum litolojileri (Trakya Formasyonu) ile uyumsuz olarak örtülmüştür (Şekil 2). İnceleme alanı ve yakın çevresindeki en genç birimler ise Kuvaterner'e ait alüvyal çökellerdir (MTA, 1998; 2002).

İnceleme alanı jeomorfolojik olarak flüvyal süreçlerinin kontrolü altında meydana gelmiş coğrafi bir çevrede bulunmaktadır. Dolayısıyla inceleme alanında ağırlıklı olarak akarsular vasıtasıyla meydana gelmiş jeomorfolojik birimler yayılış göstermektedir. Plato ve ova şeklinde ana yerçekillerinin yayılış gösterdiği inceleme alanında akarsu taraçaları ve birikinti yelpazeleri şeklinde elemanter yerçekilleri de izlenmektedir.

İnceleme alanındaki platolar, Pliyosen (DIII) aşınım ve birikim yüzeyi şeklinde gelişmiş yerçekli sistemlerine karşılık gelmektedir (Şekil 3). Pliyosen'in subtropikal yağışlı morfoiklimatik iklim koşulları altında meydana gelmiş bu yüzeyler (Erol, 1981; 1983), akarsular tarafından yarılmış dalgalı düzlükler şeklinde gözlemlendikleri için "Trakya alçak platoluk alanları" olarak kabul edilmektedir (Altın, 2000). İnceleme alanında 100 m'nin üzerinde izlenen platolar, Ergene Formasyonu (Tme) olarak tanımlanan (MTA, 1998) Üst Miyosen (DII) aşınım yüzeylerinin korelan tortullarıyla yaşıt depoların yayılış alanlarında aşınım, Trakya Formasyonu (Tnt) olarak isimlendirilen (MTA, 1998) Pliyosen (DIII) aşınım yüzeylerinin korelan depoları üzerinde ise birikim yüzeyleri



Şekil 2: İnceleme alanının jeoloji haritası / Figure 2: Geology map of study area.

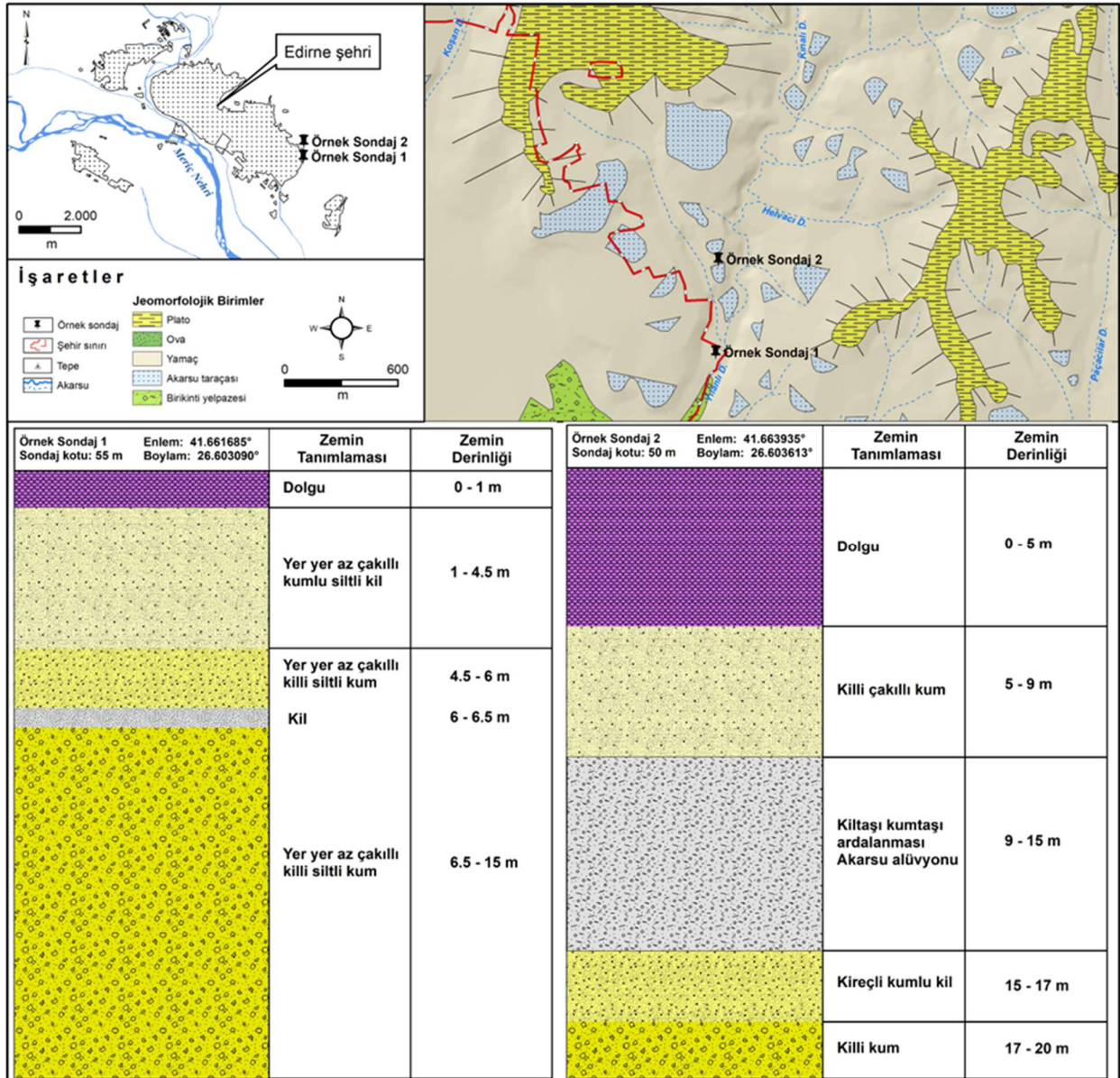


Şekil 3: İnceleme alanının jeomorfoloji haritası / Figure 3: Geomorphology map of study area.

şeklinde gelişmiş bir karakterdedir (şekil 3).

İnceleme alanındaki Meriç ve Tunca nehirlerinin vadi tabanları ova karakteri taşıyan yüzey şekilleridir. Edirne şehrinin Tunca Nehrine doğru olan kuzey kesimi Namazgah Ovası, Yunanistan-Türkiye sınırından Meriç Nehri'nin Tunca Nehriyle birleştiği noktaya kadar olan vadi tabanı Kazan Ovası, bu noktadan sonraki vadi tabanının da akarsuyun akış istikametindeki sol kesimi Kumlu Ova, sağ kesimi ise Bosna Ovası şeklinde isimlendirilmektedir (BOA, 1866; HGM, 2015). İnceleme alanındaki ovaların yükselti seviyesi kuzeyden güneye doğru düşmektedir. Buna göre Namazgah Ovası civarında 35 m olan vadi tabanı, Bosna Ovasına doğru 32.5 m'ye kadar alçalmaktadır.

İnceleme alanındaki en önemli elemanter yerşekilleri akarsu taraçaları ve birikinti yelpazeleridir (şekil 3). Vadi tabanından itibaren farklı yükseltilerde yer alan akarsu taraçaları inceleme alanında alçak (0-50 m) ve yüksek (50-100 m) seviyelerde gruplandırılmıştır (Altın, 2000). Bu taraçalar genellikle değişen taban seviyesine göre akarsuların geriye aşındırmayla birlikte sokuldukları yüzeyler içinde oluşturdukları taraçalar şeklinde gelişmiştir (Altın, 2000). Ancak inceleme alanındaki saha çalışmaları sırasında belirlenen bazı lokasyonlara ait örnek sondaj loglarından ilgili yükselti seviyelerindeki birtakım jeomorfolojik birimlerin akarsu taraçasından ziyade aşınım yüzeylerine ait parçalar olduğu saptanmıştır (şekil 4; 5).



şekil 4: İnceleme alanında yeni şehirsel yayılma alanındaki örnek sondaj verileri / **Figure 4:** Sample drilling data in the new urban sprawl area in the study area.



Şekil 5: a) İnceleme alanında yeni şehrinsel yayılma alanında izlenen görsel çökeller, **b)** Bu çökellerin yakından görünümü / **Figure 5: a)** Lacustrine sediments observed in new urban sprawl area in the study area, **b)** A close-up view of these sediments.

Bu sebeple literatürde belirtilen bu yüzeylerin tamamının akarsu taraçası olmadığı, taşkın ovasına yakın olanların taraça, sel karakterli akarsular tarafından yarılan yüzeylerin de aşınım yüzeyi parçaları olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında çizilmiş jeomorfoloji haritasında, literatüre dayanarak taraça olarak tanımlanan alanların, sondaj verilerine ve saha çalışmasına dayalı ileride yapılacak daha ayrıntılı bir çalışmayla incelenmesine ihtiyaç vardır.

İnceleme alanındaki plato sahasından kaynağını alan akarsuların vadi tabanına ulaştığı kesimlerde eğim değerlerinin aniden azalmasına bağlı olarak birikinti yelpazeleri gelişmiştir (Şekil 3). Genellikle mevsimlik akarsular tarafından oluşturulan ve basık bir forma sahip olan bu yerşekilleri, Namazgah Ovası ve Kumlu Ova çevresinde birleşerek piedmont kuşağı meydana getirmişlerdir (Şekil 3).

3.2. Zamansal ve Mekânsal Değişimlerin Jeomorfolojik Birimlerle İlişkisi

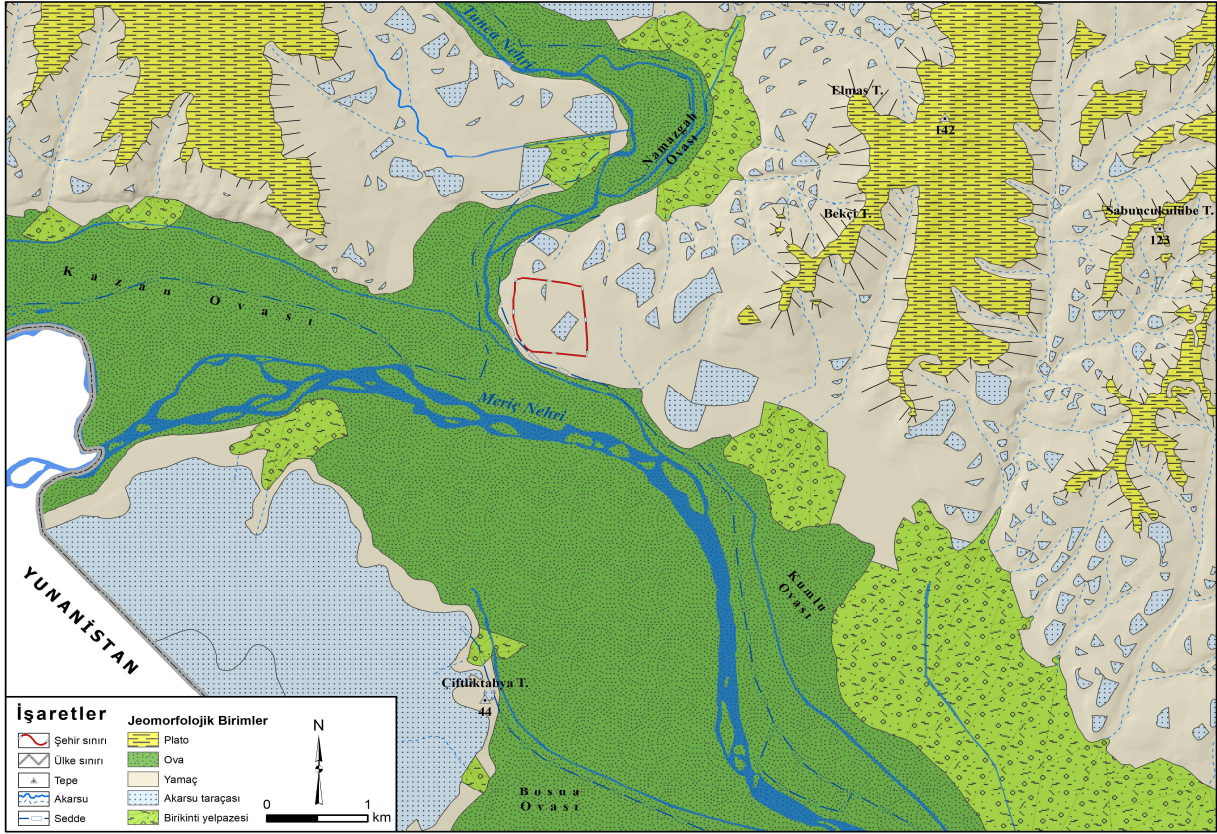
Edirne şehri, ilk olarak Meriç'in Tunca ile birleştiği yerde göçlerle yöreye gelen Trak kavimlerinden Odrysler tarafından kurulmuştur (Erdoğan ve Kuter, 2010). Çardakaltı prehistorik yerleşmesi olarak tanımlanan bu sahada yerleşimin temeli, MÖ 4-3. yy'lara (Geç Kalkolitik – Erken Tunç Çağı) kadar dayanmaktadır (Tabak, 2018). Küçük bir kent veya pazar yeri şeklinde olan bu yerleşim çekirdeği, zamanla Makedonyalılar ve Romalılar

tarafından genişletilmiştir. Özellikle 2. yy'da Roma İmparatoru Hadrianus (MS 117-138) tarafından tekrar kurulan ve yeniden inşaa edilen yerleşim çekirdeği (Karakaya Aytin vd., 2016), tarihinde ilk kez şehir statüsüne yükselmiştir (Tabak, 2018). İlk kurulduğunda "Uscudama", "Odrysia" ya da "Orestias" adıyla bilinen şehir, ikinci kez kurulduğunda "Hadrianopolis" adını almıştır (Sannav, 2019). Kuruluş döneminde 51.8 ha alan kaplayan şehrinsel alanın daha çok yamaç araziler (%91.43) ve az da olsa (%8.57) akarsu taraçaları üzerinde yayılış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 6; Tablo 2).

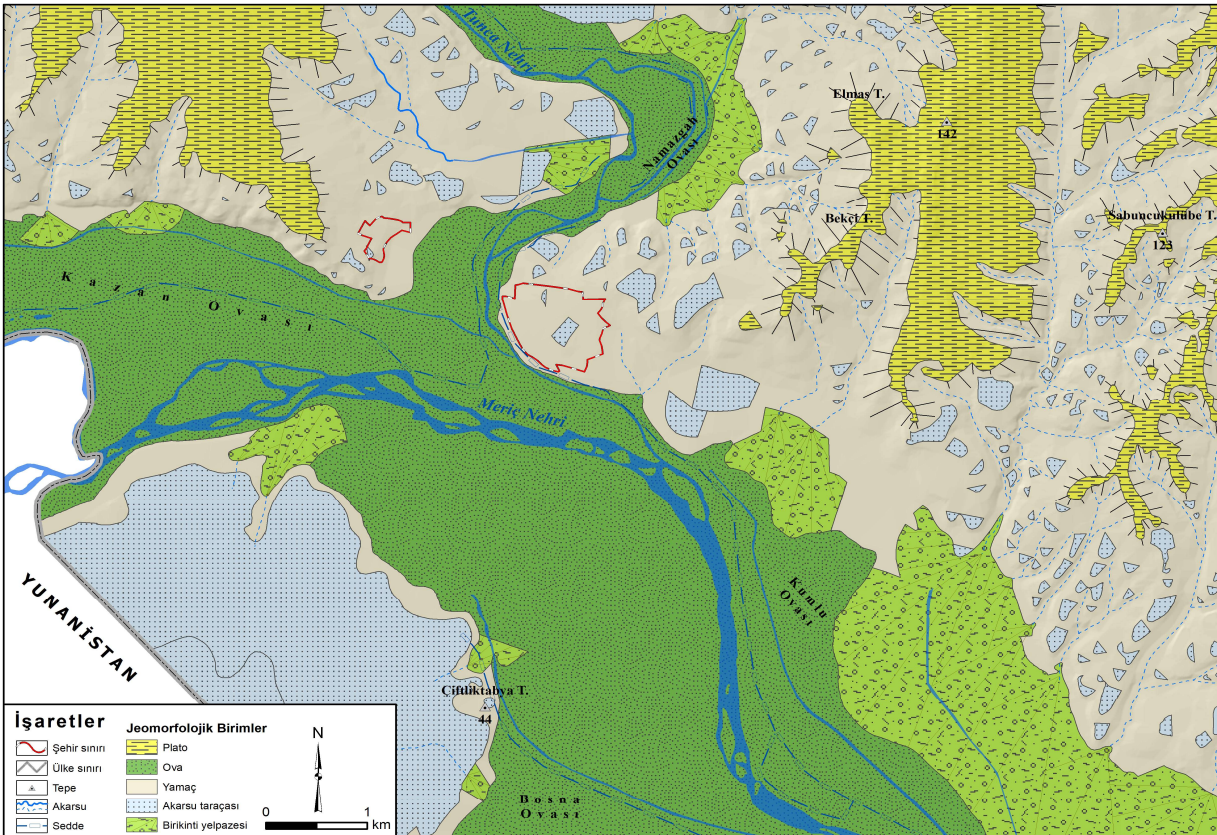
MS 2. ve 3. yy'larda ekonomik açıdan altın dönemini yaşayan şehir, kısa bir süre Bulgarlar ve sonrasında ise Doğu Roma İmparatorluğunun hakimiyeti altında kalmıştır (Erdoğan ve Kuter, 2010). Zamanla mekânsal olarak büyüyen şehir, 12. yy'da Avrupa'nın en büyük ve en önemli beşinci şehri kabul edilmiştir (Sannav, 2019). I. Murat döneminde Türkler tarafından alınan (1361) Edirne şehri, İstanbul'un fethine kadar (92 yıl boyunca) Osmanlı Devletine başkentlik yapmıştır. Bu süreçte gerek mekânsal dağılım gerekse mimari açıdan eşik şehri karakteriyle klasik Osmanlı şehri kimliği kazanan (Aliağaoğlu ve Uğur, 2010) Edirne şehri, yamaç arazilerdeki ilerlemesini sürdürmüştür. Dolayısıyla 14. yy'da hem nüfus (10.000 kişi) hem de alan (80.54 ha) olarak büyüme gösteren şehir, Tunca Nehri'nin batı yakasına da yayılmıştır. Böylece akarsu vadisinin hem doğu

hem de batı yakasına genişleyen şehir, ağırlıklı olarak yamaçlar (%93.93) ve akarsu taraçaları

(%6.07) üzerinde yayılışına devam etmiştir (Tablo 2; Şekil 7).



Şekil 6: İnceleme alanındaki şehirselle yayılmanın jeomorfolojik birimlerle ilişkisi (2. yüzyıl) / Figure 6: The relationship of urban sprawl in the study area with geomorphological units (2nd century).



Şekil 7: İnceleme alanındaki şehirselle yayılmanın jeomorfolojik birimlerle ilişkisi (14. yüzyıl) / Figure 7: The relationship of urban sprawl in the study area with geomorphological units (14th century).

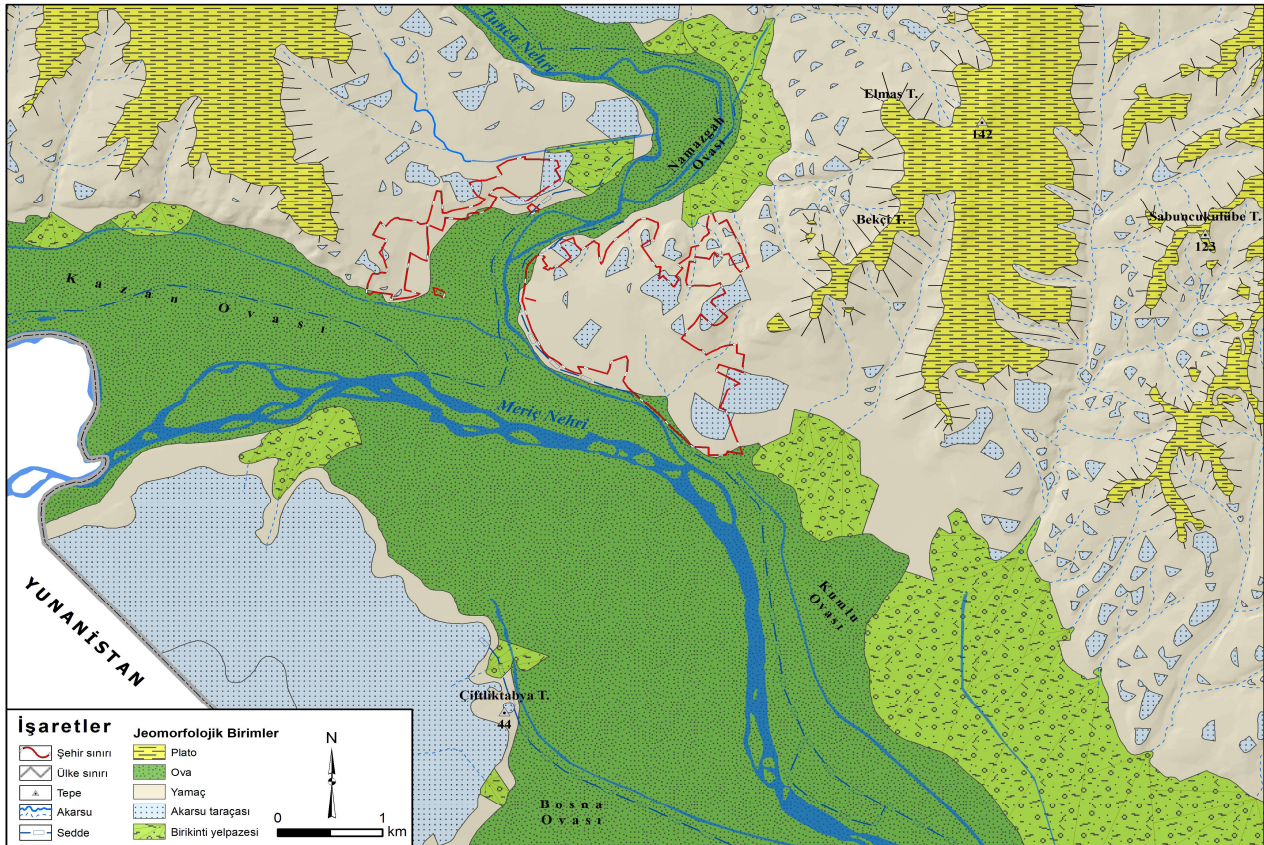
Tablo 2: Bazı önemli tarihi dönemlerde inceleme alanındaki şehirselleşmenin jeomorfolojik birimlerle ilişkisi
Table 2: The relationship of urban sprawl in the study area with geomorphological units in some important historical periods.

Dönemler	Plato	Ova	Yamaç	Taraça	Birikinti Yelpazesi
2. yy	-	-	91.43	8.57	-
14. yy	-	-	93.93	6.07	-
15. yy	-	2.55	83.15	14.30	-
17. yy	0.01	5.22	74.35	20.13	0.30
20. yy	0.08	6.12	66.90	15.52	11.38
21. yy (2021)	1.03	5.87	67.88	14.59	10.63

İstanbul fethedilmeden önce göç ve sürgün yoluyla en çok nüfus çeken bölgelerden birine karşılık gelen Edirne şehri, fetih sonrası İstanbul'a iskân için büyük miktarda Türk nüfusu gönderen merkezlerden birisi olmuştur (Doğan ve Olğaç, 2020). İstanbul'un başkent olmasıyla birlikte Edirne şehrinin idari statüsü değişmiş ve "Paşa Sancağı" adıyla Rumeli Beylerbeyliği'ne bağlı bir vilayet merkezine dönüşmüştür (Sannav, 2019). 15. yy'da gerek nüfus (15.000 kişi) gerekse alan (343.51 ha) olarak büyümesini sürdüren şehir, mevcut alanının kuzeydoğu ve güneydoğu yönlerine doğru bir gelişim

göstermiştir. Bu dönemde Tunca Nehri vadisinin hem doğu hem de batı yakasına yayılan şehir, tarihinde ilk kez ova tabanına kadar genişlemiştir. Ayrıca bu dönemde daha önceki döneme kıyasla şehirselleşmenin yamaç araziler üzerindeki gelişimi oransal olarak devam etmesine karşın, akarsu taraçaları üzerindeki yayılımı artmıştır (Tablo 2; Şekil 8).

Edirne şehri 16. yy'nın ilk çeyreğinde (1528) 20.000'i aşan nüfusa sahiptir. Aynı yüzyılın son çeyreğinde (1570) ise 30.000'e çıkan nüfus miktarının 17. ve 18. yy'larda 30.000-40.000 kişi

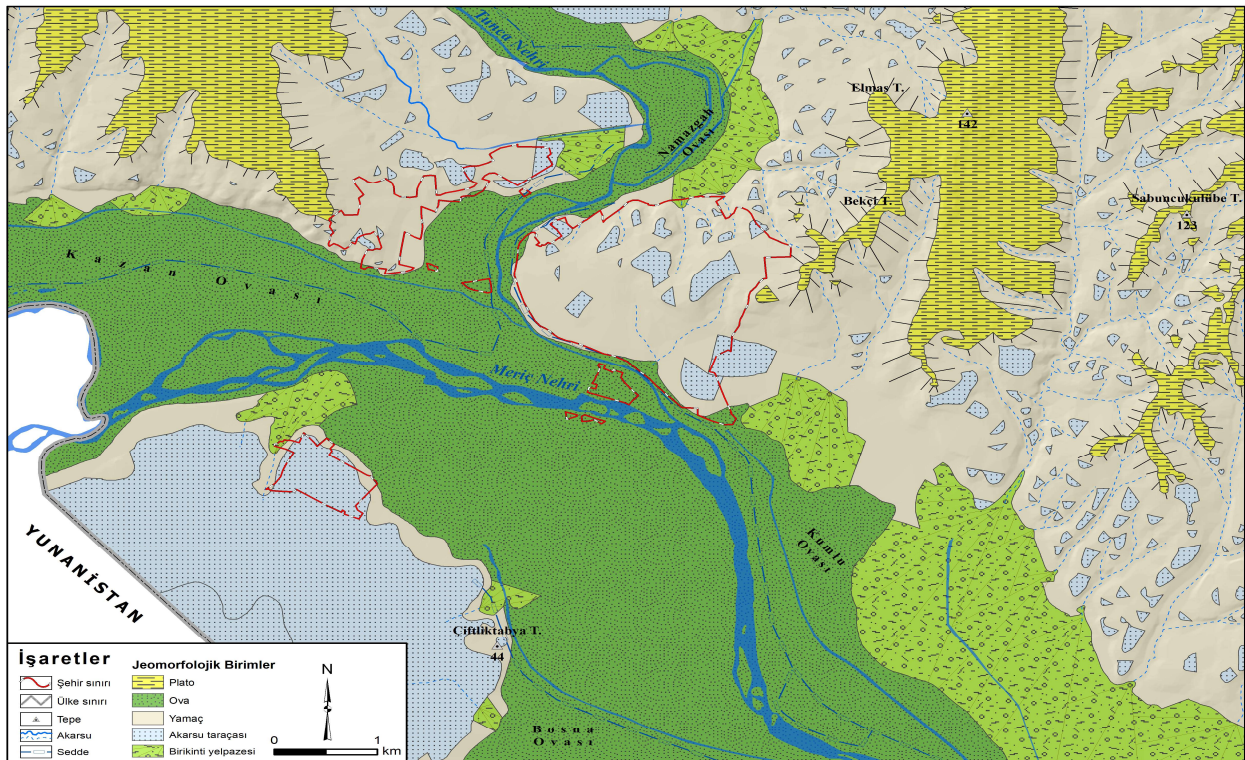


Şekil 8: İnceleme alanındaki şehirselleşmenin jeomorfolojik birimlerle ilişkisi (15. yüzyıl) / **Figure 8:** The relationship of urban sprawl in the study area with geomorphological units (15th century).

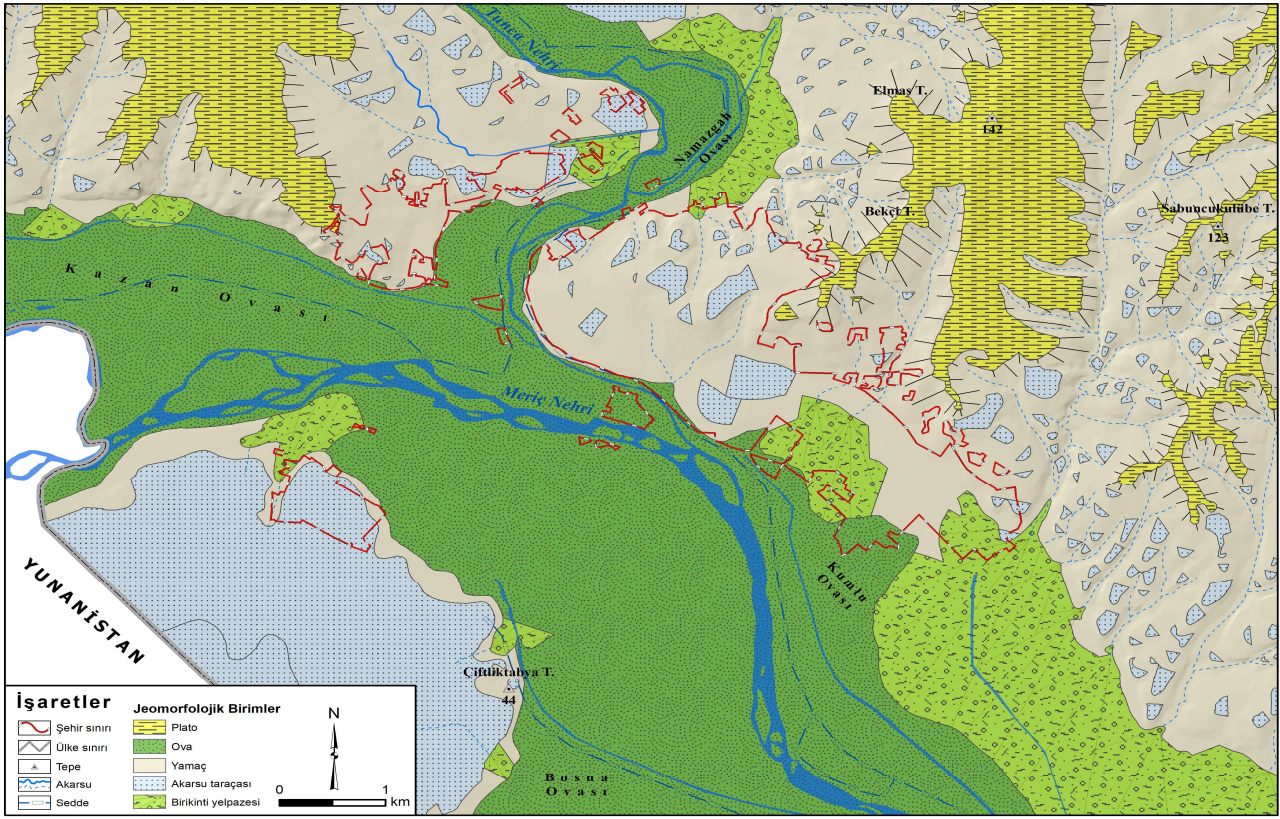
civarında olduğu tahmin edilmektedir (Uludağ, 2018). Bynce Şehirsel nüfus miktarında 16.-18. yy arasında görülen değişimin Şehirsel yayılmada etkili bir rol oynadığı anlaşılmaktadır. Zira 17. yy'da Şehirsel alanın geçmiş dönemlere kıyasla biraz daha büyüme gösterdiği bilinmektedir (zdeş, 1951). Dolayısıyla 17. yy'da inceleme alanındaki bütün jeomorfolojik birimler üzerine ulaşan Şehirsel alanın sınırı, yamaç araziler dışındaki diğer bütün yerşekilleri üzerinde istikrarlı bir yayılma göstermiştir (Tablo 2; Şekil 9).

Edirne Şehri, 18 yy'da yangın (1746) ve deprem (1752), 19. yy'da istila (1829 Rus istilası), saldırı (1877-1878 Rus Harbi) ve salgın (1832), 20. yy'ın başında ise işgaller (Balkan Savaşı sonrası Bulgarlar ve 1. Dünya Savaşı sonrası Yunanlılar tarafından) yaşamıştır. Özellikle 19. yy'ın ikinci yarısından sonra Edirne Şehrinde planlı bir kadastro çalışması yapılmasıyla birlikte bazı mahallelerde imar değişikliği gerçekleşmiştir (Erdoğan ve Kuter, 2010). 20. yy'ın ilk çeyreğinde (Cumhuriyet Dönemi) il merkezine dönüşen Edirne, aynı zamanda bir sınır Şehri fonksiyonu da kazanmıştır. Dolayısıyla Edirne Şehrinin gerek 18. yy'dan itibaren ortaya çıkan çeşitli olumsuzlukların etkisinde kalması gerekse 20. yy'ın başında sınır Şehri olması, hem

alan hem de nüfus bakımından Şehirsel yayılmanın büyüme hızını önemli lde yavaşlatmıştır (Gökbilgin, 1994; Uludağ, 2018). Ayrıca 20. yy'ın ilk yarısında (1926) Yunanistan'la yapılan anlaşma gereği her iki ülke tarafından akarsu taşkınlarını önlemek ve akarsu yatak değişimlerini engellemek amacıyla çeşitli seddelerin yapılmasına karar verilmiştir (Malkaralı vd., 2008). Bu karar doğrultusunda yapılan seddeler (Tunca sol sahil seddesi, Edirne ana seddesi, Kazanova I ve II seddeleri ve Karaağaç seddeleri) inceleme alanındaki Şehirsel yayılmayı doğrudan etkilemiştir (Uludağ, 2018). Ancak 20. yy'ın ikinci yarısında nüfus artışı ve fonksiyonel yönden gelişmeye başlayan Edirne Şehri, aktüel Şehirsel büyüme hızına erişmiştir (Doğan ve Olđaç, 2020). Bu hızlı kentleşme süreciyle beraber Şehirsel yayılma geçmiş dönemlerden daha fazla ovalık alanlara doğru yayılmaya başlamıştır (Uludağ, 2018). Bynce 20. yy'da Şehrin sınırları vadi tabanına yakın kesimlerdeki ova (%6.12) ve birikinti yelpazeleri (%11.38) zerinde oldukça ciddi bir büyüme göstermiştir. Buna karşın oldukça sınırlı bir yayılmanın görüldüğü plato dışındaki bütün jeomorfolojik birimlerde (yamaç ve akarsu taraçası) geçmiş döneme kıyasla oransal değişim azalarak gerçekleşmiştir (Tablo 2; Şekil 10).



Şekil 9: İnceleme alanındaki Şehirsel yayılmanın jeomorfolojik birimlerle ilişkisi (17. yüzyıl) / **Figure 9:** The relationship of urban sprawl in the study area with geomorphological units (17th century).



Şekil 10: İnceleme alanındaki şehirselle yayılmanın jeomorfolojik birimlerle ilişkisi (20. yüzyıl) / **Figure 10:** The relationship of urban sprawl in the study area with geomorphological units (20th century).

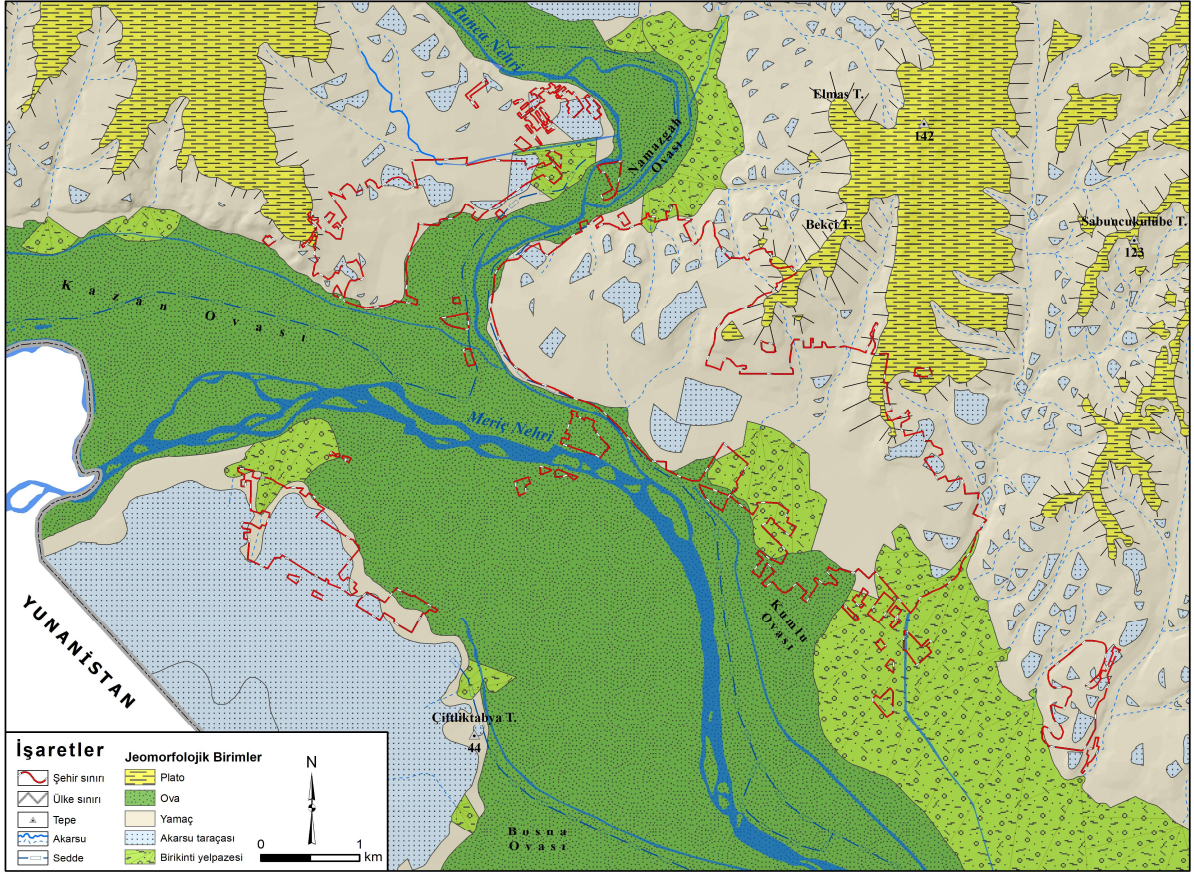
Günümüzde (21. yy - 2021) Edirne şehrinin alansal büyümesi artarak devam etmektedir. Daha çok şehrin doğu yönündeki Edirne-İstanbul karayolunun çevresinde gerçekleşen bu artış, Edirne şehrinin son yüzyılda yaklaşık 3 kat büyümesiyle sonuçlanmıştır (Uludağ, 2018). Dolayısıyla günümüze yakın dönemde ulaşım faaliyetleriyle ilişkili ciddi bir büyümenin

yaşandığı şehirde, doğu istikametindeki plato (%1.03) ve yamaç (%67.88) araziler yerleşim alanı olarak daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır (Tablo 2; Şekil 9). Buna karşın ova, akarsu taraçası ve alüvyal yelpaze şeklindeki jeomorfolojik birimlerin yerleşim alanı olarak kullanımı nispeten azalmıştır (Tablo 2; Şekil 11).

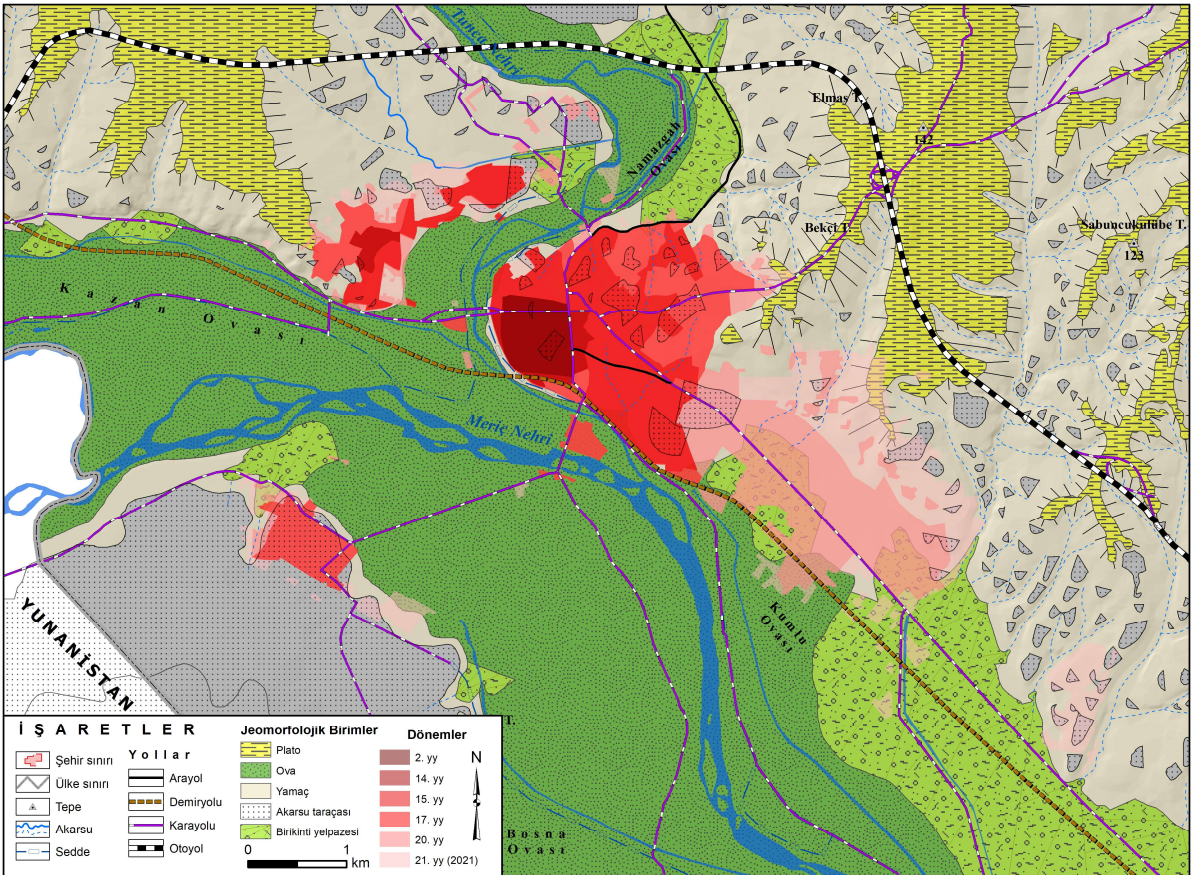
3. TARTIŞMA

Yerleşim tarihinin başlangıcından beri bölgesel ticaret yolları üzerindeki konumu nedeniyle açık pazar niteliğinde bir ticari öneme sahip olan Edirne şehrinin yayılımı genel olarak üç farklı evrede meydana gelmiştir. İlk evre olarak tanımlanan Osmanlı Devleti öncesindeki dönemde şehirselle yayılma bağ alanlarıyla çevrelenmiş kaleiçi yerleşim alanı ve kaledışı yerleşim birimlerinden oluşan iki merkezli (ticaret merkezi olan Agora Meydanı ve Tekfur Sarayı'nın olduğu yönetim merkezi) bir yapıya sahiptir (Demircan, 2020). Asıl yayılmanın görüldüğü ikinci evre Osmanlı Devleti dönemidir (Gökbilgin, 1994). Edirne şehrinin

imar ve ihya edildiği bu dönemde, şehirselle yayılma ilk evreye göre oldukça hızlı bir şekilde olmuştur. 19. yy'dan sonra büyümesi önemli ölçüde zayıflayan Edirne şehri, Cumhuriyetin ilanından sonra da üçüncü bir yayılım evresine girmiştir (Olğaç ve Doğan, 2020). Yaklaşık yüzyıldan beri devam eden ve bir huzur devresine karşılık gelen bu dönemde, şehirselle yayılma tarihindeki en üst seviyesinde gerçekleşmiştir (Uludağ, 2018). Dolayısıyla Edirne şehrinde kuruluşundan günümüze kadar hem alan hem de nüfus büyümesi yönünde bir değişim izlenmiştir (Tablo 3; Şekil 12).



Şekil 11: İnceleme alanındaki şehirsel yayılmanın jeomorfolojik birimlerle ilişkisi (21. yy) / **Figure 11:** The relationship of urban sprawl in the study area with geomorphological units (21st century).



Şekil 12: Bazı önemli tarihi dönemlerde inceleme alanındaki şehirsel yayılmanın jeomorfolojik birimlerle ilişkisi. **Figure 12:** The relationship of urban sprawl in the study area with geomorphological units in some important historical periods.

Tablo 3: Bazı önemli tarihi dönemlerde inceleme alanındaki şehirselle yayılmanın jeomorfolojik birimlerle ilişkisi
Table 3: The relationship of urban sprawl in the study area with geomorphological units in some important historical periods.

Dönem	Alan (ha)	Kaynak	Nüfus (kişi)	Kaynak
2. yy	51.8	Özdeş, 1951	-	-
14. yy	80.54		10.000	Gökbilgin, 1946; Diktaş, 2008; Uludağ, 2018
15. yy	343.51		15.000	
17. yy	560.14		30.000	
20. yy	928.58	BOA, 1911	87.000	
21. yy (2021)	1274.02	HGM, 2015; Kontgis, 2021	174.662	TUİK, 2022

Edirne şehrinde zamansal süreçte yaşanan nüfus artışına bağılı olarak meydana gelen mekânsal değişimler 20. yy'ın ilk yarısına kadar duraylı yamaçlar ve olgun akarsu taraçalarında gerçekleşmiştir. Jeomorfolojik birimlerin asli karakterine uygun olan bu kullanım süreci, hızlı nüfus artışının yaşandığı ve plansız bir büyümenin hakim olduğu 20. yy'ın ikinci yarısından itibaren uygunsuz bir evreye yönelmiştir. Böylece şehirselle yayılma birinci sınıf tarım alanları olarak değerlendirilmesi gereken ovalar ve birikinti yelpazelerinde devam etmiştir. Ancak bu durum zemin özelliklerinin sebep olduğu sivilaşma (Uludağ, 2018) ve jeomorfolojik özelliklerden kaynaklanan taşkın (Batur, 2011; Batur ve Maktav, 2012; Turoğlu ve Uludağ, 2013; 2015; Akkaya, 2016; Topgöl, 2019; Erkal ve Topgöl, 2020) risklerini ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte günümüze yakın dönemde Edirne şehrindeki mekânsal büyüme tarihte ilk defa 100 m'nin üzerindeki alanlar ve yüksek eğimli sahalara yöneldiği için mevcut risklere bağılı problemler azalmaya başlamıştır (Uludağ, 2018). Diğer yandan yakın gelecekte Edirne şehrinin doğu ve kuzeydoğusundaki plato ve yamaç arazilere doğru kayması olasıdır. Bu durum yerleşime uygunluk bakımından nispeten olumlu bir gelişmedir. Zira plato alanları ve duraylı yamaçlar sivilaşma ve taşkın tehlikeleri bakımından daha az riskli mekânlardır. Ancak plato sahasını drene eden akarsu vadilerinin de ani sellere karşı duyarlı alanlar olduğu bildirilmiştir (Uludağ, 2018). Dolayısıyla inceleme alanındaki plato sahaslarındaki akarsu vadileri doğal peyzajı bozulmadan rekreasyon amaçlı kullanımlar için düzenlenmelidir. Böylece akarsu vadilerinin doğal yapısı korunduğu gibi alternatif bir

rekreasyon alanı da elde edilebilir (Zengin vd., 2021).

Türkiye'nin tarihi kimliğini oluşturan şehirlerden biri olan Edirne şehrinin gelecek planlamasının muntazam yapılması için karar vericilerin doğanın kurallarına uyması en temel kuraldır (Uludağ, 2018). Ayrıca imara açılacak alanların yer seçiminde küresel iklim değişikliği ve bunun yerel etkilerinin göz ardı edilmemesi de diğer önemli bir husustur (Turoğlu ve Uludağ, 2015). Böylece geleceğe yerleşim yeri ve altyapı şartları bakımından daha sağlıklı bir şekilde hazırlanan Edirne şehri, daha yaşanabilir bir çevrede planlanan hedeflerine doğru, emin adımlarla ilerleyebilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Edirne şehrinin zamansal ve mekânsal değişiminin jeomorfolojik birimlerle güçlü bir ilişkiliye sahip olduğunu belirlenmiştir. Roma döneminde şehirselle fonksiyonlar kazanan Edirne, klasik Roma şehirlerinde olduğu gibi dikdörtgen şeklinde surlarla çevrili kale içinde ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla şehirselle yayılma, ulaşımının kilit noktası olarak görülen doğal yolların güzergahında kalenin kurulmasına stratejik bakımdan uygun ve etrafa hakim duraylı yamaçlarda bulunan olgun akarsu taraçaları üzerindeki çok sınırlı bir alanda meydana gelmiştir. Gerçek anlamda şehirselle yayılmanın yaşandığı Osmanlı Devleti döneminde Edirne şehri karakteristik Osmanlı şehri yapısı kazanmıştır. Yoğun nüfus artışının olduğu bu dönemde Edirne şehri, Tunca Nehri'nin batı yamacına yayılmıştır. Ancak Osmanlı Devleti döneminin sonuna doğru yayılımı zayıflayan Edirne şehri, Cumhuriyet döneminde daha istikrarlı bir yapı kazanmıştır. Kısa zamanda hızlı

nüfus artışıının yaşandığı bu dönemde Edirne şehrinde plansız bir büyüme gerçekleşmiştir. Böylece şehrsel yayılma jeomorfolojik özelliklerden kaynaklanan taşkın probleminin görüldüğü sahalara doğru yönelmiştir. Günümüze yakın dönemde Edirne şehrindeki problemlili sahalara alternatif olarak yerleşim alanı bakımından daha uygun sahalara imara açılmaya başlanmış olmasına rağmen, taşkın ovasına doğru yayılım devam etmektedir. Özellikle kamu binalarının taşkın ovasına yapılması (Edirne Adliyesi, Edirne İl Emniyet Müdürlüğü, Edirne Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü vb. gibi) bu yayılma sürecinin daha da teşvik etmektedir. Şehrsel yayılmanın sağlıklı bir mekânsal büyüme göstermesi bakımından oldukça önemli olan bu dönüşüm sürecinin devam ettirilmesi ise daha da önemlidir. Dolayısıyla Edirne şehrinin geleceğe yönelik planlanmasında aşğıdaki önerilerin göz önünde bulundurulması oldukça yararlı olacaktır.

1. Şehrsel alanın mevcut ve mücavir alan sınırları dahilinde detaylı bir jeomorfolojik etüt raporu hazırlanmalıdır.
2. Yerleşime yeni açılacak alanlarda jeomorfolojik özelliklerin ve birimlerin uygunluğu aranmalıdır.
3. Jeomorfolojik özelliklere bağlı problemlerin etkili olabileceği jeomorfolojik birimler yapılaşmaya açılmamalıdır.
4. Şehrsel gelişim birinci derecede tarımsal potansiyele sahip olmayan plato ve yamaç arazilere doğru kaydırılmalıdır.
5. Şehrsel yayılmanın yönlendirildiği plato ve yamaç arazilerdeki akarsu vadileri doğal peyzaja uygun bir şekilde rekreasyon amaçlı kullanımlar için düzenlenmelidir.

Bu çalışmanın sonuçları Edirne şehrinin zamansal ve mekânsal ölçekte hem şehrsel büyüme kalıplarını ve süreçlerini göstermesi hem de şehrsel yayılmanın jeomorfolojik birimlerle ilişkisini ortaya çıkarması bakımından oldukça kıymetlidir. Gerek kantitatif verilerle sayısal gerekse haritalarla görsel açıdan desteklenen bu sonuçlar, başta karar vericiler olmak üzere şehir plancıları tarafından doğrudan kullanılabilir özelliktedir. Ayrıca bu sonuçlar Edirne şehrinin yerleşim yeri ve

altyapı şartları açısından sürdürülebilir planlamasına hizmet edebilir.

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan sondaj verilerin temin edilmesindeki katkılarından dolayı Edirne Belediyesi'ne, makalenin değerlendirilmesi aşamasında katkılarından dolayı hakemlere ve editöre çok teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Aguda, A.S., Farinde, T.A., Adegboyega, S.A., Olowole, M.O. (2013). Spatio-temporal assessment of urban growth of medium-size and nodal towns for sustainable management: using GIS. *Management of Environmental Quality*, 24(1): 94-106.
<https://doi.org/10.1108/14777831311291159>.
- Akkaya, U. (2016). Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne Şehir Merkezi Kısımında 2 Boyutlu Taşkın Modellemesi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Aliağaoğlu, A., Uğur, A. (2010). Şehir Coğrafyası. Nobel Yayın No: 1570, Ankara.
- Altın, B. N. (2000). Trakya'da Yerşekillerinin Neotektonik Dönem Jeomorfolojik Gelişimleri. 28. Coğrafya Meslek Haftası (10-12 Haziran 1998, Edirne) Bildiriler, Geçmişte, Günümüzde ve Gelecekte Trakya, Editör: Prof. Dr. Suna Doğaner, s.:53-71, Türk Coğrafya Kurumu Coğrafya Meslek Haftaları Serisi:2. İstanbul.
- Anees M.M., Mann D., Sharma M., Banzhaf E., Joshi P.K. (2020). Assessment of Urban Dynamics to Understand Spatiotemporal Differentiation at Various Scales Using Remote Sensing and Geospatial Tools. *Remote Sensing*, 12(8):1306.
<https://doi.org/10.3390/rs12081306>.
- Batur, E. (2011). Uzaktan Algılama ve CBS entegrasyonu ile taşkın alanlarının belirlenmesi: Meriç Nehri örneği. Hava Harp Okulu Komutanlığı Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Batur, E. Maktav, D. (2012). Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak Meriç Nehri Taşkın Alanlarının Belirlenmesi. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012), 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.
- Bettencourt, L.M.A., Yang, V.C., Lobo, J., Kempes, C.P., Rybski, D., Hamilton, M.J. (2020). The interpretation of urban scaling analysis in time. *Journal of The Royal Society Interface*, 17:20190846.
<http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2019.0846>.

- BOA (1866). Osmanlı Devleti Avrupası-Güneydoğu, Carte Speciale. CH. Ybry. tarafından yapılmıştır. İstanbul-Edirne arasındaki şimendifer hattını göstermektedir. Matbu. Harita bez üzerine yapıştırılmış 12 paftadan oluşmaktadır. Yüzey şekilleri ve yerleşim bölgeleri gösterilmiştir. a.g.y.tt, Fr. (Ölçek 1/200000). H-13-08-1282, T.C. Başbakanlık Osmanlı Arşivi Daire Başkanlığı, İstanbul.
- BOA (1911). Edirne ve çevresini gösterir harita. Erkan-ı Harbiye Matbaasında tab olunmuştur. Yerleşim merkezleri ve yerşekilleri gösterilmiştir. a.g.tt, EHT (Ölçek 1/25000,12 pafta). H-29-12-1329, T.C. Başbakanlık Osmanlı Arşivi Daire Başkanlığı, İstanbul.
- Costea, M. (2016). Landforms and urban development, An example of urban geomorphology from Romania (Sibiu, Transylvania), Brukenthal. Acta Musei, 11(3):491-506.
- Cürebali, İ., Efe, R., Soykan, A., Sönmez, S. (2008). Balıkesir kent merkezi yerleşim alanı ile jeomorfolojik birimler arasındaki ilişkinin CBS ve UA yöntemleriyle belirlenmesi, s.:328-339, Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitapçığı, 20-23 Ekim 2008, Çanakkale.
- Cürebali, İ., Efe, R., Soykan, A., Sönmez, S. (2014). Population and Settlement Features of Balıkesir Between 1940 and 2010. Urban and Urbanization, p.: 48-56, St. Kliment Ohridski University Press, Bulgaria.
- Cürebali, İ., Öşzahin, E. (2022). Harita Bilgisi (Bilgisayar Uygulamalı Tasarım ve Analiz). Ekin Basın Yayın Dağıtım, Bursa.
- Darkot, B. (1993). Edirne, Coğrafi Giriş (I harita). Edirne (Edirne'nin 600. Fethi Yıldönümü Armağan Kitabı), Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Türk Tarih Kurumu Yayınları, VII. Dizi, Sayı:431, Ankara.
- Del Monte, M., Daorefic, M., Luberti, G.M., Marini, R., Pica, A., Vergari, F. (2016). Geomorphological classification of urban landscapes: the case study of Rome (Italy). Journal of Maps, 12:178-189. <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1187977>
- Demircan, E. (2020). Kentsel Morfoloji Analizi Kapsamında Edirne Kent Meydanının Gelişim Sürecinin ve Edirne Kent Meydanının İncelenmesi. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11007.15524>.
- Deribew, K.T. (2020). Spatiotemporal analysis of urban growth on forest and agricultural land using geospatial techniques and Shannon entropy method in the satellite town of Ethiopia, the western fringe of Addis Ababa city. Ecological Processes 9:46. <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00248-3>.
- Diktaş, A. (2008). XVI. Yüzyılın Son Çeyreğinde Edirne'de Sosyal Hayat. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Doğan, M., Olđaç, İ. (2020). Edirne şehri nüfusunun gelişimi ve yapısal özellikleri. Türk Coğrafya Dergisi, 75:7-16. <https://doi.org/10.17211/tcd.711315>.
- Erdoğan, E., Kuter, N. (2010). Edirne Kenti Kültür Varlıklarının Kent Estetiği Açısından Değerlendirilmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(3):137-0. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf/issue/19044/201427>.
- Erkal, T., Topgöl, İ. (2020). Aşağı Meriç Nehri akımlarının mevsimsel ve yıllık değişiminin taşkınlar üzerine etkisi. Türk Coğrafya Dergisi, 74:33-38. <https://doi.org/10.17211/tcd.645865>
- Erol, O. (1981). Neotectonic and geomorphologic evolution of Turkey. In: Fairbridge R. W. (ed.) Neotectonics, Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement Band., 40:193-211.
- Erol, O. (1983). Türkiye'nin Genç Tektonik ve Jeomorfolojik Gelişimi (1981 tarihli makalenin Türkçe tercümesidir). Jeomorfoloji Dergisi, 11:1-22.
- Esen, F. (2021) Jeomorfolojik Özelliklerin Tunceli şehrinin Gelişimine Etkileri (1984-2020). Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 7:109-131. <https://doi.org/10.46453/jader.948540>.
- Fural, ř., Cürebali, İ., İnan, F. (2019). Elmalı'da (Antalya) Yağışın Tetiklediği Sel, Taşkın ve Çamur Akıntısı Afetlerinin Jeomorfolojik Analizi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, (3):49-61. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jader/issue/49634/633790>.
- Gökbilgin, M.T. (1946). Edirne Maddesi. İslam Ansiklopedisi, Cilt: 4, s.: 425-431 <https://islamansiklopedisi.org.tr/edirne#1> (Erişim Tarihi: 14.11.2022).
- Gökbilgin, M.T. (1994). Edirne. TDV İslâm Ansiklopedisi, 10:425-431, TDV Yayınları, İstanbul. <https://cdn2.islamansiklopedisi.org.tr/dosya/10/C10023706.pdf>.
- Hagen-Zanker, A. (2006). Map comparison methods that simultaneously address overlap and structure. J Geograph Syst 8:165-185. <https://doi.org/10.1007/s10109-006-0024-y>.
- HGM (2015). Topoğrafya Haritası (E17d1 paftası - 1/25.000 Ölçekli. Harita Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Karakaya Aytin, B., Ertin, D.G., Özyavuz, M. (2016). Kent Kimliğinin Edirne Kaleiçi Yerleşim Alanı

- Özelinde Değerlendirilmesi. 4. Uluslararası Kentsel ve Çevresel Sorunlar ve Politikalar Kongresi Bildiriler Kitabı, Editörler: Yusuf ŞAHİN, Oğuzhan ASLANTÜRK, Vildan ARMAĞAN, İstanbul.
- Kontgis, C. (2021). Mapping the world in unprecedented detail. Medium. <https://caitlin-kontgis.medium.com/mapping-the-world-in-unprecedented-detail-7c0513205b90> (24.06.2021).
- Lal, K., Kumar, D., Kumar, A. (2017). Spatio-temporal landscape modeling of urban growth patterns in Dhanbad Urban Agglomeration, India using geoinformatics techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1):91-102. <https://doi.org/10.1016/J.EJRS.2017.01.003>.
- Malkaralı, S., Korkmaz, M.S., Sezen, N. (2008). Meriç Nehri Taşkınları ve Taşkınlık İçin Geliştirilen Uluslararası Projeler. 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Taşkın Konferansı Bildiri Kitabı, 19-20 Haziran 2008. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü DSİ XI. Bölge Müdürlüğü, Edirne.
- MTA (1998). Burgaz-A3, Edirne-B2 ve B3 Paftaları Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- MTA (2002). Edirne – Kırklareli 1/250.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Nayyeri, H., Salari, M., Ganjaian, H., Amani, K. (2017). Geomorphological Assessment of Land Suitability for the Physical Expansion of Sanandaj City Applying Restricted Areas. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 5(1):127-145. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2017.63213>.
- Negaraesh, H. (2003). The Application of Geomorphology in the Localization of Cities and its Consequences. *Journal Geography and Development*, 1(1):133-150.
- Olğaç, İ., Doğan, M. (2020). Edirne Şehri'nin Arazi Kullanımının Zamansal Değişimi (1990-2018). *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 3 (1):26-36. <https://doi.org/10.33712/mana.710859>.
- Özdeş, G. (1951). Edirne İmar Planına Hazırlık Etüdü-, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul Matbaacılık, İstanbul.
- Özşahin, E. (2010). Antakya'da (Hatay) Yer Seçiminin Jeomorfolojik Özellikler ve Doğal Risk Açısından Değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(23):1-16.
- Özşahin, E. (2014). CBS Kullanılarak Şehir ve Jeomorfoloji Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Tekirdağ Şehri Örneği. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6:93-122.
- Özşahin, E. (2015a). Kent Planlaması ve Jeomorfoloji. *Kent Çalışmaları II* (Editörler: Mehmet Karakuyu, Arif Keçeli, Şaban Çelikoğlu), 10. Bölüm, s.: 215-231, Pegem Akademi, Ankara.
- Özşahin, E. (2015b). Tekirdağ'da Kentsel Gelişim ve Jeomorfolojik Birimler Arasındaki İlişkinin Zamansal Değişimi, *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10/1:579-602. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.7811>.
- Özşahin, E., Özder, A. (2011). Antakya Şehri ve Jeomorfolojik Birimler Arasındaki İlişkinin Zamansal Değişimi (HATAY). *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel* (Editör: Deniz EKİNCİ), s.:657-680, İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu Yayınları No: 6.
- Safari, A, Karam, A, Moradi, I. and Zanganeh, S. (2014). Geomorphology Application in Physical Planning of Urban and Rural Settlements, Case study: Arak city. *Conference of Iranian geographical science*, Tehran. pp.1-6.
- Sannav, S.C. (2019). Dünden Bugüne Balkanlarda Bir Başkent: Edirne ve Edirne'de Yaşam. *Journal of Turkish Studies*, 14 (7):3919-3938. <http://dx.doi.org/10.29228/TurkishStudies.30156>.
- Smith, A.K., Dragičević, S. (2022). Map Comparison Methods for Three-Dimensional Space and Time Voxel Data. *Geographical Analysis*, 54:149-172. <https://doi.org/10.1111/gean.12279>.
- Subasinghe S., Estoque R.C., Murayama Y. (2016). Spatiotemporal Analysis of Urban Growth Using GIS and Remote Sensing: A Case Study of the Colombo Metropolitan Area, Sri Lanka. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(11):197. <https://doi.org/10.3390/ijgi5110197>.
- Tabak, R. (2018). Roma Dönemi'nde Hadrianopolis (Edirne) Kent Surları. *Yüksek Lisans Tezi*, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Tekin, M. (2017). Dünya Tarihi'nde İlk Şehir ve Şehir Devletin Ortaya Çıkışı ve Gelişimi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 12(2):17-30. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gopsbad/issue/48589/617313>.
- Tekkanat, S.S., Türkmen, S.N. (2018). Tarih Boyunca Kent Formlarının Biçimlenişi Üzerine Bir İnceleme. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10:107-124 <http://aksarayibd.aksaray.edu.tr/tr/pub/issue/42407/497483>.
- Tolun Denker, B. (1974-1977). Edirne şehrinin kullanım alanları. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 20-21:79-117.
- Tonbul, S., Sunkar, M. (2008). Batman şehrinde yer seçiminin jeomorfolojik özellikler ve doğal risk açısından değerlendirilmesi. *Ulusal Jeomorfoloji*

- Sempozyumu Bildiriler Kitapçığı (20–23 Ekim 2008), Çanakkale.
- Topgöl, İ. (2019). Hidrografik Açıdan Aşağı Meriç Nehri ve Taşkınlr. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çankırı.
- Tripathi, P., Kumar, A. (2019). Monitoring and modelling spatio-temporal urban growth of Delhi using Cellular Automata and geoinformatics. *Cities*, 90:52-63. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.021>.
- TÜİK (2022). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Ankara.
- Tuncel, M. (2015). Türkiye’de Nehir Büklümü İçinde Kurulan Şehirler: Edirne Örneği, *Şehir&Toplum*, 3:35-40.
- Turoğlu, H., Uludağ, M. (2010). Floods and Flashfloods in Edirne. 10th International Multidisciplinary Scientific Geo Conferans SGEM 2010, 20-26 June Bulgaria.
- Turoğlu, H., Uludağ, M. (2012). From Past to Present Flooding in Edirne and Vicinity Turkey. 2nd International Balkan Annual Conference the Balkans at a Crossroads: Evaluating Past, Reading Present, Imagining Future, 11-14 October 2012 Tirana, Albania.
- Turoğlu, H., Uludağ, M. (2013). Arřiv Verilerine Dayalı Ön Değerlendirme: Edirne’de Meydana Gelen Eski ve Güncel Taşkınlr, Prof. Dr. Asaf Koçman’a Armağan Kitabı, Editör Prof.Dr. Ertuđ Öner, Eđe Üniversitesi Yayınları, Edebiyat Fakóltesi Yayın No: 180, İzmir.
- Turoğlu, H., Uludağ, M. (2014). Future Challenges of Climate Change on Transboundary the Case of the Lower Meriç River Basin Turkey. V. European Conference on Social and Behavior Sciences.
- Turoğlu, H., Uludağ, M. (2015). Possible hydrographic effects of climate change on lower part of transboundary Meriç River Basin (Turkey). *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 14(2):77-85.
- Uludağ, M. (2018). Edirne Kent Merkezi Yerleşim Alanının Zamansal ve Mekânsal Değişimi. *Balkan Araştırmaları* (Ed. Hikmet Asutay ve Demirali Yaşar Ergin), Trakya Üniversitesi, Yayın No: 195, s.: 273-288.
- Zengin, M., Özdede, S., Doğan, D., Aydar, T. (2021). Akarsu ve Vadi Peyzajlarında Bir Tasarım Yaklaşımı: Denizli Zindan Deresi Örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(4):3152-3162. <https://doi.org/10.21597/jist.990768>.



Araştırma Makalesi / Research Article

SENTİNEL GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK HEYELANLARIN MODELLENMESİ: 2020 GJERDRUM (NORVEÇ) HEYELAN ÖRNEĞİ

Modeling of Landslides Using Sentinel Images: The Case of Gjerdrum Landslide (Norway) in 2020

Deniz BiTEK^a, R. Cüneyt ERENOĞLU^b, Oya ERENOĞLU^c

^a Edirne İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Planlama ve Risk Azaltma Şubesi, Edirne

denizbitek@hotmail.com [id https://orcid.org/0000-0002-9830-6897](https://orcid.org/0000-0002-9830-6897)

^b Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

ceren@comu.edu.tr [id https://orcid.org/0000-0002-8212-8379](https://orcid.org/0000-0002-8212-8379)

^c Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Coğrafya Eğitimi ABD, Çanakkale

o_turkdonmez@comu.edu.tr [id https://orcid.org/0000-0003-1235-3009](https://orcid.org/0000-0003-1235-3009)

Makale Tarihçesi

Geliş 13 Kasım 2022

Kabul 16 Aralık 2022

Article History

Received 13 November 2022

Accepted 16 December 2022

Anahtar Kelimeler

Heyelan, Uydü Görüntüsü, Gjerdrum, Sentinel-1, InSAR

Keywords

Landslide, Satellite Image, Gjerdrum, Sentinel-1, InSAR

Atıf Bilgisi / Citation Info

Bitek, D., Erenoğlu, R.C., Erenoğlu, O.

(2023) Sentinel Görüntüleri

Kullanılarak Heyelanların

Modellenmesi: 2020 Gjerdrum

(Norveç) Heyelan Örneği / Modeling of

Landslides Using Sentinel Images: The

Case of Gjerdrum Landslide (Norway)

in 2020, Jeomorfolojik Araştırmalar

Dergisi / Journal of Geomorphological

Researches, 2023 (10): 67-77

doi: 10.46453/jader.1203455

ÖZET

Bu çalışmada, 30.12.2020 tarihinde Norveç'in Gjerdrum kentinin Ask kasabasında meydana gelen heyelan sonucunda bölgede yüzey çökmesi biçiminde oluşan jeomorfolojik etkiyi modellemenin yanı sıra toprak kitlesindeki değişim analiz edilmiştir. Bu amaçla, Avrupa Birliği Copernicus programının Açık Erişim Merkezi Sentinel-1 uydü görüntüleri kullanılmıştır. Heyelanın meydana geldiği tarihten önce 18.12.2020, 24.12.2020 tarihli uydü görüntüleri ve sonrasında 30.12.2020 tarihli uydü görüntüleri üzerinden çalışma gerçekleştirilmiştir. Farklı tarihte elde edilen aynı alan üzerindeki aynı geometriye sahip ve sensör modü IW olan uydü görüntüleri Copernicus Açık Erişim Merkezi'nden indirilmiş ve Sentinel Uygulama Platformu (SNAP) yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Yazılımdan oluşturulan DInSAR verileri de kullanılarak çökme analiz sonuçları elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, özellikle bölgede önceki yıllarda yer alan akarsu yataklarında değişimler ve bu özelliklere bağlı olarak değişen morfolojik özellikler ile bölgede 2000li yıllardan bu yana yaşanan eğim değişiklikleri heyelanı oluşturan sebepler olarak öne çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlar meydana gelen toprak kayması miktarının örtüştüğünü göstermektedir. İnterferometrik Geniş Alan (IW) modunun kullanılabilirliği ile Sentinel-1 interferometrik sentetik açıklıklı radar (InSAR) tekniklerinin yüzey çökmesini izleme yeteneğine sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır.

ABSTRACT

In this study, besides modeling the geomorphological effect in the form of surface collapse in the region as a result of the landslide that occurred in the Ask town of Gjerdrum, Norway on 30.12.2020, the change in the soil mass was analyzed. For this purpose, the Open Access Center Sentinel-1 satellite images of the Copernicus program of the European Union were used. The study was carried out on satellite images dates 18.12.2020, 24.12.2020 before the landslide occurred and after on the satellite images dated 30.12.202. Satellite images with the same geometry and sensor mode IW on the same area obtained on different dates were downloaded from Copernicus Open Access Center and evaluated using the Sentinel Application Platform (SNAP) software. Slump analysis results were obtained by using DInSAR data generated from the software. As a result of the study, especially the changes in the river beds in the region in the previous years and the morphological features that have changed depending on these features, as well as the slope changes experienced in the region since the 2000s come to the fore as the causes of the landslide. The results show that the amount of landslides that occurred overlap. With the availability of the interferometric Wide Field (IW) mode the Sentinel-1 is interferometric synthetic aperture radar (InSAR) techniques have been found to be capable of monitoring surface subsidence.

Heyelan Varnes tarafından "her türlü zemin, dolgu malzemeleri veya bunların bileşiminden oluşan materyallerin yamaç aşağı ve yanlara doğru hareketi" olarak tanımlanmıştır (Varnes, 1958). Bir başka tanımlamaya göre ise heyelan veya zemin çökmesi bir yamacı oluşturan kaya, toprak kayması veya zemin kütlelerinin kayan malzemenin özellikleri, boyutu ve kayma hızına göre farklı ölçek, model ve morfolojide gelişen bir doğa olayıdır. Heyelanlar, ciddi maddi kayıplara, can kayıplarına ve yerleşim yerlerine zarar veren en yaygın doğal afet türlerinden biridir (Zhu vd., 2021).

Heyelanlar birbirinden farklı mekanizmalarda gerçekteşebilir. Heyelanların aktivite yayılımları genel olarak; düşme, devrilme, akma, yanal yayılma, kayma şeklinde olmaktadır. Bu aktiviteler yüksek eğimli noktalar, eski heyelan kütlelerinin bulunduğu alanlar, ana drenaj ağları, kil oranı yüksek formasyonların bulunduğu vb. noktalarda meydana gelebilir (AFAD, 2015).

Hızlı kil (Quick Clay), son buzul çağının sonunda deniz seviyesinin altında kalan ve birikim gösteren yapıyı ifade eder (Solberg vd., 2016). Kil, Buz Devri'nden beri yavaş yavaş yer altı suyundan yıkanmış tuz içerir. Yüzey akışı nedeniyle deniz birikintilerinden aşağı doğru veya artezyen basınçları nedeniyle yukarı doğru süzölen tatlı su, tuz iyonlarını uzaklaştırır ve kil minerallerinden oluşan karasız bir yapı oluşturur (L'heureux, 2012). Bu yapı doğal ve beşeri etkilere maruz kalırsa yapısal özelliği bozulur ve sıvı çamurumsu bir görünüme erişir.

Hızlı killi heyelanlar Norveç'te sıklıkla meydana gelir. Killi toprak kaymalarının çoğu kent yerleşiminin bulunduğu nehir kenarında meydana gelmektedir. Bu nedenle bu killi toprak kaymaları her yıl maddi ve manevi kayıplara sebebiyet vermektedir (Erener ve Lacasse, 2007). Bu heyelanlar, çok düşük eğim açılarında meydana gelebilir ve genellikle geri yönlü harekete sahiptirler, yani bir nehirde veya denizde başlayarak yukarı doğru ilerler (Sauvin vd., 2013). Bu heyelanlar çok hızlı meydana gelirler ve geniş alanda etkili olurlar.

Sentinel-1 uyduları yer yüzeyinden 693 km. yükseklikte, 98,18°lik yörünge açısına sahiptir (URL-1, 2022). Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından Nisan 2014 ve 2016'da Sentinel-1

aktif sensörlü uydu çiftini (Sentinel-1A ve Sentinel-1B) dünya yörüngesine göndermesi ile uzaktan algılama tekniklerinin heyelan tehlikesi ve risk araştırmalarında daha yoğun bir biçimde kullanıldığı görölmektedir (Schlögl vd., 2022). Sentinel-1 uyduları önceden programlanmış çalışma modunda, küresel kara kütlelerini, kıyı bölgelerini, deniz-buzu, kutup bölgelerini ve nakliye rotalarını yüksek çözünürlükte görüntölemek üzere tasarlanmıştır. İki uydulu sistem 6 günlük bir yörünge terkar süresine sahiptir (Torres vd., 2012).

Sentinel-1 uyduları Sentetik Açıklıklı Radar (SAR, Synthetic Aperture Radar) cihazı taşımaktadır. SAR bilgilerinin kullanımı, geniş bölge kapsamı, gündüz-gece ve tüm hava koşullarında kullanılabilir yetenekleri nedeniyle kullanımı oldukça etkindir (Chaturvedi vd., 2020). SAR görüntülerinin radar faz farklarında bulunan bilgilerden yararlanılarak (InSAR), yüzey deformasyonları milimetrik doğrulukla türetilebilir (Crosetto vd., 2016; Necula vd., 2017). InSAR uygulama alanları arasında yer değiştirme zaman serileri oluşturularak gelişmiş çoklu interferogram analizlerinin yapılması (Intrieri vd., 2018), heyelanların tespiti ve izlenmesi (Dai vd., 2017; Carla vd., 2019), farklı InSAR teknikleri kullanılarak yer değiştirme hızlarının tespiti ile heyelan aktivitesinin izlenmesi (Czikhart vd., 2017) ve çökme (Khorrami vd., 2020) ile kritik altyapının yapısal olarak izlenmesi (Schlögl vd., 2021; Grebby vd., 2021) bulunmaktadır.

Bununla birlikte C-SAR görüntülerinin farklı ürünleri kullanarak (GRD), doğal afetlerin görüntülenmesi ve analizlerinde sıklıkla kullanılır. Petrol sızıntısı (Eronat, 2019), sel ve taşkın analizi (Amitrano vd., 2018), arazi kullanımı (Babagiray ve Kalkan, 2021), hızlı deprem haritalaması (Li vd., 2021) gibi farklı uygulama alanları mevcuttur. Ayrıca SAR görüntülerinin farklı ürünleri bir arada (SLC ve GRD) kullanarak heyelanın tespiti ve analizinde yüksek doğruluklu sonuçlar elde edilmektedir (Daibiri vd., 2020; Nava vd., 2021).

Bu çalışmada Gjerdrum (Ask) kasabasında meydana gelen heyelan (şekil 1) DInSAR yöntemi ve filtreleme yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.



Şekil 1: Gjerdrum Heyelanı / **Figure 1:** Gjerdrum Landslide (Photo: Anders Martinsen; <https://www.uasnorway.no/europes-largest-drone-operation-after-deadly-landslide-in-norway-420-mission-and-200-hours-of-airtime/>).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada 2020 yılının 30 Aralık tarihinde Norveç'in Viken ilçesi Gjerdrum (Ask) kasabasında meydana gelen heyelanın analizi yapılmıştır. Gjerdrum bölgesi başkent Oslo'nun 35km kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 2). Söz konusu heyelan 30 Aralık 2020 tarihinde saat 04.00'da (yerel saat ile) meydana gelmiş ve 10 kişi hayatını kaybederken 1600'den fazla kişi de tahliye edilmiştir (URL-1, 2022; Penna ve Solberg, 2021). Çalışma alanı heyelan sahasında içinde yer aldığı 14,30 km² alanı kapsamaktadır.

2.2. Veri

Bu çalışmada Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency, ESA) tarafından ücretsiz olarak sunulan Sentinel-1 uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Kullanılan görüntüler ile ilgili bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur. Çalışmada kullanılan heyelan öncesi ve sonrasına ait verilerin işlenmesi Sentinel Uygulama Platformu (SNAP) 8.0 tarafından gerçekleştirilmiştir.

Sentinel-1 uyduları C-bandı (~5,6 cm dalga boyu) sentetik açıklıklı radar cihazı taşımakta ve tüm hava şartlarında, gündüz ve gece sürelerinde veri toplayabilmektedirler. SAR cihazı ve kısa döngü süresi nedeniyle kullanımı artmıştır. Deniz ve Denizcilik faaliyetlerinin izlenmesinde, arazi kullanımı, doğal afetlerin izlenmesi ve analizinde (deprem, heyelan, su

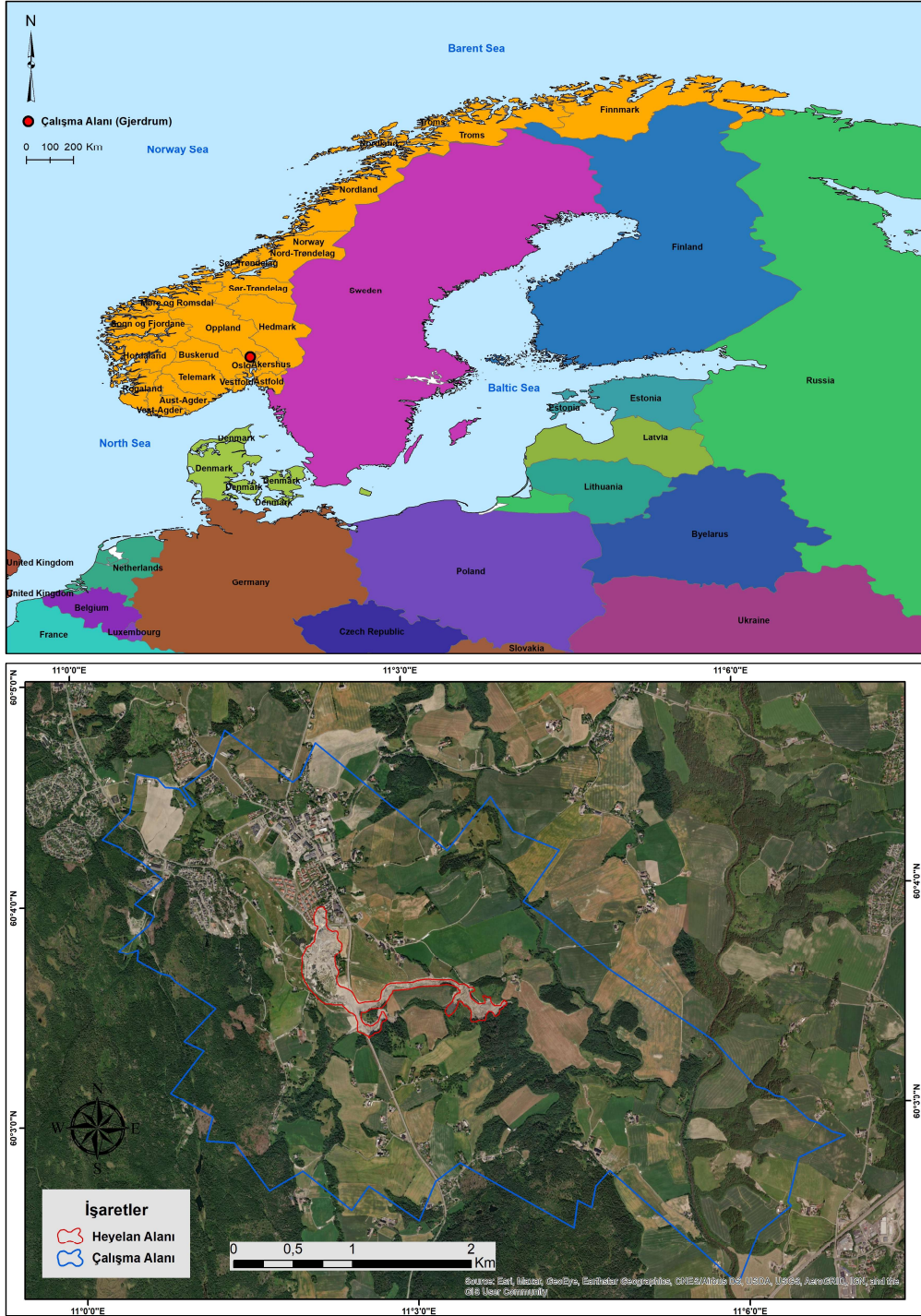
baskınları, volkanik patlamalar) sıklıkla kullanılmaktadır (URL-2, 2022).

Sentinel-1 4 farklı mod şeklinde çalışmaktadır (Tablo 2). Bunlar; serit (SM: stripmap) modu, interferometrik geniş alan (IW: interferometric wide-swath) modu, ekstra geniş alan (EW: extra wide swath) modu ve dalga (WV: Wave) modlarında veri sağlamaktadır (Potin vd., 2012). İnterferometrik Geniş (IW) alan modu, arazi üzerindeki kullanılan ana mod olmakla birlikte hizmet gereksinimlerinin çoğunu karşılar. 5 x 20 m (orta) konumsal çözünürlükte, 250 km'lik geniş bir alan tarama sınırına sahiptir (URL-3, 2022).

SAR tabanlı Sentinel-1 uydu modları farklı seviyelerde (Seviye-0, Seviye-1, Seviye-2) ürünler üretmektedir. Bu ürünler RAW (ham veri), SLC (Single Look Complex), GRD (Ground Range Detected) ve OCN (Ocean) formatındadır. Bir SLC ürünü, azimut doğrultusu boyunca coğrafi referanslı ve sıfır Doppler eğimli menzil geometrisinde sağlanan odaklanmış SAR verilerinden oluşur. Görüntüdeki her bir piksel, genlik ve faz bilgilerini içeren I ve Q değerleri ile temsil edilir. (GRD) ürünleri, bir Dünya elipsoid modeli kullanılarak tespit edilen, çok yönlü bakılan ve yer menziline yansıtılan odaklanmış SAR verilerinden oluşur (Bourbig vd., 2016, URL-4, 2022).

Sadece radyo dalga ya da mikrodalga sinyallerinin kullanıldığı interferometri çalışmalarına Radar İnterferometrisi adı verilir. SAR görüntüleri ile gerçekleştirilen interferometri çalışmaları ise SAR interferometrisi veya kısaca InSAR adı verilmektedir. InSAR alışmaları, jeomorfolojik bir yüzeyde Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) retimi ve diğer de yer yüzeyinde değişimleri

haritalamaya yönelik deformasyon belirlemesi olmak üzere, iki farklı amaca yönelik olarak uygulanmaktadır. Bunlardan deformasyon belirleme için yapılan InSAR uygulamalarında, aynı alana ait farklı tarihlerde kaydedilmiş SAR görüntülerinin faz değerlerinin farkı alındığından, kullanılan yönteme DinSAR adı verilmektedir (Gne, 2019).



şekil 2: Çalışma alanı / Figure 2: Study area.

Tablo 1: Uydu görüntülerine ait bilgiler / **Table 1:** Information on satellite images.

Uydu	Dosya Görüntü Adı	Görüntülenme Tarihi	Mod / rn Tipi
Sentinel-1 A	S1A_IW_SLC_1SDV_20201218T165425_20201218T165452_035743_042EC4_AF3	18.12.2020	IW/SLC
Sentinel-1 A	S1A_IW_SLC_1SDV_20201230T165424_20201230T165451_035918_0434F0	30.12.2020	IW/SLC
Sentinel-1 B	S1B_IW_GRDH_1SDV_20201224T165345_20201224T165410_024847_02F4D0_626D	24.12.2020	IW/GRD
Sentinel-1 A	S1A_IW_GRDH_1SDV_20201230T165425_20201230T165450_035918_0434F0_8FEA	30.12.2020	IW/GRD

Tablo 2: Sentinel-1 uydusu modları ve zellikleri / **Table 2:** Sentinel-1 satellite modes and features.

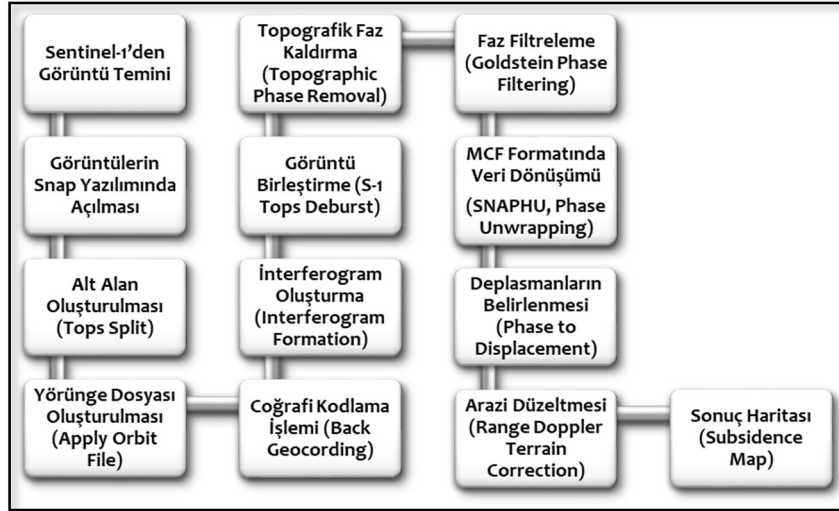
Grnt Modu	Erişim Açışı	znrlk	şerit Alan Genişliği	Polarizasyon
SM	20°-45°	5 x 5m	>80 km	HH / VV / HH+HV / VV+VH
IW	>25°	5 x 20m	>250 km	HH / VV / HH+HV / VV+VH
EW	>20°	20 x 40m	>400 km	HH / VV / HH+HV / VV+VH
WM	23° ve 36,5°	5 x 5m	>400 km	HH / VV

2.3. Yöntem

Bu alışmada, Sentinel-1 C-SAR görüntülerinin farklı ürünleri kullanılarak heyelanın tespit edilmesi, yer değiştirme miktarının belirlenmesi ve etkilediği alan üzerine bir analiz gerçekleştirilmiştir. Sentinel-1 yer aralığı algılayan (GRD) ve birleştirilmiş kompleks görüntüler (SLC) içeren ürünler kullanılmıştır. Çalışmada iki farklı yöntem kullanılarak meydana gelen heyelanın analizlerinin bir bütün haline getirilmesi amaçlanmıştır.

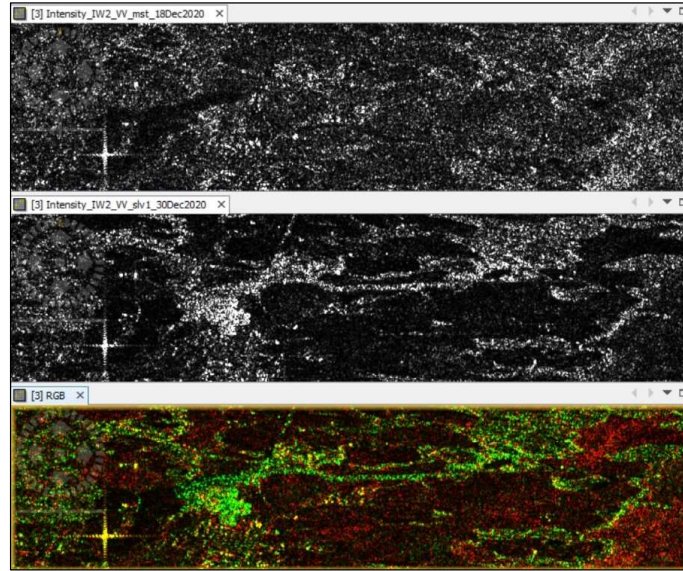
2.3.1. DInSAR Yöntemi

Bu yöntemde 18 Aralık ve 30 Aralık 2020 tarihlerinde meydana gelen yer değiştirmeyi DInSAR verilerinin kullanılarak analizinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Heyelanın meydana geldiği tarihten önce ve sonra, 18.12.2020 ile 30.12.2020 tarihlerindeki uydu görüntüleri üzerinden çalışma gerçekleştirilmiştir. DInSAR tekniği ve C-band verileri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada izlenen adımlar şekil 3'de gösterilmiştir.

**şekil 3:** DInSAR veri işlem akış şeması / **Figure 3:** DInSAR data processing flow chart.

İki farklı tarihte elde edilen aynı alan üzerindeki aynı geometriye sahip ve sensör modu IW olan iki adet SLC görüntüsü ESA'dan indirilmiş ve Sentinel Uygulama Platform (SNAP) yazılımı kullanılarak düzeltilmiştir. Çalışmada VV polarizasyonunu kullanılmıştır. Alt alan oluşturma (Tops split) işlemi ile heyelanın meydana geldiği Gjerdrum için alt

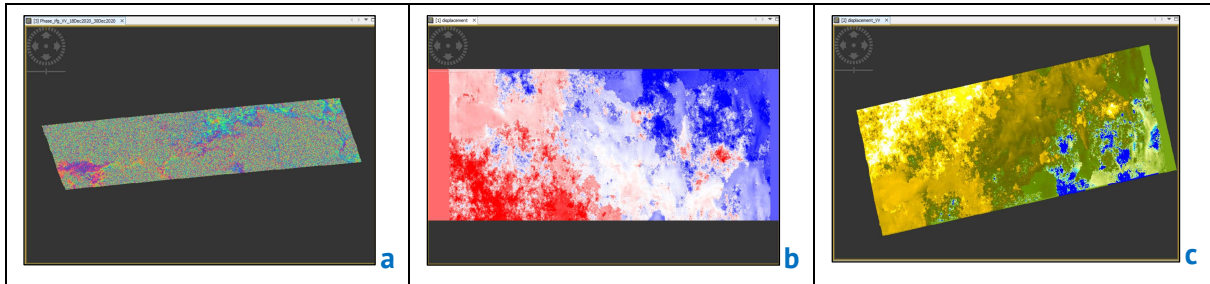
alan oluşturulmuştur. Coğrafi kodlama (Back Geocoding) operatöründe kullanılacak sayısal yükseklik modeli varsayılan, Getasse 30 SYM olarak seçilmiştir. Bu yükseklik modeli kutup bölgelerine yakın alanlar için oluşturulmuş bir sayısal yükseklik modelidir. Sonuç olarak S-1 ESD veri yığınları oluşturulmuş ve şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4: Yığın verileri RGB görüntüsü (Heyelan alanı) / **Figure 4:** Stack Data RGB image (Landslide Area).

İnterferogram oluşturulması, referans görüntünün diğer kompleks eşlenik görüntü ile çarpımı ile gerçekleşir. Bu iki görüntü arasındaki faz farkını ifade etmektedir. Bir yığın olarak oluşturulan görüntülerde olan patlamalar tek bir görüntüde bir araya getirmek için TopS-Deburst (görüntü birleştirme) adımı uygulanır. Topografik faz kaldırma adımında, işlenen iki görüntünün fazını birleştirerek, topografya ile ilgili faz kayması interferogramlardan çıkarılırsa, ortaya

çıkın ürünler arasındaki fark, iki farklı tarihte meydana gelen yüzey deformasyon modellerini gösterecektir. Sonrasında faz filtreleme işlemi (Goldstein Phase Filtering) ile oluşan gürültüler giderilir. Sonrasında faz açma adımı uygulanır SnaphuExport için Statical-cost mode: DEFO, Initial Mode: MCF seçilerek deformasyon belirlenir. Son olarak arazi düzeltme işlemi gerçekleştirilir ve faz görüntüsü bir coğrafi koordinat sistemine taşınır (Şekil 5).



Şekil 5: Analiz aşamaları a) Goldstein faz filtreleme, b) Deformasyonların belirlenmesi, c) Arazi düzeltmesi.

Figure 5: Analysis steps a) Goldstein Phase Filtering, b) Phase to displacement, c) Range doppler terrain correction.

2.3.2. Filtreleme Yöntemi

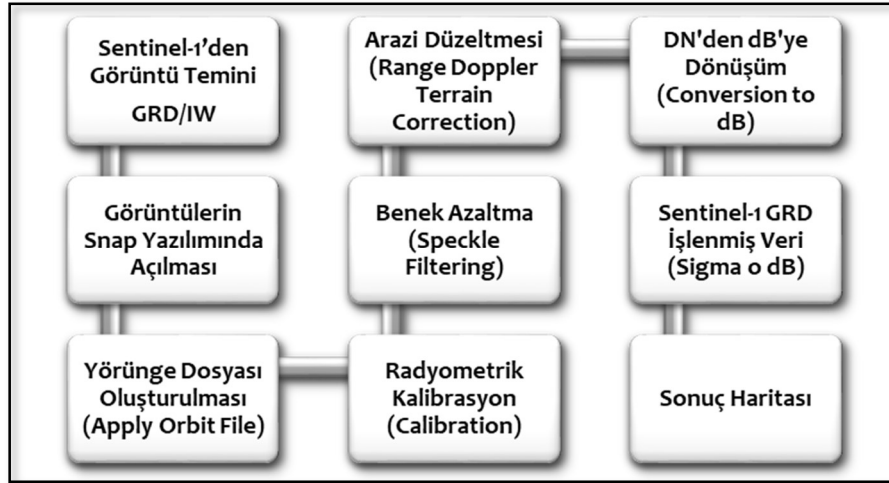
24 Aralık ve 30 Aralık 2020 tarihlerindeki uydu görüntülerine ait veriler kullanılmıştır. Kullanılan veriler, Dikey-dikey (VV) ve dikey-yatay (VH) polarizasyonlu Zemin Menzili Algılanan (GRD) ürünler olarak İnterferometrik Geniş (IW) modunda elde edilen Sentinel-1 SAR görüntüleridir.

Filtreleme tekniği ve GRD ürün verileri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada izlenen adımlar Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu yöntemde; yörünge hatalarını gidermek ve doğru bir uydu

konumu sağlamak için yörünge dosyası oluşturma modülü (Apply Orbit File) uygulanmıştır. Radyometrik kalibrasyon, ham uydu veri numaralarıyla temsil edilen radar yansımaları desibel (dB) cinsinden ölçülen fiziksel birimlere dönüştürür. Radyometrik kalibrasyon uygulanan radar görüntülerinde her bir pikselde oluşan geri saçılmalar ile oluşan yansımalar yüksek olması durumunda parlak, geri saçılım ile oluşan yansımalar düşük ise karanlık olacaktır. Benek filtreleme, radar verilerinden doğal gürültünün (rastlantısal pikseller) kaldırılmasına yardımcı olan bir

adımdır. Çalışmada Sentinel-1 verileri, 5x5 pencere boyutlu, Lee Sigma filtresi kullanılmıştır. SAR görüntülerinin uzaktan algılanmasında, topografik bozulmalar, bir sinyali daha hızlı geri gönderecek olan sensöre bakan yzeylelere sahip yükseltilmiş yapılar tarafından tutulur ve bu nedenle gerçekte olduğundan daha yakın olmakla karıştırılır. Arazi düzeltmesi, bunu düzeltmek için bir

dijital ykseklk modeli (DEM) kullanır. Çalışmada 30m znrlkl sayısal ykseklk modeli kullanılarak görüntü coğrafi koordinat sistemine taşınmıştır. Son olarak geri saçılım katsayısı logaritmik dönüşüm ile dB'ye dönüştürülmüştür. Elde ettiğimiz veriler üzerinde RGB bant kombinasyonu oluşturularak farklı tarihlerdeki görüntüler arasında değişim olup olmadığı tespit edilmiştir.

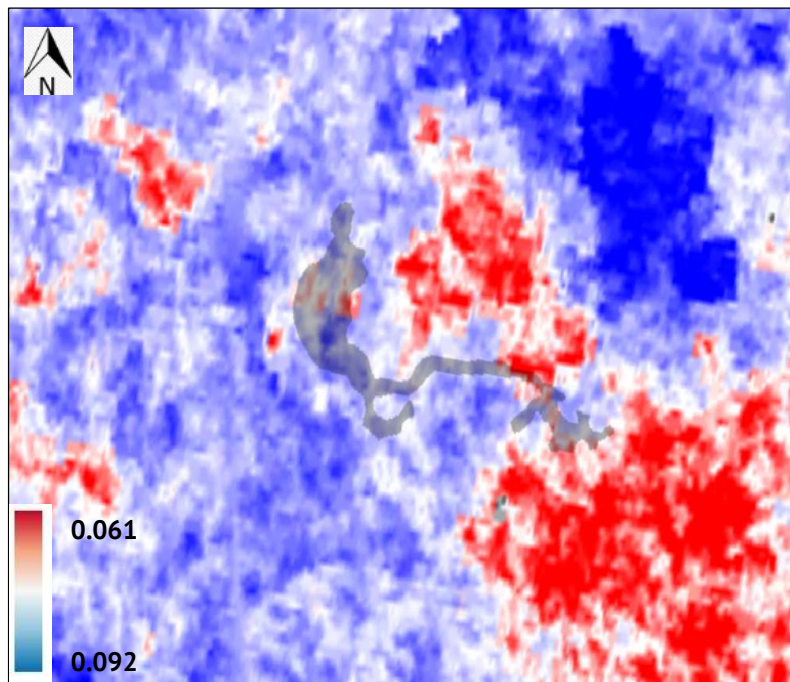


şekil 6: Sentinel-1 yer aralığı algılanan (GRD) iş akış şeması / **Figure 6:** Sentinel-1 ground range detected (GRD) workflow chart.

3. BULGULAR VE TARTIşMA

Gjerdrum heyelanının neden olduğu deformasyonların incelenmesi için DInSAR Yöntemi ile Sentinel-1 veri setleri kullanılmıştır. Gjerdrum (Ask) kasabası deformasyonun incelenmesi için yapılan

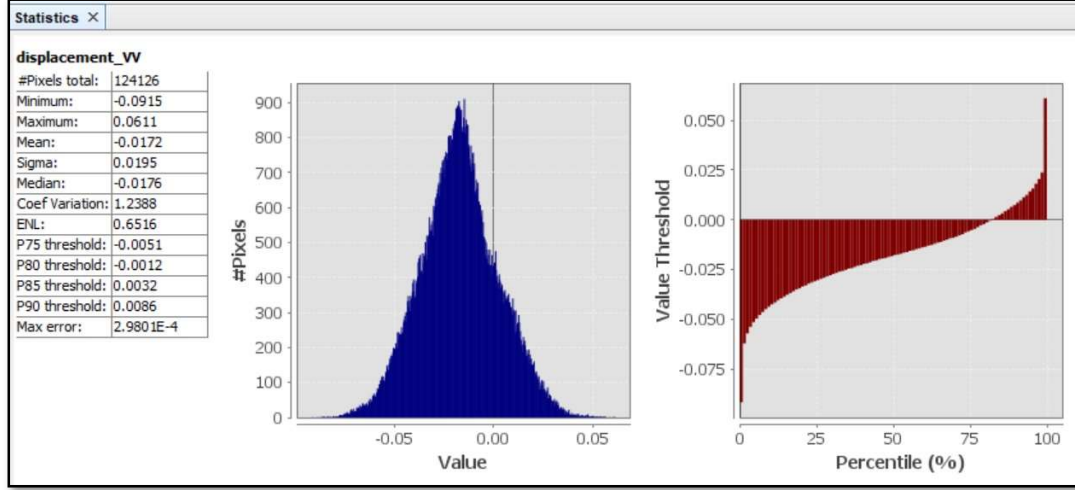
işlemlerde, 18.12.2020-30.12.2020 tarihleri arasında yer değiştirme miktarları elde edilmiştir (en küçük ve en büyük yer değiştirme miktarı -92mm ile +61mm), (şekil 7).



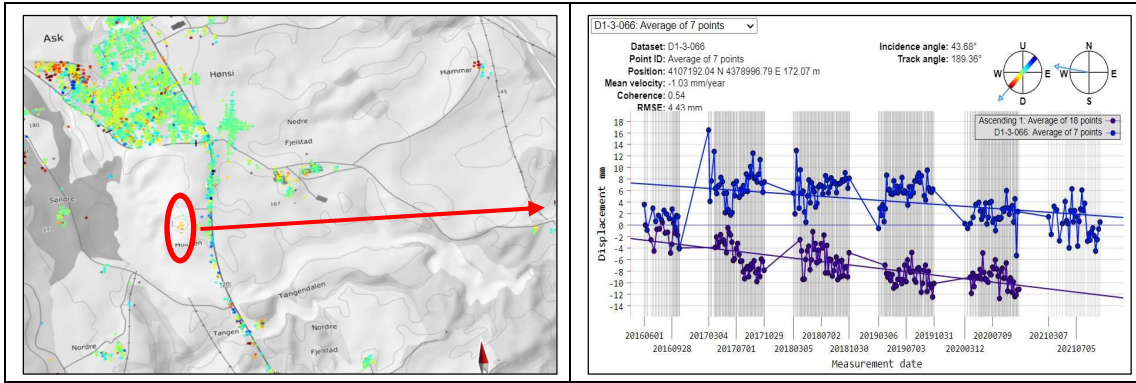
şekil 7: Deformasyon haritası / **Figure 7:** Deformation map.

Faz çözümlenmesi yapılmış çalışma sahasına ilişkin histogram bilgileri Şekil 8'de yer almaktadır. Norveç InSAR İzleme Servisi (<https://insar.ngu.no/>) ile Gjerdrum da meydana gelen heyelan verileri kontrol edildiğinde heyelan bölgesi içindeki noktaların çoğunun tutarlı, göze çarpan hareket modelleri sergilemediği görölmektedir. Sadece birkaç

noktada yıllar içerisindeki hareket değişimi görölmektedir. (Şekil 9). Bu veriler heyelanın ani gelişen ve takip edilmesinin zor olduğunu göstermektedir. Ortalama yıllık deformasyon sonuçlarının hem de ayrıntılı zaman serilerinin uydu görüş hattında yüzey deformasyonunu gösterdiği Şekil 9'da görölmektedir.



Şekil 8: 18.12.2020-30.12.2020 tarihli uydu görüntüleri ile oluşturulan deformasyona ait histogram.
Figure 8: Histogram of the deformation created with satellite images dated 18.12.2020-30.12.2020.



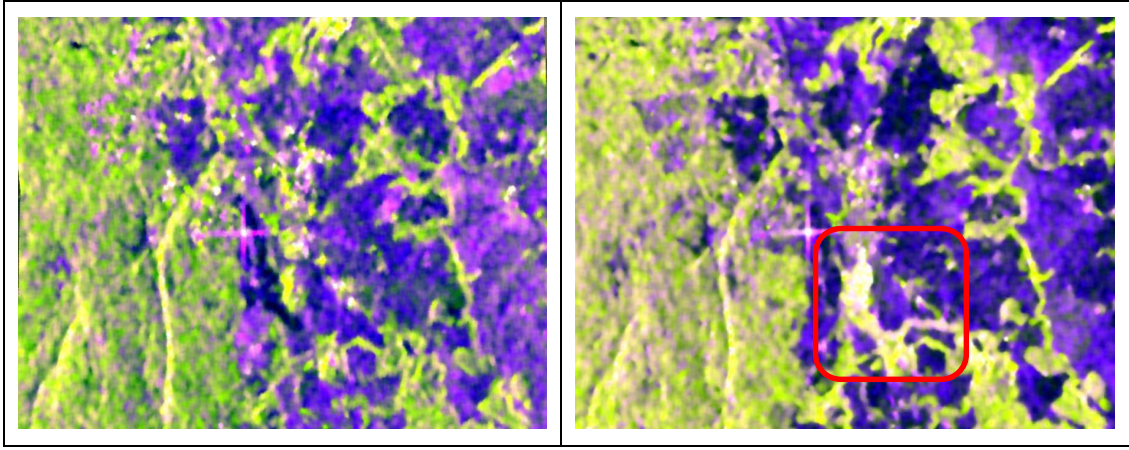
Şekil 9: Heyelan verisi kontrol noktaları / **Figure 9:** Landslide data control points.

Filtreleme yöntemi ile aynı geometriye ait iki Sentinel-1 görüntüsüne (24-30 Aralık) ait geri saçılımdaki değişiklikleri gösteren RGB görüntüleri oluşturduğumuzda geri saçılımdaki artış yeşil renkle gösterilirken, geri saçılımdaki azalma mor renkle gösterilmiştir. Meydana gelen heyelan, 30 Aralık tarihli görüntüde de çok net bir Şekilde ortaya çıkmaktadır. 24 Aralık tarihli Şekil 10'da gösterilen heyelan öncesinde RGB görüntülerinde herhangi bir değişiklik olmadığı görölmektedir.

Bu yöntemde eşik kayması 24.12.2020 ve 30.12.2020 tarihlerinde uydu görüntülerinde

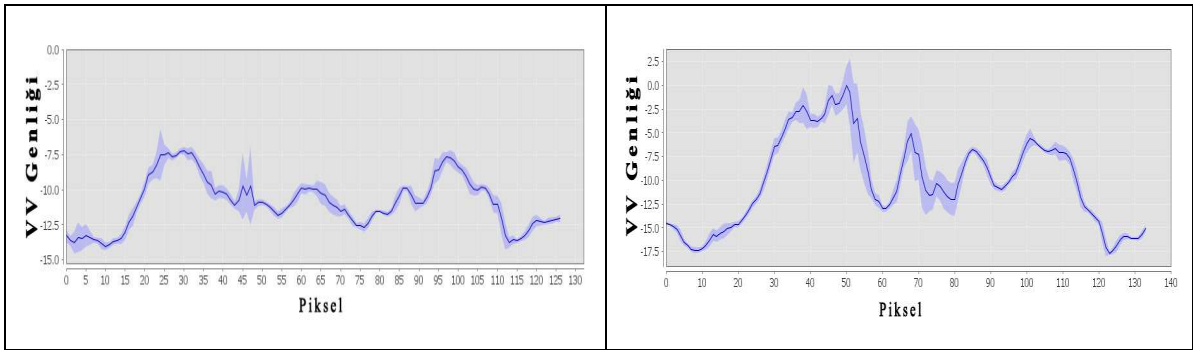
farklı dB değerlerinde dalgalandığı görölmektedir. Verilen dalgalanmalar yüzeyde bir pürüzlülüğün veya değişimin göstergesidir (Şekil 11).

Elde ettiğimiz RGB görüntüsü ile heyelanın meydana geldiği alanda maskeleyme işlemi yaparak heyelan etki alanı belirlenmiş Snap yazılımında Geotiff uzantılı veri yardımıyla 36 hektar alanı etkilediği tespit edilmiştir. Norveç belediye haritalama sistemi (<https://kommunekart.com/>) ile doğruluğu kontrol edildiğinde aynı etki alanına sahip olduğu görölmüştür (36,65 hektar), (Şekil 12).

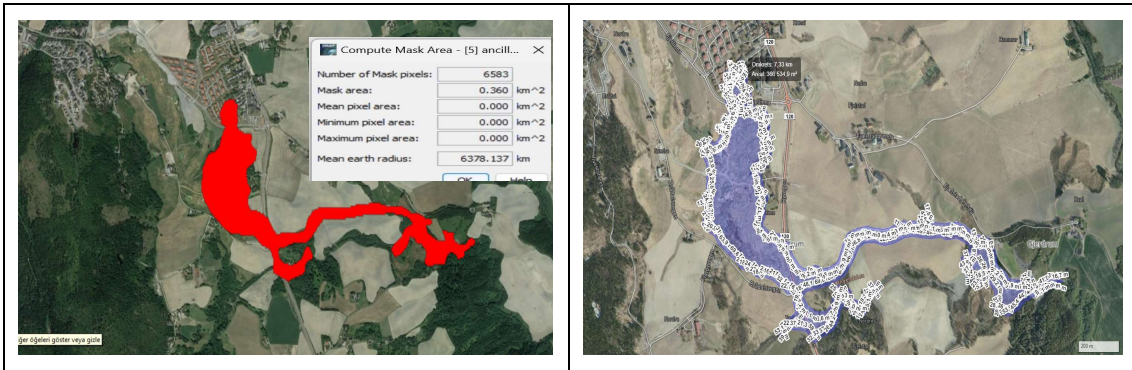


Şekil 10: Heyelan öncesi ve sonrasına ait RGB değişim algılama görüntüleri.

Figure 10: RGB change detection images before and after the landslide.



Şekil 11: VV genlik değerleri için profil grafiği / Figure 11: Profile chart for VV amplitude values.



Şekil 12: Heyelan etki alanı / Figure 12: Impact area of landslide.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 30 Aralık 2020'de meydana gelen Gjerdrum (Ask) heyelanından önce ve sonraki tarihlerde kullanılan uydu görüntüleri ile SNAP yazılımıyla DInSAR ve Filtreleme yöntemleri kullanılarak heyelanın analizi gerçekleştirilmiştir.

DInSAR yöntemi ile yapılan analizde heyelan öncesi sonrasına ait görüntüler kullanılmış ve sonucunda -92mm. ile + 61mm. yer değiştirme belirlenmiştir. Uygulama sahasındaki deformasyonlar Sentinel-1 verileriyle başarılı bir biçimde elde edilmiştir. Ancak DInSAR

yöntemini uygulamasını zorlaştıran etkenlerin (heyelan yönü, hızlı ve ani gelişmesi, atmosferik etkiler) bulunması nedeniyle verimli sonuçlar elde edilememiştir.

Filtreleme yönteminde ise heyelan öncesi ve sonrasına ait görüntüler kullanılarak heyelanın yeri tespit edilmiş ve yer değiştirme miktarı ortaya konulmuştur. Bu yöntem heyelan tespitinin zor olduğu alanlarda destekleyici nitelikte kullanılabilir.

İnterferometrik Geniş Alan (IW) modunun kullanılması ile Sentinel-1 uydu görüntüleri,

interferometrik sentetik açıklıklı radar (InSAR) teknikleri kullanarak heyelan izleme yeteneğine sahip olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışma sonucunda özellikle bölgede önceki yıllarda yer alan akarsu yataklarında değişimler ve bu özelliklere bağlı olarak değişen morfolojik özellikler ile birlikte bölgede 2000'li yıllardan bu yana yaşanan eğim değişiklikleri heyelanı oluşturan sebepler olarak öne çıkmaktadır.

Uydu tabanlı SAR görüntülerinin kullanıldığı uzaktan algılama yöntemleri, karar vericiler için hızlı, ekonomik ve uygulanabilir sonuçlar verdiğinden afet yönetim sürecinde etkin bir analiz yöntemi olduğu görülmüştür.

InSAR veri değerlendirmeleri, afetlerin temel nedenlerine ilişkin önemli bilgiler sağlamaktadır. Bununla birlikte, çeşitli yer hareketi izleme hizmetlerinin kurulabileceğinin kanıtlandığı göz önüne alındığında, InSAR veri kaynaklarının kullanılmasına ihtiyaç olduğu görülmüştür.

Ülkemizde de Norveç ve Finlandiya gibi ülkelerde kullanıma sunulan uydu tabanlı InSAR izleme servisleri gibi benzer sistemler kurulabilir. Bu sistemlerin heyelanların izlenmesi, yer hareketliliğinin tespiti ve aktif sahaların izlenmesinde avantajlar sağlayacağı açıktır.

TEŞEKKÜR

Makale değerlendirme sürecinde değerli öneri ve yorumlarıyla katkı sağlayan iki hakeme ve ayrıca yardımları için derginin sorumlu editörüne teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- AFAD, (2015) Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması Heyelan Temel Klavuzu, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Amitrano, D., Di Martino, G., Iodice, A., Riccio, D., & Ruello, G. (2018). Unsupervised rapid flood mapping using Sentinel-1 GRD SAR images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 56(6), 3290-3299. Doi: 10.1109/TGRS.2018.2797536
- Babagiray, S., & Kalkan, K. (2021). Yağışların tarım alanlarında sebep olduğu göllenmelerin Sentinel-1 uydu görüntüleri ile analizi. *Jeodezi*

ve Jeoinformasyon Dergisi, 8(2), 145-160. Doi: 10.9733/JGG.2021R0011.T

- Bourbig, M., Johnsen, H. ve Piantanida, R., (2016). Sentinel-1 Product Definition, ESA.
- Carlà T, Intrieri E, Raspini F, Bardi F, Farina P, Ferretti A, Colombo D, Novali F, Casagli N (2019) Perspectives on the prediction of catastrophic slope failures from satellite InSAR. *Sci Rep* 9:1. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50792-y>
- Chaturvedi, S. K., Banerjee, S., & Lele, S. (2020). An assessment of oil spill detection using Sentinel 1 SAR-C images. *Journal of Ocean Engineering and Science*, 5(2), 116-135. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.joes.2019.09.004>
- Crosetto, M., Monserrat, O., Cuevas-González, M., Devanthery, N., & Crippa, B. (2016). Persistent scatterer interferometry: A review, *ISPRS J. Photogramm.*, 115, 78–89. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.011>
- Czikhardt, R., Papco, J., Bakon, M., Liscak, P., Ondrejka, P., & Zlocha, M. (2017). Ground stability monitoring of undermined and landslide prone areas by means of sentinel-1 multi-temporal InSAR, case study from Slovakia. *Geosciences*, 7(3), 87. Doi: <https://doi.org/10.3390/geosciences7030087>
- Dabiri, Z., Hölbling, D., Abad, L., Helgason, J. K., Sæmundsson, P., & Tiede, D. (2020). Assessment of landslide-induced geomorphological changes in Hítardalur Valley, Iceland, using Sentinel-1 and Sentinel-2 data. *Applied Sciences*, 10(17), 5848. Doi: <https://doi.org/10.3390/app10175848>
- Dai, C., Li, W., Wang, D., Lu, H., Xu, Q., & Jian, J. (2021). Active landslide detection based on Sentinel-1 data and InSAR technology in Zhouqu county, Gansu province, Northwest China. *Journal of Earth Science*, 32(5), 1092-1103. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12583-020-1380-0>
- Erener, A., & Lacasse, S. (2007). Heyelan duyarlılık haritalamasında CBS kullanımı. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 30.
- Eronat, A. H. (2019). Farklı kaynaklı uydu görüntüleri kullanarak Bakü (Azerbaycan) kıyılarındaki petrol kirliliğinin gözlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 21(61), 47-54. Doi: 10.21205/deufmd.2019216105
- Grebby S, Sowter A, Gluyas J, Toll D, Gee D, Athab A, Girindran R (2021) Advanced analysis of satellite data reveals ground deformation precursors to the Brumadinho Tailings Dam collapse. *Communications Earth & Environment*. 2:1. Doi: <https://doi.org/10.1038/s43247-020-00079-2> |

- Günçe, H. B. (2019). Batı Antalya Heyelanlarının Sar Interferometrisi ile İncelenmesi.
- Intrieri, E., Raspini, F., Fumagalli, A., Lu, P., Del Conte, S., Farina, P., ... & Casagli, N. (2018). The Maoxian landslide as seen from space: detecting precursors of failure with Sentinel-1 data. *Landslides*, 15(1), 123-133. Doi: 10.1007/s10346-017-0915-7
- L'heureux, J. S. (2012). A study of the retrogressive behaviour and mobility of Norwegian quick clay landslides. *Landslide and engineered slopes: protecting society through improved understanding*. Taylor & Francis Group, London, 981-988.
- Li, Y., Jiang, W., Zhang, J., Li, B., Yan, R., & Wang, X. (2021). Sentinel-1 SAR-Based coseismic deformation monitoring service for rapid geodetic imaging of global earthquakes. *Natural Hazards Research*, 1(1), 11-19. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2020.12.001>
- Nava, L., Monserrat, O., & Catani, F. (2021). Improving landslide detection on SAR data through deep learning. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 19, 1-5. Doi: 10.1109/LGRS.2021.3127073
- Necula, N., Niculiță, M., Tessari, G., & Floris, M. (2017, May). InSAR analysis of Sentinel-1 data for monitoring landslide displacement of the north-eastern Copou hillslope, Iași city, Romania. In *Proceedings of Romanian geomorphology symposium (Vol. 1, pp. 11-14)*. Doi: 10.15551/prgs.2017.85
- Penna, I., & Solberg, I. L. (2021). Landscape changes and bedrock reconstruction in Gjerdrum area. *Methodological approach and main results*.
- Potin, P., Bargellini, P., Laur, H., Rosich, B., & Schmuck, S. (2012, July). Sentinel-1 mission operations concept. In *2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (pp. 1745-1748)*. IEEE. Doi: 10.1109/IGARSS.2012.6351183
- Sauvin, G., Lecomte, I., Bazin, S., L'Heureux, J. S., Vanneste, M., Solberg, I. L., & Dalsegg, E. (2013). Towards geophysical and geotechnical integration for quick-clay mapping in Norway. *Near Surface Geophysics*, 11(6), 613-624. Doi: <https://doi.org/10.3997/1873-0604.2012064>
- Schlögl M, Widhalm B, Avian M (2021) Comprehensive time-series analysis of bridge deformation using differential satellite radar interferometry based on Sentinel-1 ISPRS. *J Photogramm Remote Sens* 172:132–146. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.12.001>
- Schlögl, M., Gutjahr, K., & Fuchs, S. (2022). The challenge to use multi-temporal InSAR for landslide early warning. *Natural Hazards*, 1-7. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05289-9>
- Solberg, I. L., Long, M., Baranwal, V. C., Gylland, A. S., & Rønning, J. S. (2016). Geophysical and geotechnical studies of geology and sediment properties at a quick-clay landslide site at Esp, Trondheim, Norway. *Engineering Geology*, 208, 214-230. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2016.04.031>
- Torres, R., Snoeij, P., Geudtner, D., Bibby, D., Davidson, M., Attema, E., ... & Rostan, F. (2012). GMES Sentinel-1 mission. *Remote sensing of environment*, 120, 9-24. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.05.028>
- Varnes, D. J., (1958). "Landslide Types and Processes", *Landslides and Engineering Practice by the Committee on Landslide Investigations*, (Ed: Edwin B. Eckel), Highway Research Board Special Report 29, Washington D.C.
- Zhu, K., Xu, P., Cao, C., Zheng, L., Liu, Y., & Dong, X. (2021). Preliminary identification of geological hazards from songpinggou to feihong in mao county along the minjiang river using SBAS-InSAR technique integrated multiple spatial analysis methods. *Sustainability*, 13(3), 1017. Doi: <https://doi.org/10.3390/su13031017>
- URL-1
<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-1/satellite-description> (Erişim Tarihi: 2022).
- URL-2
<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-1/mission-objectives> (Erişim Tarihi: 2022).
- URL-3
<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-1/instrument-payload> (Erişim Tarihi: 2022).
- URL-4
<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-1/data-products> (Erişim Tarihi: 2022).

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

AŞAĞI PINAR (KIRKLARELİ/TÜRKİYE) TARİH ÖNCESİ YERLEŞİMİNİN COĞRAFI VERİLER VE CBS TEKNOLOJİLERİYLE YAŞAM ÇEVRESİ ANALİZİ

The Living Environment Analysis of The Prehistoric Settlement of AŞağı Pınar (Kırkırelı/Türkiye) Using Geographical Data and GIS Technologies

Özlem YURTSEVEN UYAR^a & Hüseyin TUROĞLU^b

^a İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, İstanbul
ozlemyurtsevenuyar@ogr.iu.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-9097-2449>

^b İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul
turogluh@istanbul.edu.tr <https://orcid.org/0000-0003-0173-6995>

Makale Tarihçesi

Geliş 20 Kasım 2022

Kabul 28 Aralık 2022

Article History

Received 20 November 2022

Accepted 28 December 2022

Anahtar Kelimeler

Tarihöncesi yerleşme, Neolitik Dönem
Fiziki Coğrafya, CBS, Yaşam çevresi

Keywords

Prehistoric settlement, Neolithic
Period, Physical Geography, GIS,
Living environment

Atıf Bilgisi / Citation Info

Uyar, Y.Ö. Turoğlu, H. AŞağı Pınar (Kırkırelı/Türkiye) Tarih Öncesi Yerleşiminin Coğrafi Veriler ve CBS Teknolojileriyle Yaşam Çevresi Analizi / The Living Environment Analysis of The Prehistoric Settlement of AŞağı Pınar (Kırkırelı/Türkiye) Using Geographical Data and GIS Technologies, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2023 (10): 78-90

doi: 10.46453/jader.1207499

ÖZET

Kırkırelı il merkezinin güneyinde yer alan AŞağı Pınar tarihöncesi yerleşmesi, MÖ 6200-4700 yıllarına tarihlenen ve Neolitik költürün Avrupa'ya aktarım sürecini temsil eden bir yerleşmedir. Arkeolojik kalıntı ve buluntular, yerleşme alanlarının belirlenmesindeki temel delillerdir. Tarihöncesi yerleşmelerin yaşam çevresinin, bu delillerin bulunduğu alanlarla sınırlı olmadığı genel olarak kabul edilmektedir. Ancak yaşam çevresinin alan olarak tanımlanması oldukça tartışmalı bir konudur. Bu çalışmada; AŞağı Pınar'da yürütölen araştırmalara katkı sağlamak için CBS teknolojileri kullanılarak Neolitik habitata ait veri üretilmesi, üretilen bu verilerin haritalanması ve bunların coğrafi bakış açısıyla yorumlanması hedeflenmiştir. Tarihöncesi yerleşimleri için ekonomik faaliyetler, güvenlik ve doğal kaynaklara ulaşım belirleyici faktörlerdir. Bu üç faktör, aynı zamanda, doğrudan ya da dolaylı olarak sahanın fiziki coğrafya özelliklerini de temsil eder. Bu temel yaklaşım çerçevesinde; AŞağı Pınar yerleşmesi merkez alınarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri ile fiziki coğrafya analizleri yapılmıştır. Mekânsal analizler ve arkeolojik referans bilgileri bir arada değerlendirilerek, yerleşimin etkileşim alanının doğal sınırları belirlenmiştir. Bu analiz; bir insanın bir saatte yürüyerek alabileceği mesafe; başlangıç noktasına uzaklık, eğim, akarsular gibi özelliklerin ağırlıkları belirlenerek, 12,5 m yersel çözünürlüğe sahip Sayısal Yükselti Modeli (DEM) üzerinden gerçekteşirilmifitir. Yürüme analizinde "Cost Distance" aracıyla, 10 dakikalık aralıklarla sınıflandırma yapılmıştır. Etkileşimde bulunulan alan; iki saatlik mesafeyle sınırlandırılmıştır. İlk bir saatlik yürüyüş mesafesini kapsayan alan "yoğun etkileşim alanı", ikinci bir saatlik yürüyüş mesafesi ise "erişilebilir alan" olarak tanımlanmıştır. Analiz sonucunda; AŞağı Pınar höyüğü merkez alınarak, "Yoğun etkileşim alanı" ve "Erişebilir alan" sınırları belirlenmiştir. Erişebilir alan sınırı; AŞağı Pınar tarihöncesi yerleşimin etkileşim havza sınırı olarak kabul edilmiştir. Genel olarak, düz veya az eğimli, su problemi olmadığı kabul edilen arazilerden oluşan yoğun etkileşim alanının tarımsal faaliyetler için kullanıldığı öngörölmüştür. Erişilebilir alan içerisinde nispeten eğimli ve engebeli alanları ise prehistorik dönemin genel karakterine uygun olarak; hayvancılık, avcılık ve doğadan toplayıcılık faaliyetlerinde kullanıldığı kabul edilmiştir.

ABSTRACT

The AŞağı Pınar prehistoric settlement, located in the south of Kırkırelı city center, is a transitional settlement dating back to 6200-4700 BC and representing the transfer process of Neolithic culture to Europe. Archaeological remains and finds are the primary evidence in determining the settlement area of prehistoric settlements. It is generally accepted that the habitats of prehistoric settlements are not limited to areas containing this evidence. However, the spatial definition of this living environment is a highly controversial issue. In this study, in order to contribute to the prehistoric research carried out in AŞağı Pınar, it was aimed to produce data on the prehistoric habitat using GIS technologies, to make maps of these produced data, and to interpret them from a geographical point of view. Economic activities, security, and access to natural resources are essential for prehistoric community settlements. These three factors also directly or indirectly represent the physical geographical features of the region in the prehistoric period. Within the framework of this basic approach, physical geography analyzes of the region were made using Geographic Information Systems (GIS) technologies, considering the AŞağı Pınar mound as the center. By evaluating spatial analysis and archaeological reference information together, the natural boundaries of the interaction area of the prehistoric

settlement were determined. The weights of features such as the distance a person can walk in one hour, the distance to the starting point, slope, and streams were determined and analyzed using the Digital Elevation Model (DEM) with a spatial resolution of 12.5 m. The gait analysis classification was made at 10-minute intervals with the Cost Distance tool. The interacted area was limited to a distance of two hours. The area covering the first one-hour walking distance was defined as the intensive interaction area, and the second 1-hour distance was defined as the accessible area. As a result of the analysis; By centered on the Aşağı Pınar mound, the boundaries of the Intensive interaction area and Accessible area were determined. The accessible area boundary has been accepted as the interaction basin boundary of the Aşağı Pınar prehistoric settlement. The intense interaction area, which consists of flat or slightly sloping lands, considered to have no water problems, was predicted that be used for agricultural activities. It has been accepted that the relatively sloping and rugged areas within the accessible area were used in animal husbandry, hunting, and nature-gathering activities by the general character of the prehistoric period.

© 2023 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1.GİRİŞ

Farklı coğrafi ve kültürel özellikler gösteren bölgelerinin temas noktasını oluşturan konumu dolayısıyla, Trakya; çevre ve uygarlık tarihinin anlaşılması bakımından ayrıcalıklı bir öneme sahiptir. Bölgeler arası etkileşim alanında yer alan bu gibi sahalar, kimi zaman ilişki sağlayan bir geçiş hattı, kimi zaman etkileşimin kopmasına neden olan bir engel olarak tanımlanır. Ancak kültür tarihi araştırmaları göstermiştir ki Trakya, Anadolu'da doğup gelişen Neolitik kültürün Avrupa'ya aktarılırken yeniden biçimlendirildiği; dolayısıyla bölgeler arasındaki etkileşimin daha karmaşık seyir izlediği bir bölgedir. Bu bölge üzerinden olan geçişlerde Trakya'nın sadece bir köprü olmadığı, gelenler hangi yönden gelirse gelsin, diğer bölgeye geçmeden burada farklı bir uyum süreci geçirdiği anlaşılmaktadır (Özdoğan & Özdoğan, 2007). Bu durum Trakya'yı, tarih öncesi yaşam ve onu şekillendiren çevresel koşullarının araştırılması açısından son derece değerli kılmaktadır. Dikkat çekici coğrafi konumuna ve kültür tarihi bakımından taşıdığı öneme rağmen yeterince araştırılmaması nedeniyle, Trakya; çevresindeki bölgelerle kıyaslandığında, tarih öncesi dönem açısından en az bilinen bölgedir (M. Özdoğan, 2013b). Buradaki bilgi eksikliğinin doğđal sonucu olarak, Asya ve Avrupa arasındaki kültürel etkileşimi açıklamaya çalışan araştırmalar, sonuçların kanıtlanması için gerekli somut çevresel verilerden yoksun kalmış; ileri sürülen çeşitli varsayımlar, üzerlerine çok tartışıldığı halde ispatlanamamıştır (M. Özdoğan, 2011).

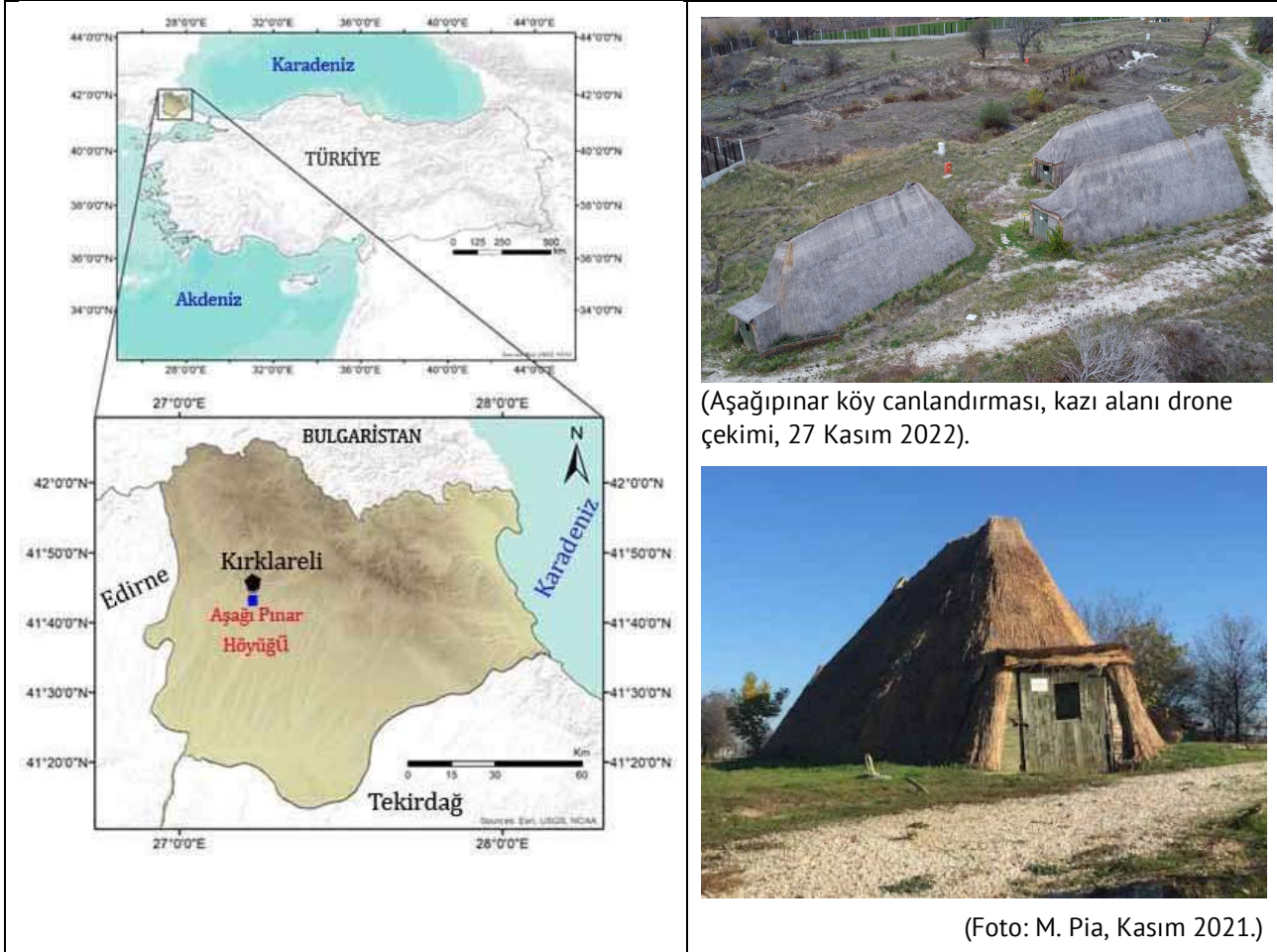
Kültür tarihi araştırmaları; arkeolojik buluntuların tanımlanması, tarihlendirilmesi ve senaryolaştırılması yoluyla

gerçekleştirilmektedir. Oysa özellikle tarih öncesi dönemlere ait fiziki ve kültürel yaşam çevresi coğrafi şartların kontrolünde şekillenmektedir. İklim ve bitki örtüsü başta olmak üzere bioçeşitlilik kontrolünde yapılan avcı-toplayıcılık, jeomorfolojik ve hidrolojik imkânlarla bağlı olarak belirlenen yerleşme yeri seçimi, doğđal organik ya da inorganik malzemeler kullanılarak yapılan aletler, çevrenin tarih öncesi yaşam üzerindeki şekillendirici rolüne işaret etmektedir (Turoğlu, 2006; Turoğlu, 2011). Dolayısıyla tarih öncesi çağların anlaşılması ancak geçmiş yaşam çevresinin tanımlanması ve ardından çevre-kültür ilişkilerinin kurulması yoluyla mümkün olmaktadır. Bu itibarla, stratigrafinin açığa çıkarılması, buluntu ve kalıntıların mekansal ilişkilerinin kurulması arkeolojik araştırmalara önemli katkı yapar. Bu kapsamda analitik fiziki coğrafya verilerinin doğđru ve yeterli içerikleri ile kullanılması kalıntı bulgu lokasyonlarından daha geniş alanlara erişebilen yaşam çevresi ve etkileşim alanının belirlenebilmesine imkan verir (Turoğlu 2007; Turoğlu, 2011). Bunun için arkeolojik kazılardan elde edilen referans bilgiler ve yaşam çevresinin, multidisipliner bir yaklaşımla bir arada değerlendirilmesi, kanıtlanabilir bir geçmişin ortaya çıkarılması açısından anlamlıdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri tarih öncesi yerleşimlerin habitatını anlama, yerleşim modellerine ait rekonstrüksiyon analizleri için alternatif fırsatlar vermektedir (Turoğlu, 2006; Turoğlu, 2011; Breeze, vd. 2015; Turoğlu, 2020; Liu, vd. 2021).

Kırklareli il merkezinin güneyinde, modern kentin yerleşim sınırında yer alan Aşağı Pınar

tarih öncesi yerleşmesi, Istranca Dağları'nın güneye doğru alçalan eteklerinde, Ergene Havzası'nın kuzeyinde (41°43'17" Kuzey - 27°13'33" Doğu) bulunmaktadır (Şekil 1).

Bu çalışmada; Aşağı Pınar'da yürütülen tarih öncesi araştırmalara katkı sağlamak için CBS teknolojileri kullanılarak prehistorik habitata ait veri üretilmesi, üretilen bu verilerin haritalanması ve bunların coğrafi bakış açısıyla yorumlanması hedeflenmiştir.



Şekil 1: Aşağı Pınar tarih öncesi yerleşmesi lokasyon haritası ve kazı sahası / **Figure 1:** The location map and archaeological site of the Aşağı Pınar prehistoric settlement.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Veri tabanı oluşturulması, analiz ve harita çalışmaları CBS ve UA teknolojileri kullanılarak (Turoğlu, 2020) sayısal ortamda gerçekleştirilmiştir. ArcGIS 10.8 yazılımı imkanlarıyla yapılan analizlerde, etkileşim havzasına ait yersel çözünürlüğü 12,5 m. olan 2008 tarihli, tiff formatında temin edilen ALOS PALSAR High-Resolution DEM verisi (ASF, 2008) kullanılmıştır.

Aşağı Pınar tarih öncesi yerleşmesinin yaşam çevresini belirleyici fiziki coğrafya parametreleri olarak; jeomorfolojik özelliklere ait (Eğim, Bakı, Topografik Engebelilik) yüzey analizleri ve hidrografik özelliklere ait morfometrik indis (Akarsu Güç İndisi, Akarsu

Uzunluk Gradyan İndisi, Topografik Nemlilik İndisi) analizleri çalışılmış, Aşağı Pınar topluluğunun yaşam çevresi analizi için çalışma alanının sınırlarının belirlenmesinde "etkileşim alanı analizi" kullanılmıştır.

Literatürde "Site-Catchment Area Analysis" olarak adlandırılan yerleşme dışı analizler ilk kez Claudio Vita-Finzi ve Eric Higgs (1970) tarafından İsrail'deki çalışmalar sırasında sistematik biçimde uygulanmıştır. Arkeolojik yerleşmeler için "etkileşim alanı" veya "etkileşim havzası" kavramı en genel tanımıyla; yerleşmenin ekonomisinin etkin olduğu, sahanın doğal kaynakları ve teknoloji arasındaki ilişkinin incelenmesi ile belirlenen alandır (Vita-

Finzi, 1978). Buradaki ‘‘Havza’’ terimi jeomorfolojiden alınmıştır ve yerleşme sakinlerinin kaynaklarını elde ettikleri alanı ifade etmektedir (Roper, 1979). Teorik altyapısı etnografik araştırmalar ve ekonomik coğrafyadaki çalışmalar tarafından desteklenen ‘‘Alan-Havza’’ analizinde temel tema; insan ve hayvanların merkezi bir yerden yola çıkararak, mevsime ve arazi koşullarına gore değişen mesafelerde, etkileşimde olunan alanın belirlenmesidir. Buradaki yaklaşım; ekonomiye konu olan kaynağa ulaşmak için alınan yol, yerleşmenin konumu ve işleviyle yakından ilişkilidir. Bu konuda yrtlen arkeolojik araştırmalar; avcı-toplayıcı grupların, yerleşme alanlarından iki saatlik yürüyüş mesafesindeki bir alandan beslendiklerini ortaya koymuştur (Flannery, 1976; Roper, 1979; Bintliff, 1999). Söz konusu mesafe, iskn alanını içine kalan ± 10 km çapındaki bir alana (etkileşim havzası) karşılık gelmektedir. Bu mesafe; tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin yoğun olduğu topluluklarda farklılaşmaktadır. Tarım topluluklarının, yerleşmelerinden bir saatlik yürüyüş mesafesi veya 5 km çapındaki bir alanı, hayvancılık yapan toplulukların ise iki saatlik yürüyüş mesafesi veya 10 km. apındaki bir alanı kullandıkları kabul edilmektedir (Flannery, 1976; Roper, 1979; Bintliff, 1999).

Arkeolojik yerleşmeyi çevreleyen bir veya bir dizi bölge belirlenmesi ve bu alanların kaynak potansiyeli değerlendirilmesinin yapılması esasına dayanan etkileşim alanı analizleri birkaç yolla gerçekleştirilmektedir. Pek çok çalışmada sabit yarıçaplı dairesel bölgeler veya birim zamanda alınan yol üzerinden çalışma alanları bölgesel olarak sınırlandırılmıştır. Bununla birlikte her yerleşmede geçerli olabilecek bir uygulama yönteminden bahsetmek mümkün değildir. Zira yerleşmelerin yer aldığı alanın boyut ve Şekil zellikleri yerleşmelerin niteliğine göre farklılık arz etmektedir. Flannery (1976) etkileşim alanının, bölgedeki doğal kaynaklar esas alınarak belirlenmesi gerektiğini, Bintliff (1999) ise yerleşimlerin konumlarının merkez kabul edilerek bu alanın tespit edilebileceğini belirtmiştir. Her iki bakış açısında da bölge içindeki dik yamaçların, kayalık alanların veya gllerin kullanılamaz alanlar olarak kabul edilmesi gereklidir. Turoğlu (2006; 2007; 2011; 2021) ise arkeolojik

yerleşmelerin etkileşim alanlarının ve araziden faydalanma özelliklerinin belirlenmesinde o dönemin topografik eğim, bakı, yarılma derecesi(engebelilik), yükselti gibi fiziki coğrafya özelliklerinin anlaşılmasını ön plana çıkartmıştır.

Bu referans bilgilerle, bu çalışmada, Aşağı Pınar yerleşmesi için etkileşim alanı olarak belirlenecek sahanın doğal sınırlara ve insan faktörüne bağlı olarak ölçeklendirilmesi esas alınmıştır. Etkileşim alanı belirlenirken yerleşmenin alansal büyüklüğü ve meknsal etkileşimde bulunulan alanın jeomorfolojik özellikleri ağırlık çarpanı olarak kullanılmıştır. Bir insanın bir saatte alabileceği mesafe; başlangıç noktasından artan uzaklık, eğim koşulları, akarsular, yerleşmeler gibi özelliklerin yürüme etkisi üzerindeki ağırlıkları belirlenerek (Cost Distance aracıyla) 10 dakikalık aralıklarla sınıflandırılan yürüme analizi yapılmıştır. Yaşam evresi; Aşağı Pınar merkezde olacak Şekilde her yöne doğru iki saatlik mesafeyle sınırlandırılmıştır. İlk bir saatlik yürüyüş mesafesini kapsayan alan ‘‘yoğun etkileşim alanı’’, ikinci bir saatlik yürüyüş mesafesi ise ‘‘erişilebilir alan’’ olarak tanımlanmıştır.

Aşağı Pınar topluluğunun yaşam çevresindeki fiziki coğrafya unsurlarının tarihöncesi arazi kullanımına etkisinin belirlenmesi için Jeomorfolojik (eğim, bakı, topografik engebelilik analizleri) ve Hidrografik (Akarsu Uzunluk Gradyan İndisi, Akarsu Güç İndisi, Topografik Nemlilik İndisi analizleri yapılarak sonuçlar haritalanmıştır.

Çalışma alanı yakın çevresinde Neolitik dönemden bu yana büyük jeomorfolojik değişimlerin olmadığı (Turoğlu, 2006) kabul edilerek, güncel verilerle yapılan meknsal analiz sonuçları, Neolitik döneme ait Jeomorfolojik zellikler hakkında çıkarımlar ve değerlendirmeler yapma amaçlı kullanılmıştır. Yerleşmenin kuzey sınırını oluşturan Haydardere günümüzde akıştan yoksun olduğundan, önceki drenaj durumunun anlaşılabilmesi için havzanın hidrolojik modelinin retilmesi ArcMap, Spatial Analyst Tools imkanları ile gerekleştirilmifitir.

3. BULGULAR

3.1. Aşağı Pınar Yerleşmesi

Aşağı Pınar tarih öncesi yerleşmesi (şekil 1), temelde tarım ve hayvancılığa dayalı geçim ekonomisine sahip, çiftçi yerleşimi olan, bölgede tarıma dayalı ilk köy topluluklarının başlangıç ve gelişiminin izlendiği bir yerleşmedir (E. zdoğan, 2016). Ayrıca, demir ve bakır yataklarıyla tarih boyunca önemli bir konumda olan İstıranca Dağları'na yakınlığı, Orta ve Son Neolitik dönemlerinde Aşağı Pınar'da malahit işçiliğinin gelişmesini sağlamıştır (M. zdoğan, 2013a:14). Çevrede bulunan tatlı su kaynakları burayı çeşitli açılardan yerleşime elverişli kılmaktadır. Aşağı Pınar'ın kuzeyinden geçen ve günümüzde kurumuş olan Haydardere, Ergene Nehri'nin kollarından biri olan şeytandere'ye bağlanır. Benzer şekilde yerleşmenin batısında (günümüzde kurumuş bataklık olan) bir su kaynağı daha bulunmaktadır. Dağ ve ova ortamları arasında bir geçiş alanına konumlanan Aşağı Pınar, hem ormanlık alanlar hem de tarıma uygun ekilebilir araziler ile besin ve hammadde kaynakları bakımından elverişli bir doğal çevreye sahip olmuştur.

1980 yılında yapılan yüzey araştırmalarında ilk olarak "Salhane" ismiyle kayda alınan Aşağı Pınar yerleşmesinde, 1993 yılında başlayan arkeolojik kazı çalışmaları, 4500 m²'lik bir Alana ulaşılarak 2019 yılında tamamlanmıştır. Arkeolojik buluntuların 200x200 m boyutlarında bir alanda yoğunlaştığı gözlenmekle birlikte, yerleşmenin sınırları tam olarak tespit edilememiştir. Dolgu kalınlığı en fazla 3 metreye ulaşan hyk yayvan biçimlidir. M 6200-4700 yılları arasına tarihlenen ve Anadolu kronolojisine göre Son Neolitik – Orta Kalkolitik, Balkan kronolojisine göre İlk Neolitik – Son Neolitik Dönem'e kadar olan süreci kesintisiz olarak yansıtan 9 tabaka tespit edilmiştir. Hyğn kuzeyinde başlayan yerleşim zamanla güneye doğru genişlemiştir (M. zdoğan, 2013b:183).

Aşağı Pınar höyüğünde hayvan kalıntıları üzerine yapılan çalışmalarda yerleşmenin besin ekonomisi ve doğal evre ortamı açısından bilgi vermektedir. Aşağı Pınar etkileşim alanında alageyik, kızıl geyik, karaca, yaban domuzu, yaban sığırı ve Avrupa bizonundan oluşan

toynaklı yabani memeliler avlanmıştır (Benecke, 2008). Alageyik ve karaca ormanlık alanlarda; yaban domuzu dere kenarlarında ve meralarda, kızıl geyik ormanlık ve çayırılık alanlarda avlanan hayvan türlerini oluşturmaktadır (Turan, 1984). Yapraklı ormanlarda, steplerde, bataklık kenarlarında yaşayan bayağı tavşan da avlanan diğer yabani memelilerdendir. Çalışma sahasındaki buluntulardan hareketle, yabani hayvan avcılığı; beslenme, kemik alet işçiliği, deri ve boynuz kullanımı gibi sebeplerle yapıldığı anlaşılmaktadır.

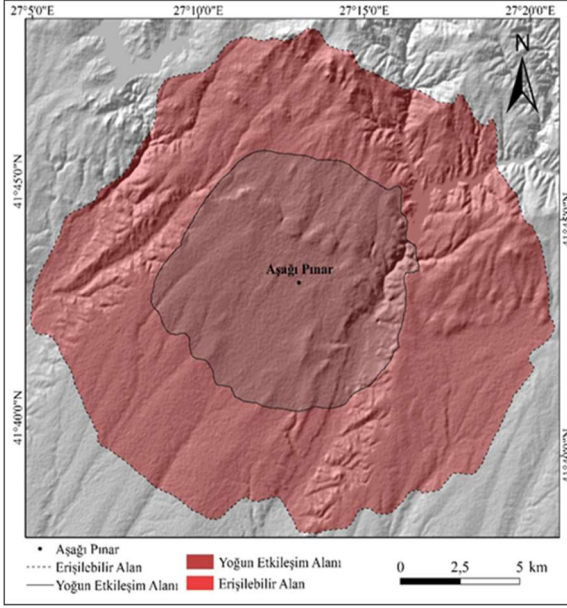
Koyun, keçi, sığır, domuz ve köpek ise evcilleştirilen hayvan türleridir. Koyun, keçi, sığır ve köpek yerel olarak bölgede bulunmayan ve evcilleştirmenin n evreleri görülmeyen hayvan türleridir (Azeri, 2015: 130-138). Aşağı Pınar'da; Batı Anadolu, Yunanistan ve Bulgaristan yerleşmelerine benzer özelliklere sahip tarıma alınan bitki türleri bulunmaktadır. Bunlar; emmer (kavılca) buğdayı (*Triticum dicoccum*) ile einkorn (siyez ya da kaplıca) buğdayı (*Triticum monococcum*) beslenmede önemli yer tutan bitki türleri arasındadır. Mercimek (*Lens culinaris*), mürdümük (*Lathyrus sativus*), burçak (*Vicia ervilia*) ve bezelye (*Pisum sativum*) diğer bitki türleridir (Neef, 1998).

3.2. Etkileşim Analizi

Etkileşim analizinde, jeomorfolojik özelliklerde, Aşağı Pınar yerleşimi periyodundan günümüze önemli değişikliklerin olmadığı varsayımı temel alınmıştır. Etkileşim alanı analizi sonucuna göre belirlenen çalışma alanı; Aşağı Pınar hyğ merkez olmak üzere, kabaca daire şeklinindedir (şekil 2).

Bu şekil özelliği sahanın jeomorfolojisi ile uyumlu olarak ortaya çıkmıştır. 1 saat yürüme mesafesine ait "yoğun etkileşim sahası" ve iki saatlik yürüme mesafesini tanımlayan "erişilebilir alan" olmak üzere iki bölgeden oluşan çalışma sahasında en uzun mesafeler; doğu-batı aksında ve verimli topraklara sahip düz ovanın olduğu güney bölümünde ortalama 11 km kadardır. Buna karşılık, morfolojik kısıtlılıkların bulunduğu kuzey bölümünde aynı sürede ortalama 8,5 km kadar mesafenin kat edilebileceği hesaplanmıştır (şekil 2). Yerleşmenin metrik tabanlı ölçümler ve tarımsal kullanım hesabı dikkate alınarak değerlendirildiğinde 30 ha (300 dekar)

boyutlarına ulaşan toplam etkileşim alanı; yerleşme ekonomisinde ihtiyaç duyulan doğal kaynak potansiyelini karşılayacak büyüklüktedir (Şekil 2).



Şekil 2: Aşağı Pınar Tarihöncesi Yerleşmesine ait Yoğun Etkileşim Alanı ve Erişilebilir Alan / **Figure 2:** Intensive Interaction Area and Accessible Area for the Aşağı Pınar Prehistoric Settlement.

3.3. Jeomorfolojik Özellikler

Tarihöncesi toplulukların yerleşim tercihleri için sahanın eğim, topografik engebelerlik, baki, yükselti, vb. jeomorfoloji elemanları belirleyici rol oynamıştır (Turoğlu, 2007; Turoğlu, 2010; Turoğlu, 2011). Etkileşim alanı içerisinde araziden yararlanma açısından eğim grupları dikkate alınarak, ana topografik özellikler; düzlükler ve düze yakın hafif dalgalı düzlükler,

dalgalı düzlükler ve az eğimli yamaçlar, orta eğimli ve hafif engebeli alanlar, dik eğimli ve çok dik eğimli yamaçlar olarak sınıflandırılıp yüzdelik oranları ve alan hesaplamaları yapılmıştır (Selassie vd., 2015; Turoğlu, 2011; Turoğlu, 2021). Her bir eğim sınıfının uygunluk gösterdiği arazi kullanım özellikleri, yerleşmenin geçim ekonomisi üzerinde yönlendirici rol oynamaktadır (Tablo 1).

Eğim sınıflarının dağılımında en dikkat çekici özellik; düz, düze yakın ve hafif eğimli yüzeyler olarak tanımlanan alanların çalışma alanının %81,38'ini kaplamasıdır (Şekil 3) (Tablo 2). Dalgalı düzlükler ve az eğimli yamaçlar havzanın %9,25'ini oluşturmaktadır. Bu alanlar genellikle; vadiler arası sırtlar, vadi tabanı düzlükleri ile yüksek sahalardaki kademe düzlükleri ve alçak platolardır. Düzlükler ve hafif eğimli araziler ile tepelik sahalardaki yamaçları oluşturan bu alanlar tarım ve bahçecilik faaliyetlerini devam ettirmeye uygun sahalardır. Aşağı Pınar etkileşim alanının %6,22'sini oluşturan orta eğimli ve hafif engebeli alanlar ise genellikle akarsu vadileri boyunca yer alırlar. Vadi yamaçlarını, yüksek tepelerin etek bölümlerini kapsayan bu sahalarda mera ve kısmen ormanlık alanlara karşılık gelirler. Hayvancılık, avcılık ve doğadan toplayıcılık faaliyetlerinde kullanıma uygundur. Dik eğimli, dik ve çok dik eğimli yamaçların ise yalnızca %3,15 oranındadır. Sınırlı boyutlara sahip olan bu alanlar arazi kullanımı açısından orman ve mera alanlarını oluşturmaktadırlar.

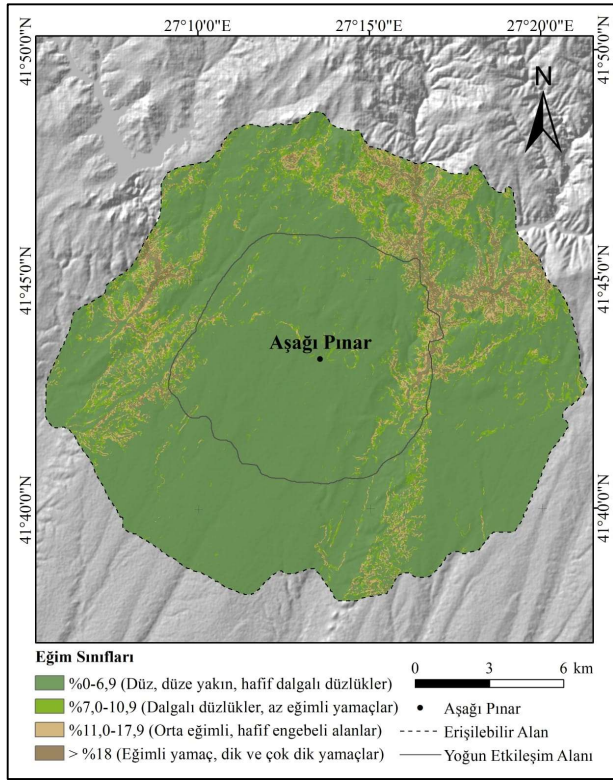
Tablo 1: Çalışma alanındaki eğim, jeomorfik birimler ve arazi kullanımı ilişkisi (Turoğlu, 2021) / **Table 1:** Relationship among the slope features, the geomorphic units, and the land use features in the study area (Turoğlu, 2021).

Jeomorfik Birim	Eğim Sınıfı	Arazi Kullanımı
Düz, düze yakın, hafif dalgalı düzlükler	% 0-6,9	Tarım, bahçecilik, yerleşme
Dalgalı düzlükler, az eğimli yamaçlar	% 7,0-10,9	Tarım ve bahçecilik, hayvancılık
Orta eğimli, hafif engebeli alanlar	% 11,0-17,9	Hayvancılık, kısmen orman
Dik eğimli ve çok dik eğimli yamaçlar	> % 18	Hayvancılık ve orman

Tablo 2: Aşağı Pınar Yerleşmesi ve Çevresinin Eğim Analizi Sonuçları / **Table 2:** Slope analysis results of the Aşağı Pınar settlement and its surroundings.

Eğim	Değer	Alan (m ²)	Oran (%)
	% 0-6,9	244.021,63	81,38
	% 7,0-10,9	27.721,87	9,25
	% 11,0-17,9	18.650,02	6,22
	> % 18	9.456,48	3,15

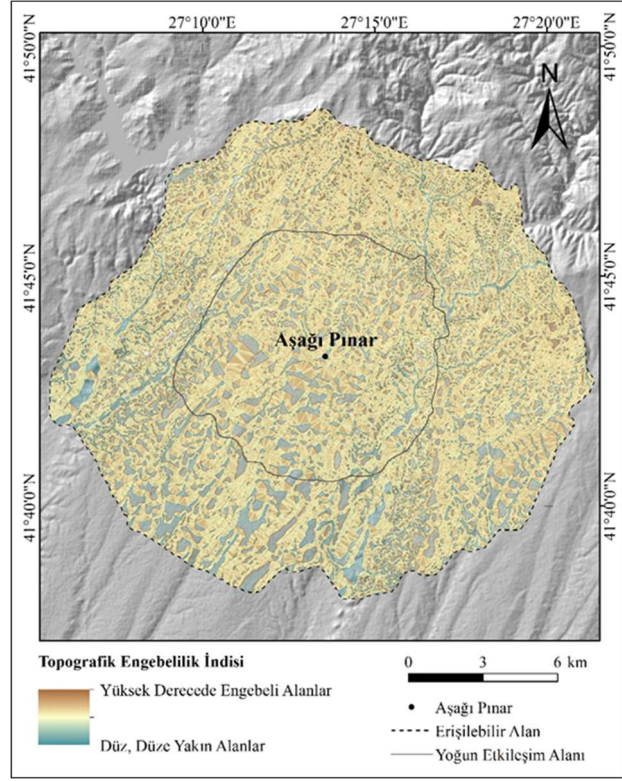
Engebelilik haritası değerlendirildiğinde ise benzer şekilde, indeksin maksimum seviyelere ulaştığı yerlerin, yoğun etkileşim sahasının dışında daha fazla olduğu grlmektedir. İlk bir saatlik yürüyüş mesafesini kapsayan yoğun



Şekil 3: Aşağı Pınar yerleşmesi ve çevresinin eğim haritası.

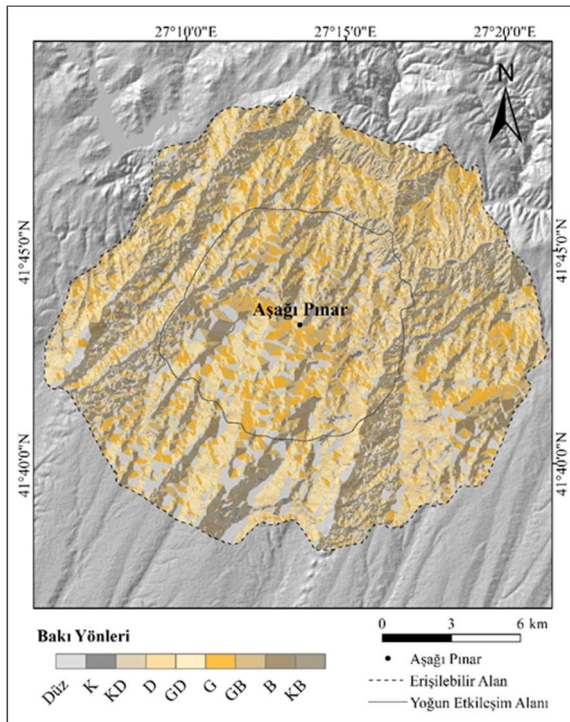
Figure 3: Slope Map of the Aşağı Pınar settlement and its surroundings.

etkileşim sahası içinde dşuk olan engebelilik değerleri, iki saatlik yürüyüş mesafesini kapsayan erişilebilir saha içerisinde daha yüksek seviyelere erişmektedir (Şekil 4).



Şekil 4: Aşağı Pınar yerleşmesi ve çevresinin topografik engebelilik haritası.

Figure 4: Topographic roughness map of the Aşağı Pınar settlement and its surroundings.



Şekil 5: Araştırma sahasının baki haritası.

Figure 5: Aspect map of the research area.

Tablo 3: Çalışma sahasının baki analizi sonuçları.

Table 3: Aspect analysis results of the study area.

	Yn	Alan (m ²)	Oran (%)
Baki	Düz	60.540,00	20,18
	K	10.200,00	3,40
	KD	9.750,00	3,25
	D	23.400,00	7,80
	GD	48.360,00	16,12
	G	41.310,00	13,77
	GB	38.640,00	12,88
	B	39.030,00	13,01
	KB	28.620,00	9,54

Çalışma sahasında engebeli alanların nispeten az yer kapladığı grlmektedir. Sahanın büyük bir çoğunluğu dşuk engebelilik değeri gösterdiğinden, tarımsal faaliyetleri ve ulaşımı sınırlandıran alanların az olduğu söylenbilir. Engebeliliğin görece fazla olduğu sahalarda,

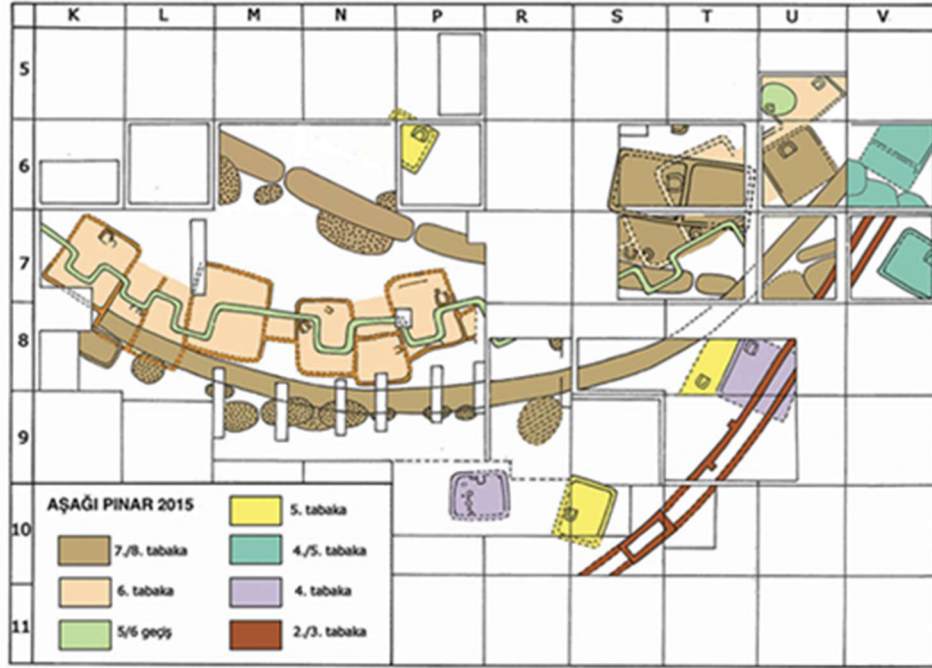
yoğun etkileşim alanına kıyasla tarımsal faaliyetler ve ulaşım açısından elverişli olmayan bölgelerdir ve fakat bu gibi bölgelerin yabani yaşam bakımından daha zengin olan alanlar olması hayvancılık, avcılık ve toplayıcılık gibi faaliyetlere elverişlilikleri dolayısıyla tarih öncesi yaşam için farklı imkanlar sunmaktadır.

Aşağı Pınar etkileşim alanınının bakı haritasında yamaç yönelim oranları sırasıyla güneydoğu (%16,12), güney (%13,77), batı (%13,01), güneybatı (%12,88), kuzeybatı (%9,54), doğu (%7,80), kuzey (%3,40) yönlerindedir. Çalışma sahası en az kuzeydoğu (%3,25) yönlenmiştir. Düz alanlar ise sahanın %20,18'ini oluşturmaktadır. Genel olarak güney yönelimli olan arazide, batı yönelimli alanlar ikinci sıradadır. Yoğun etkileşim alanınının dışında yer

alan dik eğimli yamaçlarda ise kuzey bakı grubunun daha fazla alan kapladığı görülmektedir (Tablo 3, Şekil 5).

Etkileşim alanınının büyük bölümünün güney ve batı yönelimli ya da düz arazilerden oluşması güneşlenme süresinin ve etkisinin daha uzun olmasına ve dolayısıyla zirai verimliliğin de yüksek olmasına fırsat vermektedir.

Genel bakı yönünün güney grubunda fazla olması, tarım ve bahçecilik faaliyetlerinde vejetasyon süresi açısından anlamlı avantajlar sunmaktadır. Buna karşın yerleşmenin, ilk evresinde kuzey yönüne açık olarak inşa edilmesinde, höyüğün kuzeyinde bulunan su kaynaklarının etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6: Aşağı Pınar tarihöncesi yerleşimi "kuzey alan" vaziyet planı (kazı arşivinden alınmıştır) / **Figure 6:** The site plan of the Aşağı Pınar prehistoric settlement 'northern sector' (taken from the excavation archive).

MÖ. 6. binin ilk çeyreğine tarihlenen ve İlk Neolitik Dönemin sonunu temsil eden 6. tabakada kazısı yapılan ve 5x110m ölçülerindeki bir alanda yer alan, alanları 35-65m² arasında değişen 20 mekân, kuzeye doğru içbükey bir yay çizen bitişik düzende inşa edilmiştir (Şekil 6) (M. Özdoğan, 2010: 362; E. Özdoğan, 2011: 214).

Yerleşme vaziyet planınının bu şekilde gelişmesi, su kaynaklarının yanı sıra ilk bakışta Holosen Klimatik Optimumu'nun sağladığı iklimsel avantajları düşündürmektedir. Klimatik çıkarımlara imkân veren, Anadolu'da

gerçekleştirilmiş ve radyometrik tarihlendirmeleri yapılmış araştırmalarının sonuçları; Anadolu'yu etkisi altına alan soğuk ve sıcak iklim koşullarının genel anlamda, küresel iklimik olaylarla paralellik gösterdiğine işaret etmektedir. Özellikle Orta Anadolu için genelleştirilmiş Holosen iklimik olayları (Roberts, vd. 2001; Jones, vd. 2007; Şenkul, vd. 2013; Turoğlu, 2015; Jacobson, vd. 2022), söz konusu 6. tabakanın iskân süresini içine alan dönemde sıcak-yarı kurak iklim koşullarının egemen olduğuna işaret etmektedir.

Ancak bu benzeşme konsepti içinde; iklim elemanlarının karakteristik özelliklerinde, şiddetleri ve etki surelerinde hem kronolojik ve hem de bölgesel anlamda farklılıklar gözlenebilmektedir (Turoğlu, 2015). Dolayısıyla sıcak ve soğuk dönemlerin zamanlaması; çeşitli atmosfer dolaşımı desenlerindeki değişiklikler ve jeomorfolojik faktörlerin etkisiyle, coğrafı yer ve konuma yakından bağlı olarak değişkenlik gösterdiğinden, araştırma sahası özelinde paleoklimatolojik proksi analizleri ile tarihlendirme çalışmaları tamamlanmadan bu yönde bir neden-sonuç ilişkisi kurmak řu aşamada çok güvenilir değildir.

3.4. Hidrografik zellikler

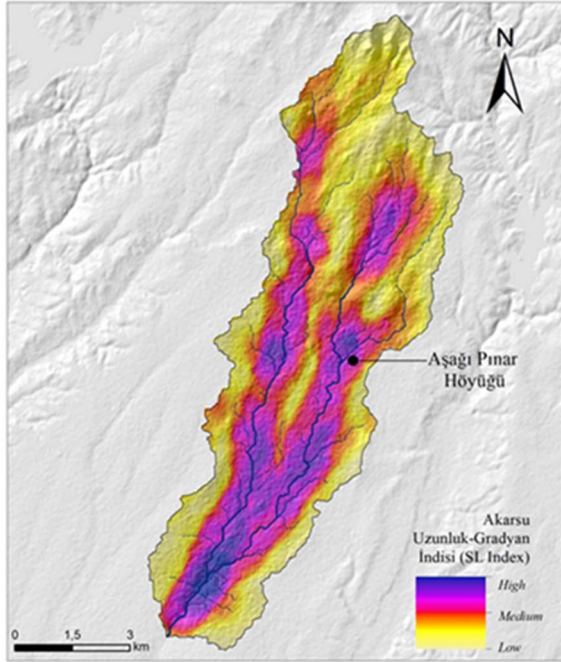
Ergene nehir sisteminin alt havzalarından biri olan Anaay Havzası'nda şeytandere'nin alt dizinlerinden birini oluşturan Haydardere, Aşağı Pınar yerleşmenin en önemli su kaynağı durumundadır. Maksimum yksekligi 440 metreyi bulan havzanın neredeyse tamamı tarım için uygun koşullara sahiptir.

Çalışma alanındaki drenaj ağının akarsu etki gücünü anlamak için Akarsu Uzunluk-Gradyan İndisi (SL) analizi (Keller ve Pinter, 2002: 128-134) yapılmıştır. SL analiz sonuç değerleri 19-

132 arasında değişmekte olup, ortalama SL değeri 53,4'tür. SL Index haritası incelendiğinde Haydardere Havzası üzerinde yer yer yükse değerler görülmekle birlikte maksimum değerin Haydardere'nin, komşu dereye (imenli) katıldığı nokta itibariyle mecra istikametinde olduğu gözlenmiştir (şekil 7).

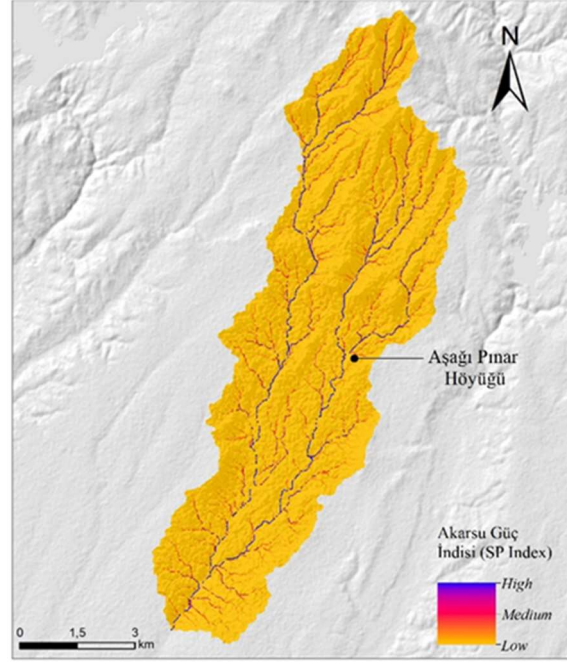
Akarsu etki gücünü fazla olduğu bu nokta Aşağı Pınar'ın yaklaşık 6,5 km güneybatısında yer almaktadır. Burada akarsu aşınımına bağlı olarak görece derin ve dik yamaçların gelişmesi, ulaşım için yaya geçişlerinde engel veya zorluk olasılığını da beraberinde getirmektedir. Aşağı Pınar hyğnn kuzey istikametindeki etkileşim mesafesinin daha kısa olması (aynı sürede $\pm 8,5$ km) da bu yaklaşımı doğrulamaktadır (şekil 2, 3, 4). Sahanın güney bölümü ise eğim koşullarının yürüme için kuzey bölüme oranla daha uygun olması (şekil 2, 3, 4) (Tablo 1, 2) beşer faaliyetleri ve mobiliteyi kolaylaştırdığı yönünde değerlendirilebilir.

Akarsuyun akışı sırasında ürettiği enerjinin zaman içindeki değişimini ifade eden Akarsu Gücü İndisi (SPI) analizi (Moore, vd. 1991) sonuçlarına göre Haydardere Havzası'nda SPI değerleri -1,73 (Düşük) ile 12,77 (Ykse) arasında değişmektedir (şekil 8).



şekil 7: Haydardere Havzası Akarsu Uzunluk Gradyan İndisi (SL Index).

Figure 7: Haydardere Basin Stream Length Gradient Index (SL Index).

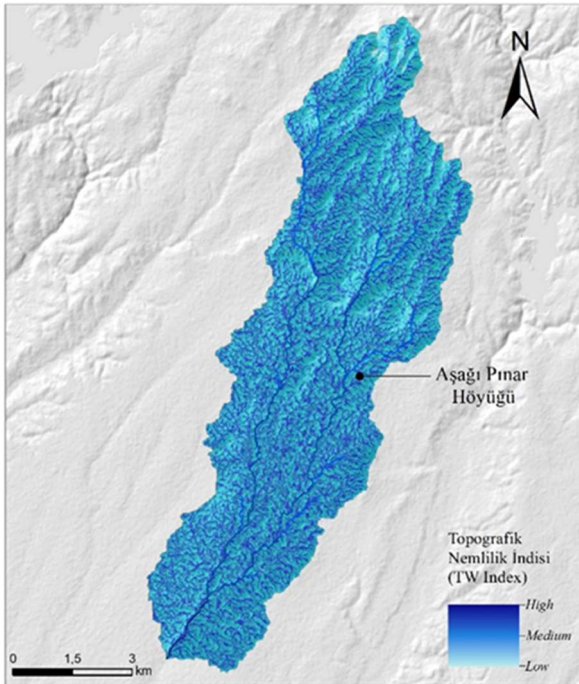


şekil 8: Haydardere Havzası Akarsu Gücü İndisi (SPI).

Figure 8: Haydardere Basin Fluvial Power Index (SPI).

Dokuz sınıfa ayrılan indekste 6'dan düşük değere sahip, taşkın riski yüksek alanlar oldukça geniş alan kaplamaktadır. Düşük SPI değerlerine sahip düz ve düze yakın alanlar taşkın riski fazla olan sahalardır (şekil 3, 4, 8). Eğimin fazla olduğu alanlarda SPI indeks değerleri artmaktadır (şekil 3, 4, 8). Ana akarsuyun aşağı mecrasında bulunan nispeten dik yamaçlı vadilerin ve yarılmanın fazla olduğu alanlarda SPI değerleri artış göstermektedir. Nitekim bu bölgede bir önceki aşamada gerçekleştirilen SL Index'te de maksimum değerler görülmüştür.

Aşındırma gücü ve sediment transferi açısından en yüksek etkiyi gösteren bu saha Aşağı Pınar'ın güneybatısında yer almaktadır. Akarsuyun, yerleşmeye en yakın olduğu noktada ise güç kaybettiği gözlenmektedir. Çevreden katılan kollara rağmen SPI'nin, beklenenin aksine yüksek değerler göstermemesi, topografik eğim koşulların kontrol etkisinden kaynaklanmaktadır. Burada akış hızının azalması ve bağlantılı olarak biriktirmenin artması; taşkına bağlı geçici göllenmelerin doğal sonucu olarak kabul edilmektedir. Zira yerleşmenin ilerleyen evrelerinde güney yönünde yer değiştirmesinin, söz konusu taşkın olayları ile ilişkili olduğuna işaret etmektedir.



şekil 9: Haydardere Havzası Topografik Nemlilik İndisi (TWI) / **Figure 9:** Haydardere Basin Topographic Humidity Index (TWI).

Topoğrafyadaki nem dağılışı ve yeraltı suyu akışını belirlemeye yarayan indekslerden

Topografik Nemlilik İndisi (TWI) (Beven & Kirkby, 1979; Sorenson, vd. 2006); 3,52 (Düşük) - 22,02(Yüksek) arasında değişen değerlerle hesaplanmıştır (şekil 9). Yüksek indeks değerleri, su tutma kapasitesinin arttığını ve nemli saha özelliklerinin hâkim olduğunu, düşük indeks değerleri ise su tutma kapasitesinin düşük olduğunu, nemlilik oranının azaldığını göstermektedir. Haydardere Havzası'nda akarsu yatağına yakın ve düşük eğim derecelerine sahip olan alanlarda indeks değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Bu sahadaki yüzeysel suların hızlı bir şekilde drene edilememesi, suya doğunluğun fazla olmasına, sızmanın ve toprak neminin artmasına ve su tablasının yüksekliğine işaret etmektedir. Topografik nemlilik sınıfları ve bunların alansal dağılışları yerleşmenin yaşam çevresine ait tarımsal faaliyetler ve yetiştiriciliği yapılan ürün çeşitleri hakkında pozitif öngörü fırsatı vermektedir.

4. TARTIşMA

Bu araştırmada kullanılan yüzey analizleri ve morfometrik analizler araştırma konusunun amacına katkı yapmak üzere gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar jeomorfoloji prensipleri ve önceki arkeolojik araştırmalara ait bulgu ve değerlendirmeler ile ilişkilendirilerek yorum yapılması amaçlı kullanılmıştır.

Yüzey analizleri ve morfometrik analizler tek başına yeterli olmayıp, "kanıtlanabilir geçmişin" her yönüyle bir bütün olarak, multidisipliner yaklaşımla ortaya konulması; geçmiş ortam koşullarında meydana gelen değişimlerin ve bunların zamanlarının belirlenmesini gerektirir. Zira 6. tabakanın, beklenen bakı yönüne aykırı olarak, kuzey yönüne açık inşa edilmesi konusunda yalnızca mekânsal verilere dayanarak anlamlı bir açıklama yapılması şimdilik çok mümkün olmamıştır. Başta ilgili döneme ait paleoklim özellikleri olmak üzere, geçmiş doğal ortam koşullarındaki kısa ve uzun dönemli değişimlerin belirlenmesi için multidisipliner kaynak ve yöntemlere başvurulması bu konudaki veri eksikliklerinin tamamlanmasına katkı yapacaktır. Bu konudaki önemli veri türlerinden biri; geçmiş dönemin iklim kayıtlarına ait doğal unsurlar olan proxy data niteliğindeki paleoklimsel verilerdir. Bu

veriler Aşağı Pınar yerleşmesinin iskân döneminde meydana gelen değişikliklerinin tespit edilmesindeki önemli doğal göstergeçlerdir. Çalışma sahası içindeki eski bataklık çökellerinden alınan örneklerde yapılacak proksi temelli analizlerle yerleşmenin iskân süresini kapsayan Holosen paleoklimatolojisinin araştırılması; iklimsel ve çevresel değişiklikler ile kültür tarihi değişikliklerinin ilişkilendirilmesine imkân sağlayacaktır.

5. SONUÇ

Etkileşim havzası analizleri; tarih öncesi yerleşimlerin yaşam ortamlarını anlamaya yönelik, CBS teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalardan biridir. Bu yaklaşım; Aşağı Pınar tarih öncesi yerleşmesinin yaşam çevresine ait coğrafi veri üretilmesi amaçlı olarak uygulanmıştır.

Aşağı Pınar höyüğü merkez alınarak, bölgenin jeomorfolojik özellikleri kontrolünde “Yoğun etkileşim alanı (Bir saatlik yürüme mesafesi)” ve “Erişebilir alan (iki saatlik yürüme mesafesi)” sınırları belirlenmiştir. Erişebilir alan sınırı; Aşağı Pınar tarihöncesi yerleşimin etkileşim havza sınırı olarak kabul edilmiştir.

Yerleşmenin 30 ha (300 dekar) boyutlarına ulaşan toplam etkileşim havzasının jeomorfolojik ve hidrolojik analiz sonuçlarına göre öngörülen kaynak potansiyeli; Aşağı Pınar tarihöncesi 6. tabaka yerleşim plan ve yapıları ile arkeolojik buluntulara dayalı olası nüfusun zirai faaliyetleri için uyumlu büyüklükte ve özellikte olduğu anlaşılmaktadır.

Düşük eğim ve engebelilik değerlerine sahip olan ve aynı zamanda topografik nemliliğin de yüksek olduğu, aynı zamanda bakı koşullarının da zirai verimliliği arttıran nitelikte olması nedeniyle, yoğun etkileşim sahasının tarımsal faaliyetler için kullanıldığı kabul edilmektedir. Bu analitik değerlerin işaret ettiği tarımsal faaliyetler için uygun sahalarda ayrıca elverişli ulaşım koşulları sunarak Aşağı Pınar topluluğunun mobilitesine olanak tanımiş olmalıdır.

Erişilebilir alan içerisinde tepelerin etek bölümleri ve akarsu vadileri boyunca yer alan, mera ve ormanlık alanlara karşılıklı gelen eğimli ve engebeli alanları ise prehistorik dönemin

genel karakterine uygun olarak; hayvancılık, avcılık ve doğadan toplayıcılık faaliyetlerinde kullanıldığı öngörülmektedir.

Sadece dağ ve ova morfolojileri arasında bir geçiş alanına konumlanması değil, ayrıca yerleşmenin en önemli su kaynağı olan Haydardere'nin doğal drenaj ve akım potansiyeli de dikkate alındığında; yerleşim alanı ve öngörülen tarım alanı lokasyonlarının doğru tercihler olduğu görülmektedir.

Aşağı Pınar topluluğunun doğru habitat tercihleri; artı ürün kaygısını ortadan kaldırdığına işaret etmektedir. Araştırmanın bu sonucu; Trakya Neolitiğinde gelişim momenti düşük ve fakat sosyal tabakalanmanın olmadığı daha eşitçil ve barışçıl bir yaşamın varlığı yönündeki arkeolojik değerlendirmeler ile uyumlu ve birbirini doğrular nitelik göstermektedir.

KAYNAKÇA

- ASF (2008). ALOS Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar. <https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/alos-palsar/>
- Azeri, N., (2015). Aşağı Pınar Höyüğü Kalkolitik Dönem Kemik Buluntularının Değerlendirilmesi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, yayınlanmamış yüksek lisans tezi.
- Benecke, N., (2008). Tierhaltung und Jagd in den mittel-und spätneolithischen Siedlungen von Aşağı Pınar, yayımlanmamış rapor.
- Beven, K.J. & Kirkby, M.J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology / Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. <https://doi.org/10.1080/02626667909491834>
- Bintliff, J. (1999). Settlement and Territory. İçinde: G. Barker (Ed.), Companion Encyclopedia of Archaeology 1 (s. 505-545). Routledge.
- Breeze, P.S., Drake, N.A., Groucutt, H.S., Parton, A., Jennings, R., White, T.S., Clark-Balzan, L., Shipton, C., Scerri, E.M.L., Stimpson, C.M., Crassard, R., Hilbert, Y., Alsharekh, A., Al-Omari, A., Petraglia, M.D. (2015). Remote sensing and GIS techniques for reconstructing Arabian palaeohydrology and identifying archaeological sites. Quaternary International, 82: 98-119. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01829327>
- Eres, Z., Hansen, S., E., Özdoğan, M., Parzinger, H., Schwarzberg, H. (2015). Kırklareli Projesi, Türk-Alman Ortak Projesinin 20. Yıl Dönümünde

- Araştırmalara Toplu Bakış. İçinde: Ü. Yalçın, ve H. Bienert (Editörler), *Anatolicum Metallicum* *Anschnitt 2* (s. 131-146). Bochum.
- Flannery, K. (1976). The Village and Its Catchment Analysis. *The Early Mesoamerican Village*, 91-95.
- Jacobson, M.J., Pickett, J., Gascoigne, A.L., Fleitmann, D., Elton, H. (2022) Settlement, environment, and climate change in SW Anatolia: Dynamics of regional variation and the end of Antiquity. *PLoS ONE* 17(6): e0270295. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270295>
- Jones, M.D., Roberts, C.N., Leng, M.J. (2007). Quantifying climatic change through the last glacial-interglacial transition based on lake isotope palaeohydrology from central Turkey. *Quaternary Research*, 67: 463–473.
- Keller, E.A. & Pinter, N. (2002). *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape*. 2nd Edition. Prentice Hall.
- Liu, J., Zou, Q., Hu, Q., Zhang, C. (2021). A Settlement Landscape Reconstruction Approach Using GIS Analysis with Integrated Terrain Data of Land and Water: A Case Study of the Panlongcheng Site in the Shang Dynasty (Wuhan, China). *Remote Sensing*, 13: 5087. <https://doi.org/10.3390/rs13245087>
- Moore, I.D., Grayson, R.B., Ladson, A.R., (1991). Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. *Hydrological processes*, 13(4): 305-320. <https://doi.org/10.1002/hyp.3360050103>
- Neef, R. (1998). On the Crossroads Between Asia and Europe. *Archaeobotany in Turkish Thrace*, in 1998 Toulouse JWEP Sempozyumu, Basılmamış Bildiri Metni.
- Özdoğan, E. (2011). Settlement Organization and Architecture in Aşağı Pınar. Early Neolithic Layer 6. R. Krauss içinde, *Beginnings – New Research in the Appearance of the Neolithic between Northwest Anatolia and the Carpathian Basin* (s. 213-223). Verlag Marie Leidorf.
- Özdoğan, E. (2016). Diversity and homogeneity among the early farming communities of Western Anatolia, *Documenta Praehistorica*, 43: 1-19.
- Özdoğan, M. (2010). 2008 Yılı Kırklareli Yüzey Araştırması. XXXI. Araştırma Sonuçları Toplantısı (II), (s. 357–374).
- Özdoğan, M. (2013a). Placing Eastern Thrace in Cultural and Environmental Context a Survey on Archaeological Reconnaissance, *International Conference: Where Are the Sites? Research, Protection and Management of Cultural Heritage*, 5-8 December 2013, Bulgarian.
- Özdoğan, M. (2013b). Neolithic Sites in the Marmara Region Fikirtepe Pendik Yarımburgaz Toptepe Hoca eşme and Aşağı Pınar. *The Neolithic in Turkey*, 167-269.
- Özdoğan, M. & Özdoğan, E. (2007). Tarihöncesi Dönemde Trakya. *Aktüel Arkeoloji*, 10-24.
- Roper, D. C. (1979). *The Method and Theory of Site Catchment Analysis: A Review II*. New York: Academic Press.
- Roberts, N., Reed, J.M., Leng, M.J., Kuzucuoğlu, C., Fontuge, M., Bertaux, J., Woldring, H., Bottema, S., Black, S., Hunt, E., Karabiyikoğlu, M. (2001). The Tempo of Holocene Climatic Change in the Eastern Mediterranean Region: New High-Resolution Crater-Lake Sediment Data from Central Turkey. *The Holocene*, 11(6): 721-736.
- Selassie, Y., Anemut, F., Addisu, S. (2015). The effects of land use types, management practices, and slope classes on selected soil physico-chemical properties in Zikre watershed, North-Western Ethiopia. *Environmental Systems Research* 4/3: 1–7.
- Sorenson, R., Zinko, U., Seibert, J. (2006). On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth Systems Sciences*, 10: 101–112. <https://doi.org/10.5194/hess-10-101-2006>
- şenkul, ., Özdemir, M.A., Eastwood, W.J. (2012). Vegetation Cover and Climatic Conditions of Southwest Anatolia according to the Pollen Records during Early to Mid-Holocene. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences*, 12: 1-11.
- Turan, N. (1984). *Türkiye'nin Av ve Yaban Hayvanları Memeliler, Ongun Kardeşler Matbaacılık Sanayi; Ankara*
- Turoğlu, H. (2006). Yoncatepe (Van) Arkeolojik Sahası ve Onun Yakın evresi İçin CBS ve UA Teknolojileri ile Paleo-Landuse Analizi. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri (s. 1-8). İstanbul.
- Turoğlu, H. (2007). Yoncatepe (Van) arkeolojik sahası paleo-landuse çalışmalarında fiziki coğrafya verileri. İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Türkiye Kuaterner Sempozyumu_16–18 Mayıs 2007, Sempozyum Kitabı: 76–87, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2010). Kızılırmak Deltası ve yakın çevresinin jeomorfolojik özellikleri ve insan yaşamındaki etkileri. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Anadolu Araştırmaları Dergisi, XIX/1–2006: 99–111. İstanbul.
- Turoğlu, H. (2011). Reconstructing the paleolanduse of Urartian period for Yoncatepe Archaeologic Site (Van, Turkey), ISBN 978–975–9060–84–8, antay Kitapevi, İstanbul.
- Turoğlu, H. (2015). Tarihlendirilmiş Bazı Jeomorfolojik Verilere Dayandırılan, Anadolu'nun Kuaterner İklim Özellikleri Rekonstrüksiyonu. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri

Enstitüsü: Coğrafya'da Yeni Yaklaşımlar, Prof.Dr. İbrahim Atalay'ın 45. Meslek Yılına Armağan, s: 75-102.

Turoğlu, H. (2020). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları (Güncellenmiş 5. Baskı), ISBN 978-975-9060-51-0, Çantay Kitapevi, İstanbul.

Turoğlu, H. (2021). A preliminary study on reconstructing land use during the Bronze and Iron Ages in the Kızılırmak Delta (Turkey) by means of geographical data. *Arabian Journal of Geosciences*, 14: 1364, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07781-1>

Vita-Finzi, C. (1978). *Archaeological Sites in Their Setting*. London: Thames and Hudson.

Vita-Finzi, C. & Higgs, E.S. (1970). Prehistoric Economy in the Mount Carmel Area of Palestine: Site Catchment Analysis. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 36: 1-37.

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

LİKYA NAPLARI BÖLGESİNDE EPIJENİK BURUK DÜDENİ VE GÜMÜŞDERE OBRUğU'NUN (TAVAS, DENİZLİ) JEOMORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE GELİŞİMİ

Geomorphological characteristics and development of the epigenic Buruk swallow hole and Gümüşdere sinkhole (Tavas, Denizli) in the Lycian Nappes region

Kadir TUNCER

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Burdur
tunkadir@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8222-0116>

Makale Tariğesi

Geliş 13 Ocak 2023
 Kabul 2 Şubat 2023

Article History

Received 13 January 2023
 Accepted 2 February 2023

Anahtar Kelimeler

Buruk Düdeni, Gümüşdere Obruğu, epijenik mağara, çökme dolini, çok dönemli mağara

Keywords

Buruk swallow hole, Gümüşdere sinkhole, epigenic cave, callopse doline, polycyclic cave

Atıf Bilgisi / Citation Info

Tuncer, K. (2023) Likya Napları Bölgesinde Epijenik Buruk Düdeni ve Gümüşdere Obruğu'nun (Tavas, Denizli) Jeomorfolojik Özellikleri ve Gelişimi / Geomorphological characteristics and development of the epigenic Buruk swallow hole and Gümüşdere sinkhole (Tavas, Denizli) in the Lycian Nappes region, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2023 (10): 91-109

doi: 10.46453/jader.1233907

ÖZET

Yüzey ve yeraltı karstının büyük derinliklere ulaştığı Toros Dağları karst kuşağının batısında gelişmiş olan Buruk Düdeni ile aslında bir çökme dolini olan Gümüşdere Obruğu, Denizli ilinin Tavas ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Tektonik olarak aktif bir bölgede yer alan bu karstik şekiller, bindirme, faylanma, grebenleşme, yeraltı su zonlarının daha derinlere göçü, karst ve morfolojik taban düzeylerinin derinleşmesine bağlı olarak çok kökenli-çok dönemli jeomorfik gelişimi karakterize ederler. Her iki karstik şekil de bu çok dönemliliği karakterize eden morfolojik şekil ve yapıları barındırmaktadır. Bu özelliklerin ortaya çıkartılması ve kullanım imkanlarının değerlendirilmesi adına düden ve obruk ayrıntılı bir şekilde etüd edildi. Bunun için düden ve obrukta, doğrultu ve eğim değerleri ölçüldü; taban uzunlukları, sağ-sol genişlikleri ve tavan mesafeleri lazer metreyle ölçüldü. Tüm bu ölçüm değerlerine göre düden mağara ve obruğun planları çıkartıldı, enine ve boyuna kesitleri çizildi. Ayrıca düden mağaranın iklim özelliklerini tespit edebilmek için sıcaklık ve bağlı nem değerleri ile değişik gazların (O₂, CO, H₂S, CH₄) değerleri ölçüldü. Yapılan bu ölçümler sonucunda Buruk Düdeni, ılıman ve nemli bir havaya sahiptir; boğucu ve zehirleyici herhangi bir gaz fazlalığına veya azlığına sahip değildir. Mağara içerisinde yapılan metrik ölçümlere göre düden mağara, 281 m toplam uzunluğa ve girişe göre -71,5 m son nokta derinliğe sahiptir. Ayrıca mağara yarı aktif ve fosil olmak üzere iki kattan oluşmaktadır. Mağaranın 99 metresi fosil kattan oluşmakta olup, bu kat girişe göre -58 metrede son bulmaktadır. Vadoz zonda gelişen mağara, gelişimin henüz başlarında gençleşmeye maruz kalmış ve içerisinde bulunan yeraltı deresi yatağına menderesler çizerek gömülmüştür. Bunu anahtar deliği morfolojisine sahip olmasıyla karakterize eder. Gümüşdere Obruğu ise Barz Polyesi'ne kuzeyden bağlanan flüvyo-karstik bir depresyonunun batı yamacında gelişmiştir. Obruk, oldukça karstik özellikte olan kireçtaşı içerisinde polyenin oluşum döneminin başlarında gelişmeye başlayan bir mağaranın tavanının göçmesiyle oluşmuştur. Yöre halkı tarafından obruk diye isimlendirilen bu karstik çöküntü, bu oluşum şekliyle aslında anakaya çökme dolinidir. Sahip oldukları morfolojik özellikler, riskler ve doğal çevre özellikleri bakımından değerlendirildiğinde düden mağara turizm ve ya başka amaçlarla kullanıma uygun olmasa da obruk turizm açısından değerlendirilebilir.

ABSTRACT

Buruk swallow hole, which developed in the west of the Taurus Mountains karst belt, where surface and underground karst reaches great depths, and Gümüşdere sinkhole, which is actually a collapse doline, are located within the borders of Tavas district of Denizli province. These karst forms, located in a tectonically active region, characterize the polygenic-polycyclic geomorphic development due to thrusting, faulting, grebenization, deeper migration of groundwater zones, and deepening of karst and morphological base levels. Both karst shapes contain morphological shapes and structures that characterize this polycyclic. The swallow hole and the sinkhole were studied in detail in order to reveal these features and evaluate the possibilities of use. For this purpose, strike and slope values were measured in the swallow hole and sinkhole; floor lengths, right-left widths and ceiling distances were measured with a laser meter. According to all these measurement values, the plans of the swallow hole cave and the sinkhole were drawn, and their transverse and longitudinal sections were drawn. In addition, in order to determine the climatic characteristics of the swallow hole cave, the temperature and relative humidity values and the values of different gases (O₂, CO, H₂S, CH₄) were measured. As a result of these measurements, Buruk swallow hole has a temperate and humid weather; It does not have any suffocating and toxic gas excess or less. According to the metric measurements made inside the cave, the

swallow hole cave has a total length of 281 m and an endpoint depth of -71.5 m according to the entrance. In addition, the cave consists of two floors, semi-active and fossil. 99 meters of the cave consists of a fossil layer, which ends at -58 meters from the entrance. The cave, which developed in the vadose zone, was exposed to rejuvenation at the very beginning of the development and was buried by meanders in the underground stream bed flowing through it. It characterizes it by having a keyhole morphology. Gümüşdere sinkhole, on the other hand, developed on the western slope of a fluviokarstic depression connected to the Barz Polje from the north. The sinkhole was formed by the collapse of the ceiling of a cave that started to develop at the beginning of the formation period of the polje in the very karstic limestone. This karst depression, which is called a sinkhole by the local people, is actually a bedrock collapse doline with this formation. When evaluated in terms of their morphological features, risks and natural environment characteristics, the swallow hole cave can be evaluated in terms of sinkhole tourism, although it is not suitable for tourism or other purposes.

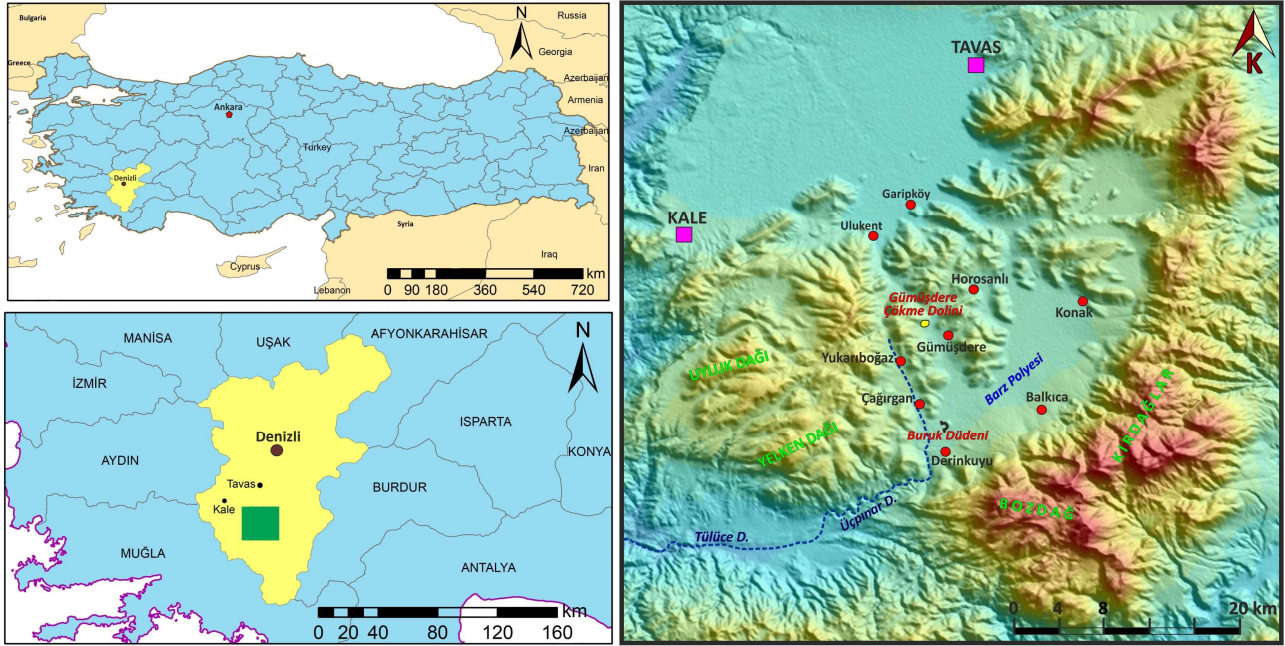
© 2023 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1.GİRİŞ

Türkiye'yi oluşturan ve yüzeylenim gösteren litolojik unsurların %40'ı (Nazik & Tuncer, 2010; Nazik & Poyraz, 2015, 2017; Nazik vd., 2019), derin karstik yapılar olan mağaralar da dikkate alındığında ise %60'ı (Nazik & Poyraz, 2017; Nazik & Bayarı, 2018) karbonatlı ve evaporitik kayalardan oluşmaktadır. Çözünmeye uygun yapısal özelliklere sahip bu kayalar üzerinde ve içerisinde suyun çözücü etkilerinin yanında iklim, vejetatif ve jeomorfolojik Şartların da etkisiyle ilginç ve karakteristik Şekiller meydana gelmektedir (Öztürk vd., 2018; Tuncer, 2018, 2021). Yüzey ve yeraltı karstına ait bu Şekiller en yoğun bir Şekilde Toros Dağları kuşağında jeolojik, tektonik, jeomorfik ve klimatik koşulların birlikte çalışmasıyla ortaya çıkmıştır (Nazik & Bayarı, 2018; Sener & Öztürk, 2019; Şimşek vd., 2020, 2021). Ülkenin diğer alanlarında olduğu gibi bu karstik arazilerin en büyük Şekilleri yüzeyde polyeler iken yüzey altında yüzeyle ilişkili olarak gelişen mağara sistemleridir. Derin karstın en karakteristik Şekli olan mağaralar, özellikle stratigrafik konuma, yapısal özelliklere ve karst taban seviyesinin konumuna göre gelişim gösterirler. Bu yeraltı galerileri, kaynak konumlu (suçıkan) olabildiği gibi düden konumlu da olabilmektedir. Giriş ağızları yarı yatay, yarı dikey veya dikey (kuyu) Şekilli gelişebilen bu düden sistemlerinin toplam uzunlukları binlerce metreye (Tilkiler Düdeni, 6818 m) ulaşabilmektedir. Türkçede "suyutan" veya "subatan" olarak bilinen düdenler, karstik bölgelerde kırık ve çatlakların genişlemesiyle alttaki galeri sistemlerine bağlanan yeraltı su sistemlerinin ağızlarıdır (Pekcan, 2019). Düdenler, genellikle genişçe bir karstik depresyonda toplanan yüzey sularını yeraltı mecralarına dönüştürürler. Çalışmaya değer bulunan Buruk Düdeni de genişçe bir alan

kaplayan Barz Polyesi'ndeki bir çözünme artığı tepenin (humun) eteğinde gelişmiştir. Araştırması yapılan diğer jeomorfik Şekil ise yakın çevrede yaşayanlar tarafından "obruk" olarak isimlendirilen, ancak bir çökme dolini olan Gümüşdere Obruğu'dur. Bu çökme dolini de Barz Polyesi'ne bağlanan flüvyo-karstik bir vadinin kenarında oluşmuştur. Her iki karstik Şekil de Denizli ilinin Tavas ilçesi sınırları içinde yer almaktadır. Bunlardan Buruk Düdeni ilçenin Derinkuyu mahallesinde (köyünde), Gümüşdere Obruğu ise Gümüşdere mahallesi (köyü) sınırları içerisinde kalmaktadır. Batı Torosların kuzeybatı kesimde yer alan bu jeomorfik unsurların bulunduğu saha, 1050-1450 metreler arasında değişen ve olgun vadilerle parçalanmış engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Buruk Düdeni, bu topoğrafyanın geniş bir alanını kaplayan Barz Ovası'nın içerisindeki Kırburuk Tepe'nin eteğinde gelişirken Gümüşdere Obruğu, yine bu ovaya kuzeyden gelerek bağlanan geniş tabanlı olgun bir vadinin kenarında gelişmiştir (Şekil 1).

Çalışma alanında derin karstın en önemli iki morfolojisini oluşturan Buruk Düdeni ve Gümüşdere Obruğu, büyük bir karstik depresyon ovasının (Barz Polyesi havzasının) içerisinde gelişim göstermiştir. Bu düden ve obruk, farklı yaşlarda, farklı yapısal ve stratigrafik özelliklerde karstlaşmaya son derece uygun karbonat platformlarının içerisinde gelişmiştir. Bu platformlar, tektonik olarak Batı Toroslar Napı olarak da bilinen Likya Napları'nın (Ersoy, 1989, 1990; Akdeniz, 2011) farklı yaş ve fasiyeslerde oluşmuş kayalarındır. Bunlar, en son Laramiyen faziyla (Paleosen) birbirlerinin üzerlerine itilerek sahada üst üste veya yan yana gelmiş karbonat dilimleridir (Şenel, 1989; Akdeniz, 2011).



Şekil 1: Buruk Düdeni ve Gümüşdere Obruğu'nun yer bulduru haritası / **Figure 1:** Location map of Buruk swallow hole and Gümüşdere sinkhole.

Alp orojenezinin ilk en etkili döneminde bölgeye yerleşen bu karbonat napları, Neojen'de yer yer neo-otokton birimlerce transgressif olarak örtülmüşlerdir (Şenel, 1989; Akdeniz, 2011). Üst Pliyosen'den itibaren bölgede meydana gelen tektonik yükselmelerin bir sonucu olarak bu örtü birimleri aşınıp taşınmaya maruz kalmış; Pliyo-kuvaterner'de ise sahada gelişen blok faylanmalar bugünkü morfolojinin temellerini atmış ve sahada karstifikasyonun güçlenmesiyle öncelikle polyeler ve derin karst şekilleri gelişmeye başlamıştır. Sahada gelişen bu polyelerden en büyüğü de Barz Polyese olmuştur. Bu polye, Likya Naplarına ait Bozdağ ile Mallıdağ karbonatlı birimlerin kontak hattında faya bağlı

olarak gelişmiştir. Mallıdağ napına ait Dikilitaş formasyonu üzerinde KD-GB uzanımlı olarak gelişen polye, oluşum ve gelişim özelliklerine göre "yapısal polye" (Ford & Williams, 1989) karakterindedir (Tuncer, 2021). Fayın ve karstik olmayan birimlerin dokanağında gelişen Barz Polyese, tabanında çok sayıda huma ve kuzeyden kendisine bağlanan flüvyo-karstik depresyona sahiptir. Buruk Düdeni, polyedeki bir hum karakterinde olan Kırburuk Tepesi'nin batı eteğinde gelişmişken çökme dolini şeklinde gelişen Gümüşdere Obruğu da düdenin 8 km kuzeyinde ve polyeye bağlanan Gümüşdere flüvyo-karstik depresyonunun batı yamacında gelişmiştir (Şekil 1, 2 ve 3).



Şekil 2: Barz Polyese içerisindeki bir humun batı eteğinde gelişen Buruk Düdeni'nin konumu.

Figure 2: The location of the Buruk swallow hole, which developed on the western skirt of a hum in Barz polye.



Şekil 3: Gümüşdere flüvyokarstik depresyonunun batı yamacında gelişen Gümüşdere obruğunun konumu.

Figure 3: The location of the Gümüşdere sinkhole that developed on the western slope of the Gümüşdere fluvio karstic depression.

Bilimsel anlamda mağara, akarsu sistemlerindeki gibi suların giriş yağdığı noktalar ile kaynak veya sızıntılarla çıkış yaptığı noktalar arasında su akışı için kanal görevi gören kayalardaki doğal boşluklardır (White, 1984). Su, zayıf hatlar boyunca kireçtaşı bünyesinde çözücü bir güç olarak dolaştıkça, kaya içinin şekillenmesi ve tavan çökmeleri gelişerek bir mağaranın evrimi doğar (Gillieson, 1996). Sonuçta, yüzeye en az bir çıkışı olan ve bir insanın sürünerek dahi hareket edebileceği genişlik ve yüksekliğe sahip yeraltı boşluğu yani mağara gelişmiş olur (Nazik, 2003, 2005, 2008). Çözünabilir kayalarda böyle bir mağaranın oluşabilmesi için ön koşul, kaya içinde suların hareket edebileceği çatlak ve yarık sistemlerinin olmasıdır (Güldalı, 1983). Karbonatlı kayalar üzerine düşen karbondioksitçe (CO₂) zengin atmosferik sular, kayaların çatlak ve yarıklarından geçerken bir dizi kimyasal reaksiyonlarla buralarda çözünme koridorları ve boşlukları oluştururlar. Genel olarak yer çekimine bağlı olarak düşey yönde hareket eden bu sular; kayaların çatlak geometrisi, bölgenin yüksekliği, kireçtaşı ile çözünmesiz kayaların birbirine göre konumları ve taban düzeylerine (morfolojik, karst ve daimi) bağlı olarak yatay veya yarı-yatay bir şekilde hareket ederler (Nazik, 2008). Suyun bu hareketi esnasında gelişen mağara; taban düzeyi değişimlerine, tektonik hareketlere ve iklim değişikliklerine göre de şekillenir ve mağara katları oluşur. İyi gelişmiş çok katlı mağara sistemlerinde böylece en üstte vadoz mağara katı, onun altında yeraltı su tablasının mevsimsel olarak yükseldiği epifreatik mağara katı ve en altta tamamı sular altında bulunan

freatik mağara katı gelişir. Karstik kayalar içerisinde asidik suların yer çekimine uygun olarak serbest akışı esnasında (epijenik süreçlerle) vadoz ve kısmen epifreatik katlarda oluşturdukları boşluk ve galeriler epijenik mağara olarak isimlendirilirler (Palmer, 2007, 2011; Klimchouk, 2012, 2015; Slabe & Prelovšek, 2013). Bu epijenik mağaralar, çözme kapasitesi yüksek yüzey suları tarafından oluşturulur. Özellikle karbonatlı kayaları çözme özelliği, atmosferden ve özellikle topraktan emilen karbondioksitten kaynaklanmaktadır (Audra & Palmer, 2011). Buna göre epijenik mağaralar, suyun yüzeyden aşağıya, bir kaynağa doğru hareket ettiği klasik karstik mağara türüdür. Karst yüzeyi ile yeraltı suyu tablası arasında vadoz geçitler oluşur ve su bu geçitlerde yerçekimi ile serbestçe akar. Bu yeraltı geçitlerine yüzeyden çoğunlukla şaftlar ve başka dik kanyon benzeri geçitler iner. Akışın çoğunlukla kaynağa doğru yatay olduğu karstik yeraltı suyu tablasının altında freatik geçitler oluşur. Bu gibi durumlarda, tüm mağara duvarları eşit şekilde çözünür ve bu tipik freatik geçitler yuvarlak veya oval (eliptik) şekilde gelişir. Bu hareketli yeraltı suyu zonları içinde gelişen bu tür freatik geçitlere ise hypojenik mağara adı verilmiştir (Klimchouk, 2007) Su tablasının daha alçak kotlara düştüğü alanlarda freatik geçitler vadoza dönüşür. Bu geçitlerin tipik şekli, zemine oyulmuş bir vadoz kanyon ile freatik oval şeklinin birleşiminden oluşan bir anahtar deliği gibidir. Ancak yeryüzeyine yakın konumlarda gelişmesi ve en az bir girişe sahip olması itibarıyla günümüze kadar en fazla araştırılanlar epijenik mağaralar olmuştur. Derinlik karstının en önemli oluşumları olan bu

mağaralar; speleolojik, jeolojik, tektonik, jeomorfolojik, klimatik ve arkeolojik bilgiler vermektedir (Uzun & Zeybek, 1996; Kopar, 2008). Mağaralar aynı zamanda sahip oldukları doğal özellikleri sayesinde insanlık tarihinin

başlangıcından itibaren değişik amaçlarla kullanılmış (Taşkıran, 2018; Nazik, 2018) ve yerbilimsel özellikleri araştırılmıştır (Nazik, 1989; Kopar, 2008, 2009, 2010; Uzun vd., 2020).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Arazi çalışmaları esnasında tespit edilen ve sahada ön araştırması yapılan Buruk Düdeni ve Gümüşdere Obruğu bölgenin morfolojik evrimine ışık tutacak karakteristik morfolojik ve karstik özelliklere sahip olması itibariyle araştırmaya değer bulunmuştur. Daha sonra bu çalışma üç aşamalı olarak planlanmıştır. İlk önce mağara (düden), obruk ve çökme dolinleriyle ilgi yerli ve yabancı literatür tarandı, sonra arazi çalışması, daha sonra da toplanan verilerin makaleye dönüştürülmesi gerçekleştirildi. Arazi çalışmaları esnasında önce düden ve obruk çevresinin jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri gözlenenip fotoğraflar çekilmiştir. Farklı zamanlarda yapılan arazi çalışmalarıyla obruk ve düdenin planlarının çıkartılması için etüd edildi; mağarada sıcaklık, nem ve gaz ölçümleri yapılarak fotoğraf çekimleri yapıldı. Obruk ve düdenin giriş kısımlarının koordinatları (3 m hassasiyetli) el tipi GPS (Garmin Etrex 22X) ile belirlendi; planlarını çıkartabilmek için girişten itibaren Brunton sight and clino master model pusula ve

eğim ölçer ile doğrultu ve eğim değerleri (°), Rodex D-60 lazer metreyle de uzunluk, genişlik ve tavan yükseklikleri tespit edilmiştir. Aynı zamanda düdenin ağız, giriş, orta ve son bölümlerinde 2021 mayıs ve 2022 temmuz aylarında (aynı noktalardan) Brunton ADC summit ile sıcaklık ve bağıl nem, Crowcon T4 model gaz dedektörü ile CO, O₂, H₂S ve CH₄ değerleri ölçülmüş ve elde edilen değerlerin ortalamaları alınmıştır. Elde edilen metrik ölçüm değerlerine göre düdenin 1:100 ve obruğun 1:1000 ölçekli planları ve kesitleri önce milimetrik kağıda çizildi, daha sonra da bu çizimler taranarak bilgisayar ortamında çizim programları kullanılarak yeniden çizilmiştir. Bu çalışmada düdenin planı, çeşitli kesimlerinden enine kesitleri ile izdüşürülmüş boyuna kesiti çıkartılırken obruğun sadece planı ve enine kesitleri çıkartılmıştır. Tüm bu ölçüm ve çizimlerin sonucunda obruk ve düdenin morfolojik ve iklim özellikleri ortaya çıkartılmış oldu.

3. BULGULAR

Ülkemizde yaklaşık 40.000'den fazla mağaranın bulunduğu düşünölmektedir (Aygen, 1984; Nazik & Bayarı, 2018). Bunlar belirgin kuşaklar halinde uzanan çözünebilir kayalara bağlı olarak belirli alanlarda yoğunlaşırken (Törk vd., 2005) kıyılarda denizlerin altından 3500-4000 m yükseltilere kadar çıkan farklı yükseltilerde yer alırlar. Toros Dağları Karst Bölgesinde bu mağaralar, büyük boyut ve derinliklere ulaşmıştır (Nazik vd., 2003). Bu mağaralardan biri de Batı Torosların dış kenarında yer alan ve aynı zamanda Barz Polyesi içerisinde gelişmiş Buruk Düdeni ile açılmış (çökmüş) bir mağara olan Gümüşdere obruğudur (Şekil 1, 2 ve 3).

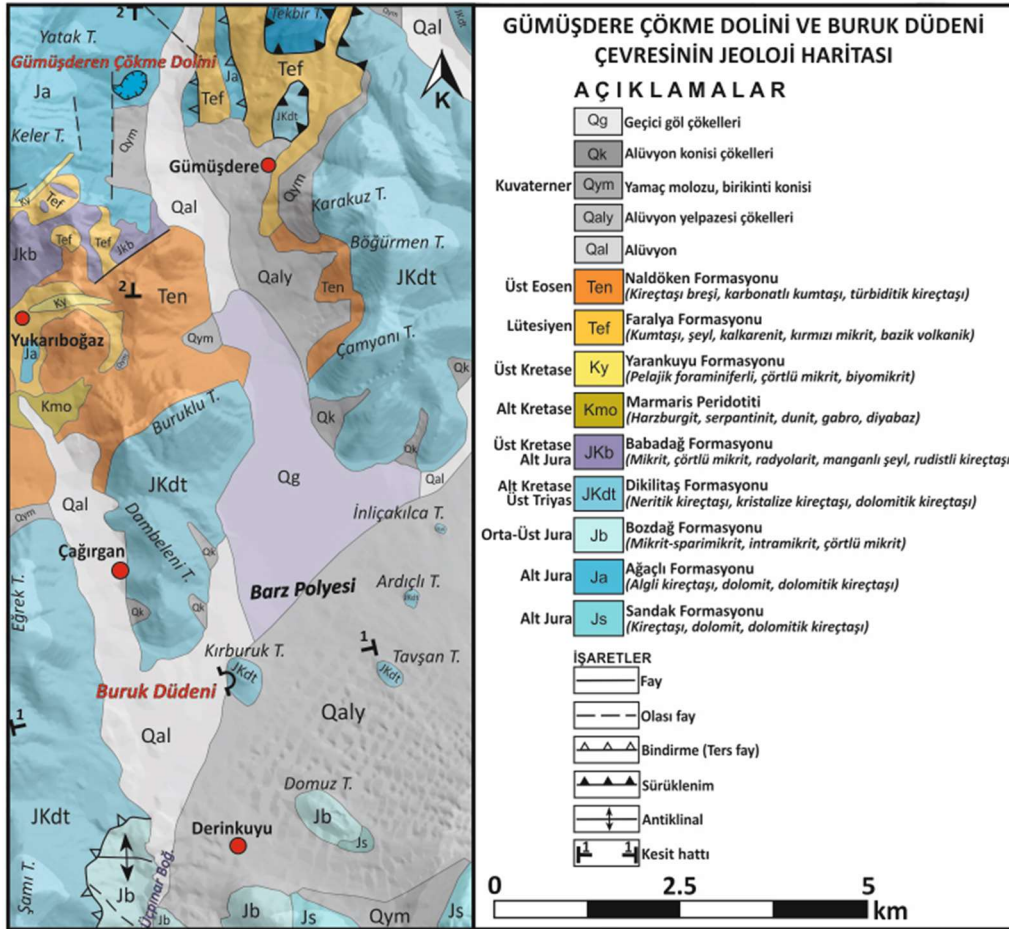
3.1. Buruk Düdeni

Mağaraların gelişiminde belirleyici olan parametrelerin başında jeolojik faktörler (litostratigrafik ve yapısal özellikler) gelmektedir (Nazik, 2018). Mağaraların en uzunları ve iyi gelişenleri kireçtaşları içerisinde

olanlardır. Bu kireçtaşının kalsiyum karbonat (CaCO₃) oranı yükseldikçe mağara gelişimi için gerekli çözünme çok daha güçlü ve hızlı olmaktadır. Tabiki bu, çözücü suların kireçtaşı bünyesine sokulabilmesini sağlayan diyaklaz sistemlerinin varlığı ve yoğunluğu sayesinde gerçekleşmektedir. Buruk Düdeni, kimyasal, petrografik ve yapısal özellikleri itibariyle uygun koşullar sunan Alt Kretase-Üst Triyas yaşlı Dikilitaş formasyonu (Şenel vd., 1989) içerisinde gelişmiştir (Şekil 4 ve 5). Yüksek derecelerde çözünebilir yeteneğine sahip mikritik bir yapıda olan bu fosilli kireçtaşı birimi, Likya naplarının bir parçasını oluşturan Bodrum napının karbonatlı dilimlerindenidir. Mallıdağ istifinin orta bölümünü oluşturan bu formasyon sahada en geniş yeri kaplar ve neritik, kristalize ve dolomitik kireçtaşlarından oluşmaktadır (Akdeniz, 2011). Bu kaya birimi kimyasal özellik olarak %97,1 kalsit ve %2,9 dolomit

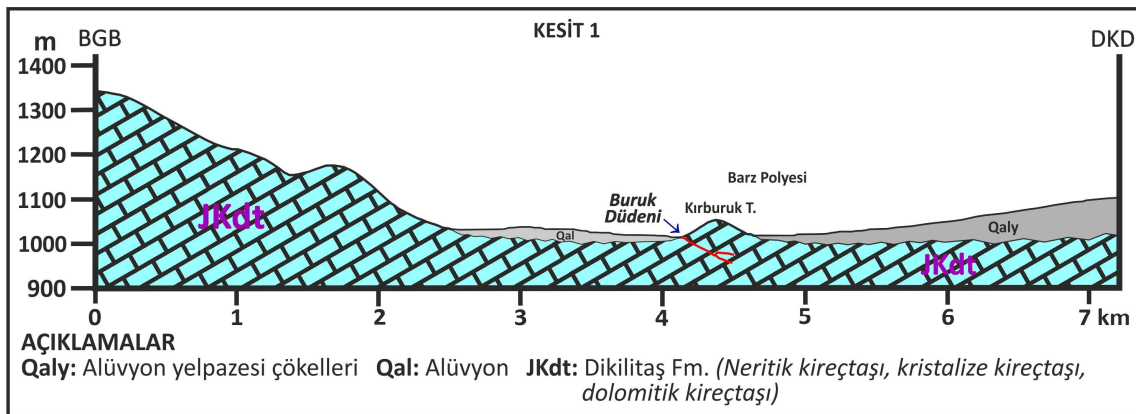
içermektedir. Doku bileşenleri bakımından (Folk, 2004) sparimikrit çamurlu, ooliti-intraklastlı pelsparit taneler içeren ve %2,4 etkin gözenekliliğe sahiptir (Tuncer, 2021). Buna göre bu formasyon, fosilli kireçtaşı sınıfında yer almaktadır ve Geysant (2001)'in karbonat sınıflamasına göre "yüksek saflıkta" (%97-98,5) kireçtaşı sınıfındadır. Bu kireçtaşı, bol eklem sistemlerine sahip olmasına rağmen bunlar genellikle ikincil dolgularla (kalsitle)

doldurulmuştur. Çözünmeye son derece uygun litolojik, petrografik ve yapısal özelliklere sahip olan bu formasyon oldukça karstik özelliktedir. Bu koşullar bu birim üzerinde, öncelikle KD-GB uzanımlı bir faya bağlı olarak Barz Polyesi'nin gelişimini sağlamıştır. Polyenin faylı güney sınırı, aynı zamanda Bozdağ naplarının karbonatlı birimleriyle ve kısmen de Marmaris peridotiti (Çapan, 1980) parçalarıyla sınırlandırılmıştır.



Şekil 4: Buruk Düdeni ve Gümüşdere Obruğu'nun çevresinin jeoloji haritası (Akdeniz, 2011'den düzenlenmiştir).

Figure 4: Geological map of the surroundings of Buruk swallow hole and Gümüşdere sinkhole (edited from Akdeniz, 2011).



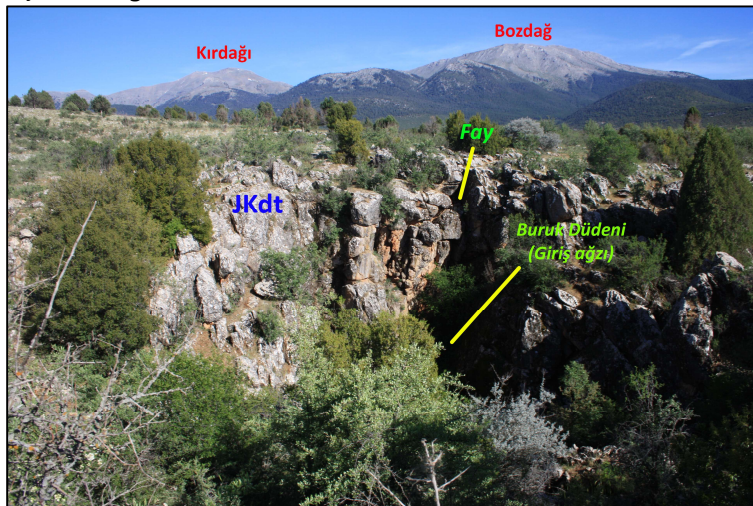
Şekil 5: Buruk Düdeni sahasının jeolojik kesiti / Figure 5: Geological section of the Buruk swallow hole area.

Paleotektonik dönemde bir yarı graben şeklinde oluşmaya başlayan Barz havzası, karstlaşma etken ve sũreçlerin etkili olmaya başlamasıyla beligin bir depresyon haline gelmiş, ancak Eosen'de sahanın molas havzasına dũnũřmesiyle morfoloji kırıntılı malzemelerle ۆrtũlerek fosilize olmuştur. Neotektonik dönemde tektonik rejim değişikliğinin bir sonucu olarak saha yũkselmelere uğrayarak farklı havzalara ayrılmaya başlamış ve ۆrtũler zamanla aşınarak sıyrılmış topoğrafyalar belirmiştir. Pliyosen'de sahada meydana gelen grabenleşmelerle Pliyosen yũzeyi ۆzerinde Barz Polyesi alanı ۆökerken Bozdağ-Kırdağı alanı yũkselmiřtir. ۆöken yũzeyler ۆzerinde zayıf fay hatları boyunca etkili olan karstifikasyonla Pliyo-kuvaterner'de Barz Polyesi bugũnkũ şeklini almaya başlamıştır. Plũvyal dönemde sığ bir gۆlle kaplanan polye tabanı, aynı zamanda gũneydoęudaki yũksek Bozdağ-Kırdağı kũtlesinden inen derelerin taşıdığı alũvyallerle doldurulmaya başlanmıştır. Bu taşınan alũvyaller ۆzellikle polyenin gũneyinde Derinkuyu-Balkıca kۆyleri arasında ۆok geniş birleşmiş yelpazeleri (fan delta) oluşturmuştur (şekil 2). Bugũn bu alũvyal yelpazeler, polyenin ortalarındaki ۆözũnme artığı tepelere (hum) kadar ilerlemiştir. Bugũn dış drenaja yũzeyden batıdan ۆçpınar boğazı ile açık olan polye, muhtemelen Pleistosen başlarında kapalıydı. Buruk Dũdeni de bu jeolojik dönemde polyenin bir humu olan Kırburuk Tepe'nin batı eteğinde, B-D yۆnlũ uzanıma sahip bir fay hattında gelişmeye başlamıştır (şekil 6). Dũden plũvyal dönemde, yelpaze ۆzerinden gelen bazı derelerlerin ve gۆlũn yũkseldięi dۆnemlerdeki

fazla sularını boşaltmaktaydı. Gũnũmũzde bir gۆlden sۆz edemesek de dũden, gũneydeki fan delta ۆzerinden gelen birkaç mevsimlik derenin sularını boşaltmaya devam etmektedir.

Çalışma bۆlgesindeki Likya naplarının farklı deformasyonlara uğramış ve yan yana veya ۆst ۆste gelmiş karbonat dilimleri bugũnkũ konumlarını Laramiyen fazları (Üst Kretase sonu-Paleosen başı) esnasında kazanmışlardır (şenel vd., 1989; Akdeniz, 2011). Bu da bize Paleosen'de sahadaki en azından bugũnkũ yũksek kũtlelerin karalaştığını ve ۆzerlerinde erozyonun başladını gۆstermektedir. Bunun yanında sedimantolojik-stratigrafik verilere gۆre bۆlgede napları zaman zaman hareketlendiren makaslama rejiminin Erken Miyosen'e kadar devam ettiğini, Eosen'den itibaren yer yer havzalaşmaların başlamasıyla ۆzellikle Neojen dönemde yũksek alanlardan aşınımlarla taşınan kırıntılı malzemelerin bu havzalarda ۆökeltildięi (neo-otokton ۆrtũ birimleri) anlaşılmaktadır (şenel vd., 1989; Akdeniz, 2011). Bu durumda, çalışma alanında Miyosen'den itibaren aşınımı karakterize eden farklı seviyelerde rۆlyef sistemlerinin gelişmeye başladığı sۆylenbilir.

Buruk Dũdeni evresinde Üst Miyosen (DII), Pliyosen (DIII) ve Pleistosen (DIV) dۆnemlerine ait rۆlyef sistemlerinin şekil ve yapıları (Erol, 1983, 1993) gelişim gۆstermiřtir. Bu şekil ve yapılar, ۆzellikle Pliyo-kuvaterner dۆnemindeki tektonik hareketlerle farklı yũkseklilere çıkmışlar, eğimlenmişler ve deformasyonlara maruz kalmışlardır. ۆzellikle Bozdağ-Kırdağı kũtlesinde bu rۆlyef sisteminin şekilleri daha



şekil 6: Buruk Dũdeni'nin giriş ağzı ve mağaranın geliştiği Dikilitaş formasyonu (JKdt).

Figure 6: The entrance of the Buruk swallow hole and the Dikilitaş formation (JKdt) where the cave developed.

fazla yükselmiştir. Bunlardan Üst Miyosen dönemine ait şekil ve yapılar, Bozdağ-Kırdağı kütlesinde 1700-2000 metrelerde iken kuzey kesimde 1350-1800 metrelerde yer alırlar. Barz Polyesisinin oluşumunu başlatan ilk yarı grabenleşme bu yüzeyler üzerinde gerçekleşmiş olduğu var sayılmaktadır. Bu dönemin sahadaki yaygın şekilleri aşınım yüzeyi parçaları, askıda kalmış paleo vadiler veya bunların omuzlarıdır. Bu yüzeyler etrafında ise basamaklar şeklinde Pliyosen dönemine ait şekil ve yapılar gelişim göstermiştir. Bunlar kuzeyde 1100-1350 metreler arasında bulunurken Bozdağ-Kırdağı kütlesinde 1150-1850 metrelere kadar çıkmışlardır. Düden ve obruk çevresinde en yaygın şekiller bu döneme ait olanlardır. Bu dönemin en yaygın şekil ve yapıları eğimlenmiş aşınım yüzeyi parçaları, paleo vadiler, askıda kalmış vadi parçaları, sıyrılmış yüzeyler, polyeler ve flüvyo-karstik depresyonlardır. Bunlar özellikle çok yerde çok dönemli topoğrafyaları karakterize etmektedirler. Barz Polyesi de bu dönemin sıyrılmış yüzeyi içerisinde gelişmiştir. Pleistosen dönemine ait rölyef sistemi şekil ve yapıları ise polye çevresinde ve tabanında, polyeyi dışa akaçlayan boğaz boyunca gelişmiştir. Yine bu dönemin karakteristik şekilleri eğimlenmiş ve iyi gelişmemiş aşınım yüzeyi parçaları, taraçalar, boğazlar, kanyonlar, fan deltalar, flüvyo-karstik vadiler, dolinler, mağaralar ve obruklardır. Buruk Düdeni, Pliyosen yüzeyi üzerinde gelişmiş ve Pleistosen'de son şeklini almış Barz Polyesi içerisindeki Kırburuk humunun batı eteğinde, D-B doğrultulu bir fay kırığı boyunca gelişmiştir (Şekil 7).

Bir mağaranın nihayi planı ve enine kesit biçimleri, hem kireçtaşının saflığına hem de kayayı kesen kırık ve çatlak sistemlerine bağlı olarak değişiklik gösterir (Gillieson, 1996). Mağaraların enine ve boyuna profillerinin geometrileri ise karstik yeraltısuyu zonlarını ve oynamalarını, karst taban seviyesi değişimlerini, litostratigrafik özellikler ile tektonik hareketlerin seyirlerini karakterize ederler (Nazik, 1989). Buruk Düdeni de geometrik özellikleri itibarıyla polye tabanındaki yeraltısuyu zonunun göçünü veya tektonik yükselimleri, morfolojik gençleşmeyi ve yapısal özellikleri karakterize etmektedir. Kırburuk Tepe'nin batı eteğinde yer alan düden, çöküntü

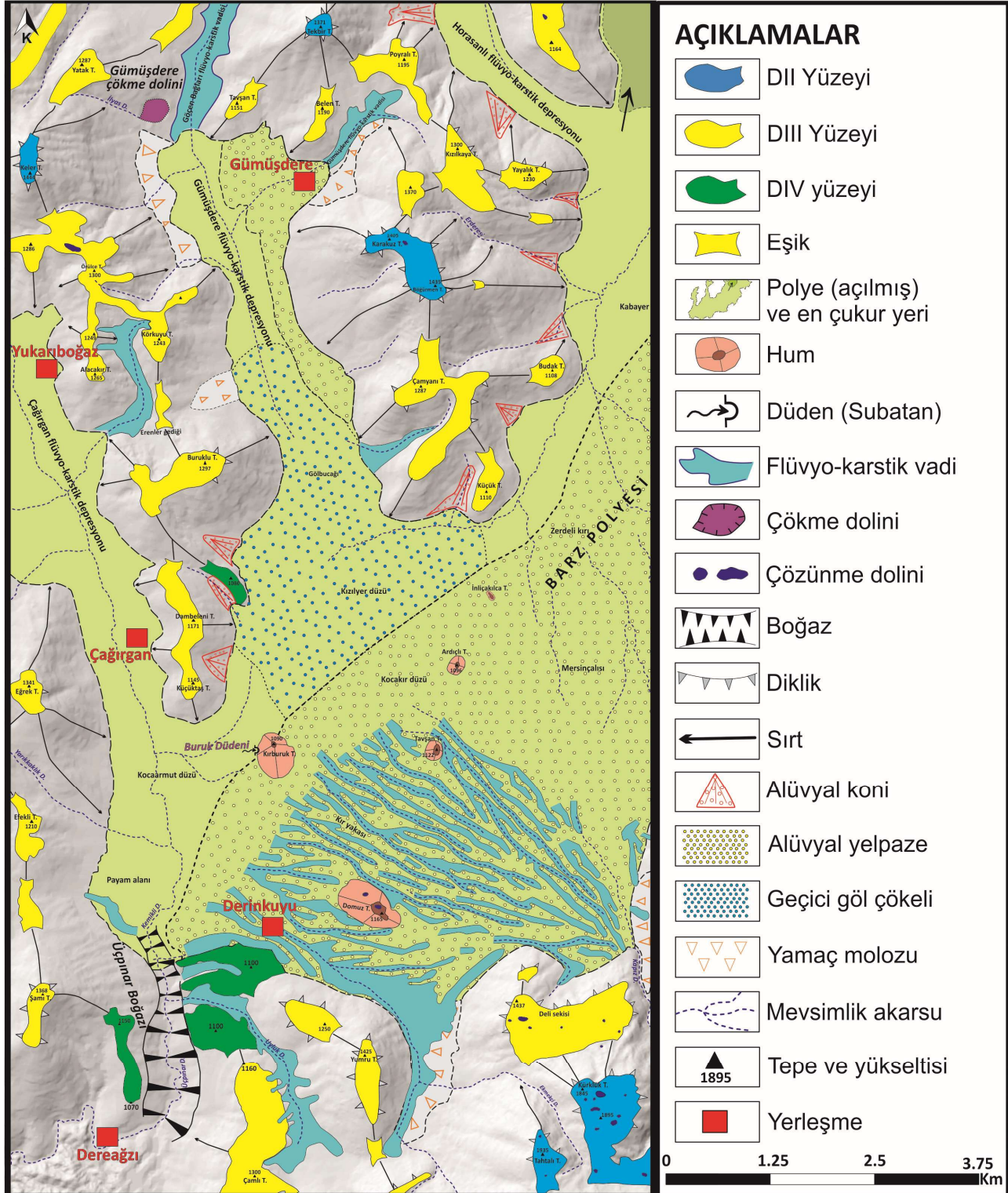
şeklinde gelişmiş genişçe bir ağıza sahip olup giriş ağzının UTM 50'ye göre koordinatı X: 0680530 Doğu, Y: 4132159 Kuzey ve Z: 1050 metredir. Fay boyunca gelişen ve eğimli (35°-40° arası) bir girişe sahip olan mağaranın toplam uzunluğu, 281 metredir. Günümüzde güneydeki fan delta üzerinden gelen birkaç mevsimlik derenin sularını ve yağışlı dönemlerde çevrede biriken suları drene eden mağara, hidrolojik özelliklerine göre düden konumlandırılır. Düden mağara, aynı zamanda yarı aktif ve fosil katlardan oluşmaktadır. Giriş ağzından itibaren başlayan yarı aktif katın uzunluğu 182 metredir. Mağara girişten 135,5 m sonra (orta kesimlerinde) iki kola ayrılmaktadır. Hafif bir eğimle önce yukarıya doğru, sonra yatay ve en nihayetinde aşağıya doğru eğimlenen bu kat, mağaranın vadoz zonda kalmış fosil katını oluşturur. Gelişimini tamamlayarak tümüyle fosilleşen bu fosil katın toplam uzunluğu ise 99 metredir. Gelişimine devam eden alt katın koldan sonraki uzunluğu ise 46,5 metredir. Mağaranın önce daha yukarıdaki katı gelişirken sonra sahanın tektonik yükselimlere maruz kalmasıyla alttaki aktif katı (bugünkü yarı aktif kat) gelişmiş, daha sonra da yukarı kat fosil kat konumuna dönüşmüştür. Bu durumda mağara iki kattan oluştuğu için gelişim dönemine göre çok katlı bir mağaradır. İki kattan oluşan mağara, bulunduğu hidrolojik zon itibarıyla, vadoz zonda yer almaktadır. Bulduğu bu hidrolojik zon itibarıyla mağara, yüzeyden fay çatlağına serbest akışla giriş yapan ve yukarılardan inen sızıntı suların çözücü gücüyle oluştuğu için epijenik bir mağaradır.

Buruk Düdeni'nin yarı aktif katının son nokta derinliği, mağara girişine göre (± 0 m) -71,5 m aşağıdadır. Başka bir deyişle, mağaranın girişi ile son noktası arasındaki yükselti farkı -71,5 metredir. Mağara, girişten -51 m derine indiğinde iki kola ayrılmaktadır. Daha yukarıya doğru uzanan kolu fosil katı oluşturmaktadır ve bu kol önce -42,5 metreye çıkar, daha sonra aşağıya doğru eğimlenerek 70 m sonra -53,5 m kotunda daha yukarıdan gelen bir koridoru keser. Yukarıdan gelen bu koridor girişe göre -47,5 metreden başlar aşağıya doğru eğimli bir şekilde inerek -58 metrede sonlanır. Bu kat, bir sifonla sonlanan daha aşağıdaki yarı aktif katın hemen 13,5 m yukarısında sonlamıştır. Giriş

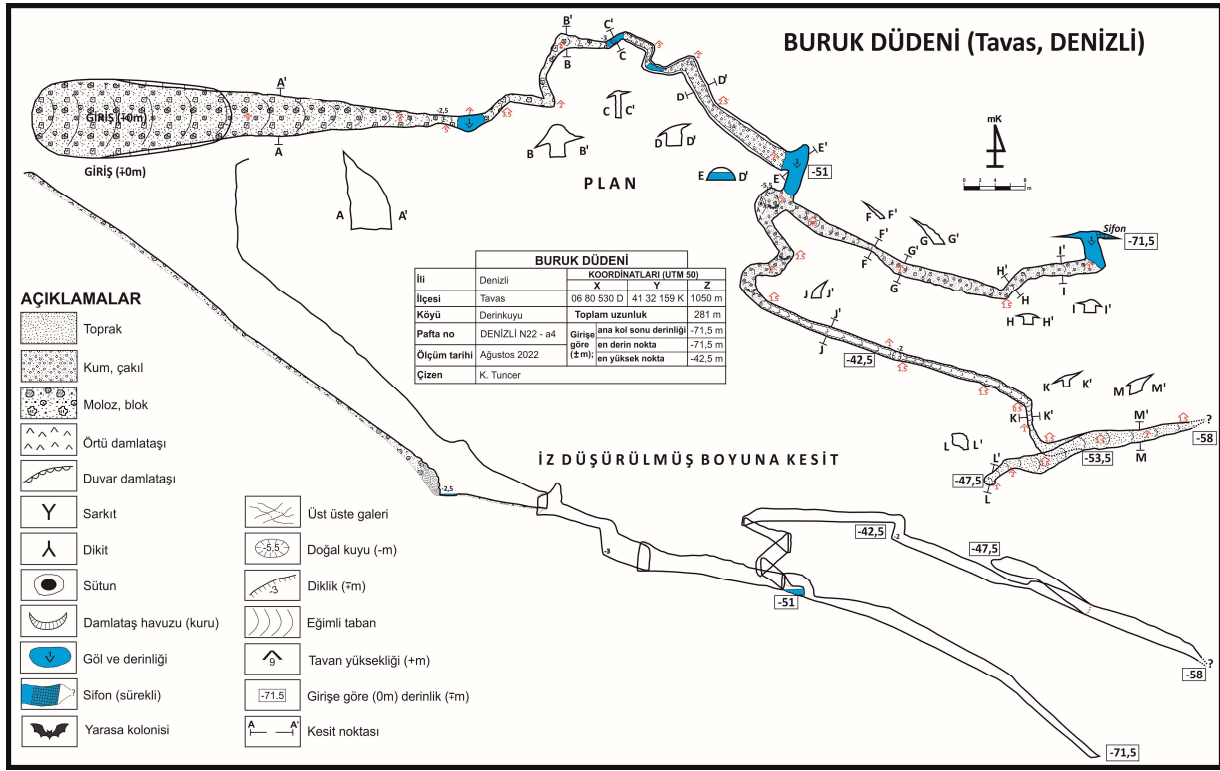
göre -71,5 ve -58 metrelerde sonlanan ve içerisinde 2-3 metrelik dikliklere sahip olan mağara, bu topoğrafik özelliklerine göre yarı yatay-yarı dikey bir mağara karakterindedir. Mağaranın yarı aktif katı boyunca biri giriş bölümünün sonunda, diğeri iki kola ayrıldığı

noktada, sonuncusu da mağara sonunda olmak üzere 1'er m derinliklerinde üç göl yer alır. Bunlardan başka mağara boyunca 0,5 m derinliklerinde küçük su birikintilerine de rastlanılır (şekil 8 ve 9).

GÜMÜŞDERE ÇÖKME DOLİNİ VE BURUK DÜDENİ ÇEVRESİNİN JEOMORFOLOJİ HARİTASI



şekil 7: Buruk Düdeni ve Gümüşdere Obruğu çevresinin jeomorfoloji haritası / **Figure 7:** Geological section of the Buruk swallow hole area.



Şekil 8: Buruk Düdeni planı ve kesitleri / **Figure 8:** Buruk swallow hole plan and profile sections.



Şekil 9: Mağaranın iki kola ayrıldığı kesimde göl / **Figure 9:** The lake is in the part where the cave splits into two branches.

Giriş ağzından itibaren belirgin dikliklere ve eğimli tabanlara sahip olan mağara yer yer daralan bir koridor şeklinde uzanmaktadır. Mağaranın sadece giriş bölgesi 1-8 m arasında genişliklere ve 2-9 metreler arasında tavan yüksekliklerine sahiptir (Şekil 10). Mağaranın kola ayrıldığı bölüme kadarki kesimlerinde genişlik 1-2 m, tavan yüksekliği 2-3,5 m arasına düşmektedir. Mağaranın koldan sonraki yarı aktif ve fosil katında ise genişlikler 0,5-1,5 m ve tavan yükseklikleri 0,5-2 m arasına kadar düşmektedir. Özellikle verevine inen bir yarık boyunca gelişen alt katta ancak sürünerek ve yan bir şekilde ilerlenebilmektedir. Koldan

sonraki bu alt kat mağaranın damlatış bakımından en fakir kesimidir. Eğimli bir fay yarığı boyunca eğimli bir şekilde uzanan bu dar koridorun duvarlarında freatik (basınçlı) akımın izleri olan küçük çözünme cepleri gelişmiştir. Verevine yarığın genişlemesiyle oval bir tüp şeklinde gelişen bu koridorda bu küçük cepler suyun girdaplı bir şekilde akışıyla oluşmuştur. Bu koridorda girdaplı akımlar, sağnak yağışlar esnasında geçici olarak tekrarlanmaktadır. Bu bölümde zaman zaman meydana gelen bu basınçlı ve girdaplı akım, bu katta damlatış oluşumuna mücade etmemiştir (Şekil 11).



Şekil 10: Buruk Düdeni giriş bölümü / **Figure 10:** Buruk swallow hole entrance section.



Şekil 11: Buruk Düdeni'nin dar, damlataş bakımından fakir ve duvarlarında çözünme çeplerinin olduğu son bölümü. **Figure 11:** The last part of the Buruk swallow hole, which is narrow, poor in dripstones and has dissolution pockets on its walls.

Alt kat gibi belirgin bir çatlak boyunca gelişen mağaranın üst katı (fosil katı), büyük boyutlarda olmamakla beraber değişik türlerde damlataş oluşuklarına rastlanılmaktadır. Burada duvar damlataşları, örtü damlataşları sarkıt ve dikitler, küçük perde damlataşları ve tabanda küçük traverten havuzları gelişme imkanı bulmuştur (Şekil 8 ve 12).

Buruk Düdeni'nin giriş bölümünden sonraki bölümünde morfoloji oldukça değişmektedir. Bu bölüm ilk oluşmaya başladığı evrede freatik zonda ve verevine uzanan kırık boyunca, eğimli oval bir morfolojide gelişmeye başlamıştır.

Fakat gelişiminin daha başlangıç evresinde sahadaki tektonik yükselmelerle menderesler şeklinde yatağına gömülmeye başlamıştır. Bu şekilde daha oluşumunu tamamlamadan tektonik gençleşmeye maruz kalan mağara koridorunun yukarı kesiminde oval şekilli bir freatik tüp koridor gelişirken yeraltı deresi vadoz akıma geçmiş ve bu esnada vadoz su akımları hızlı bir şekilde yatağını yarararak gömülmüştür. Bu gömülme esnasında zamanla freatik tüpün altında menderesli geçit gelişerek mağara koridoru anahtar deliği şeklini almıştır. Mağaranın değişik kesimlerinden alınan enine



Şekil 12: Mağaranın fosil katında sarkıt, dikit, örtü damlataşları (solda), duvar damlataşları ve tabanda küçük kuru traverten havuzları (sağda) / **Figure 12:** In the fossil level of the cave, stalactites, stalagmites, cover dripstones (on the left), wall dripstones and small dry travertine pools at the floor (on the right).

kesitlerde bu morfoloji belirgin bir şekilde görülebilmektedir (Şekil 8 ve 13). Mağaranın değişik kesimlerinden alınan enine kesitlerinde anahtar deliği veya alt kesimi boğaz şeklinde profile sahip olması, mağarada mevsimlik olarak aktif dönemlerin de yaşandığını ve oynama zonunda yer aldığını (Böglü, 1980; Nazik, 1989, 2005) göstermektedir. Bu şekilde tektonik etkilerden ve buna bağlı olarak hidrolojik zonda meydana gelen kaymalardan (değişmelerden) dolayı mağara, iki farklı evreyi yaşamıştır. Başlangıçta doygun zonda bulunan mağara, bu tektonik ve yeraltı suyu hareketlerinin etkisiyle oynama zonunda veya yüksek su zonunda kalarak bu zonların karakteristik profiline dönüşmüştür. Sahip olduğu bu gelişim özellikleri itibarıyla mağara, çok önemli bir karakterdedir. Yani mağara, gelişiminin başlangıcında yeniden gençleşmeye maruz kalmıştır. Bu gençleşmenin izleri, mağaranın girişi ile son noktası arasında, orta noktaların birleştirilmesiyle oluşturulan boyuna profilinde de görülebilmektedir. Bölgenin

jeomorfolojik evrimi ve tektonik özelliklerinin ortaya konulmasında önemli veriler sağlayan mağaranın izdüşürülmüş boyuna profilinde eğimli bir taban ve 2-3 metrelik dikliklerin varlığı, mağara oluşumunun başlangıç aşamasında tektonik yükselmelerin de var olduğunu ve sonradan taban seviyesinin hızla farklı zamanlarda düştüğünü veya tektonik yükselmelerde hızlı evrelerin yaşandığını göstermektedir (Şekil 8). Mağaranın enine ve boyuna profillerinde açıkça görülebilen bu morfolojik özelliklere göre mağara, henüz erken olgunluk evresini yaşamaktadır. Damlataşların oluşumu ve gelişmelerini, mağara canlılarının yaşamını ve bu canlıların türlerini, mağaraları fiziko-kimyasal özelliklerini ve mağaraların kullanım amaçlarını mağara içerisinin iklimi belirlemektedir (Nazik, 2008). Bu durum mağaranın dışarıyla olan bağlantılarına göre yani dış atmosfere açılan ağız sayısına ve bunların konumlarına göre değişiklik göstermektedir. Mağaralar giriş veya çıkış ağızlarıyla ve yüzeyle bağlantılı yarık ve çatlak



Şekil 13: Mağaranın orta bölümünde gençleşme eseri olarak gelişmiş anahtar deliği şekilli koridor. **Figure 13:** In the fossil level of the cave, stalactites, stalagmites, cover dripstones (on the left), wall dripstones and small dry travertine pools at the floor (on the right).

sistemleri vasıtasıyla dışarıyla hava değişimi yaşarlar. Ancak Buruk Düdeni'nde, sadece giriş ağzından ve giriş bölgesindeki yüzeye kadar çıkabilen bazı yarık ve çatlak sistemleri aracılığıyla hava değişimini yaşamaktadır. Tek girişe sahip olan düden, dış atmosfere göre oldukça sabit denilebilecek kararlı bir havaya sahiptir. Mağara içerisinde el tipi rüzgar ölçer aletin ölçebileceği bir rüzgarın varlığı saptanmamıştır. Dışarıda gölgede sıcaklık 28°C iken mağarada ölçülen sıcaklık değerleri 14-18°C arasında seyretmektedir. Buna göre mağaranın giriş bölgesinde sıcaklık 17-18°C iken iki kola ayrıldığı kesimde (gölden sonra) 16°C, alt kolda 14°C ve üstteki fosil katta 15-16°C olarak ölçülmüştür (Tablo 1). 17°C'den yüksek mağaralara sıcak, 11-17°C arasındakilere ılıman ve 11°C'den düşük olanlara ise soğuk mağara (Nazik, 2008) denildiğine göre; bu ölçülen sıcaklık değerlerine göre Buruk Düdeni, genel olarak ılık bir havaya sahiptir. Mağaraları nisbi nem değerlerine göre değerlendirdiğimizde;

%65'den fazla nisbi neme sahip mağaralar nemli, %65'den düşük nisbi neme sahip olanlar ise kuru mağara olarak tanımlanır (Nazik, 2008). Buna göre Buruk Düdeni'nin giriş bölümünde bağıl nem oranı %70-72 arasındayken mağaranın yarı aktif katı sonunda %78, fosil katında %72-73 kadardır (Tablo 1). Birkaç girişi olan mağaralar hariç, tek girişli mağaraların dış atmosfere göre sabit ve kararlı bir havası vardır (Nazik, 2003, 2005, 2008). Buna göre Buruk Düdeni, sahip olduğu nem değerleri itibarıyla nemli bir havaya sahiptir. Mağaranın sahip olduğu gaz özelliklerine göre ise mağarada dışarıdan taşınan ağaç dal ve yapraklarının çürümesiyle ortaya çıkan az miktarlardaki metan gazı (CH₄) dışında herhangi bir zararlı gaz (H₂S) tespit edilmediği gibi yaşamsal fonksiyonları olumsuz yönde etkileyecek oksijen azlığı veya fazlalığı, CO fazlalığı da ölçülmemiştir. Mağarada ölçülen 8-17 Lel arasındaki CO varlığı ise sağnak yağışlar esnasında mağara içlerine taşınan dal ve yaprak gibi bitki parçalarının nemli ortamlarda

çürümesinden (biyojenik metan) (Işık & Ökmen, 2013) kaynaklanmaktadır (Tablo 1). Buruk Düdeni'nde özellikle mağaranın fosil katında küçük bir yarasa kolonisine rastlanılmıştır. Işığın

sokulabildiği giriş bölümünün nemli duvarlarında ise yeşil yosunlar gelişmiştir. Bunların dışında mağarada başka bir canlı veya bitki türüne rastlanılmamıştır.

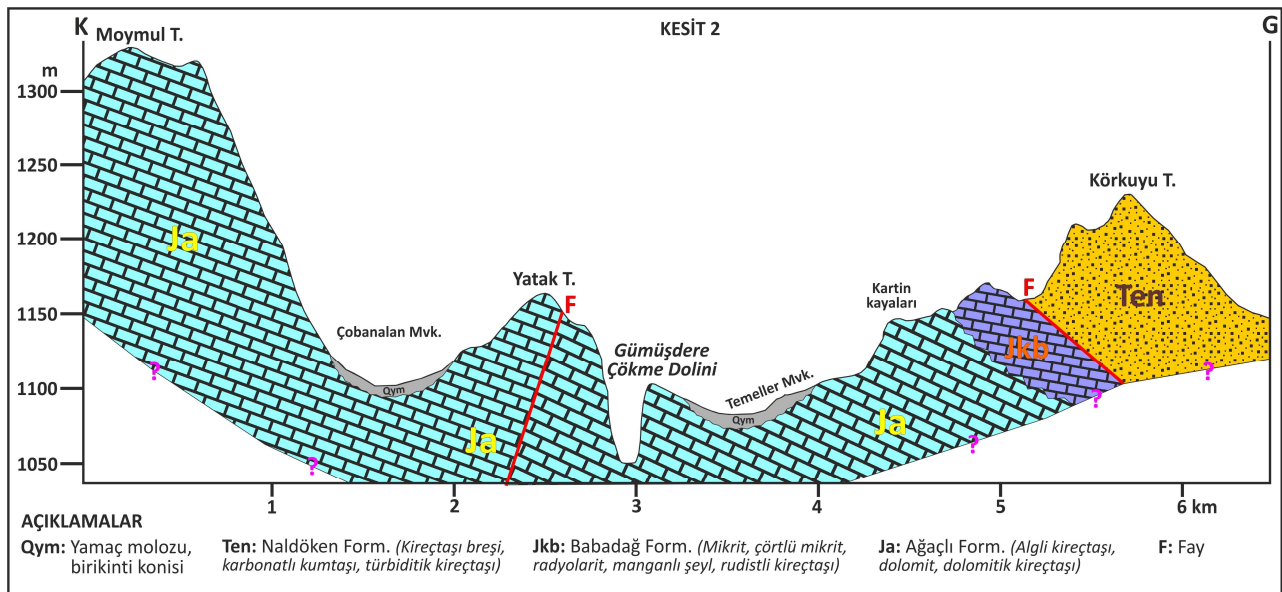
Tablo 1: Buruk Düdeninde sıcaklık, nem ve çeşitli gaz ölçüm değerleri / **Table 1:** Temperature, humidity and various gas measurement values in Buruk swallow hole.

Ölçüm Yeri	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	O ₂ (Lel)	CO (Lel)	H ₂ S (Lel)	CH ₄ (Lel)
Mağara Dışında (Gölgede)	28	63	20,6	13	0	2
Mağara Ağzı	18	70	20,7	8-10	0	2
Menderesli koridor sonu (Göl önünde)	17	72	20,7	11	0	1
Kol ayırım önünde (Göl sonrası)	16	73	20,3	2	0	0
Alt koridor (Yarı aktif kol) sonu	14	78	20,3	2	0	0
Üst koridor (Fosil kol) ortası	16	72	20,4	17	0	0
Üst koridor (Fosil kol) sonu	15	73	20,4	17	0	0

3.2. Gümüşdere Obruğu (Çökme dolini)

Çökme dolinleri, karsttaki çözünme boşluklarının etrafında kalan desteksiz ana kaya katmanlarının, sütunların ve kemerlerin kırılması ve çökmesiyle oluşan çukurluklar şeklinde tanımlanır. Boyutları değişmekle birlikte, ancak çok azı 100 m'den daha geniştir ve sonrasında meydana gelen erozyonla bozulmadıkça genellikle dik kayalık profillerle ayırt edilirler (Waltham vd., 2005). Bir çökme dolini, esas olarak zeminin hızlı bir şekilde aşağı doğru hareket etmesi yani çökmesi ile oluşur. Burada çözünmenin rolü dolaylıdır; çözünme, yüzey altındaki mağarayı genişletme, yüzeyi alçaltma, çatlakları genişletme şeklinde rol oynar ve tavan, çok zayıf olduğu ve kırıldığı bir noktada çöker ve böylece bir çökme dolini

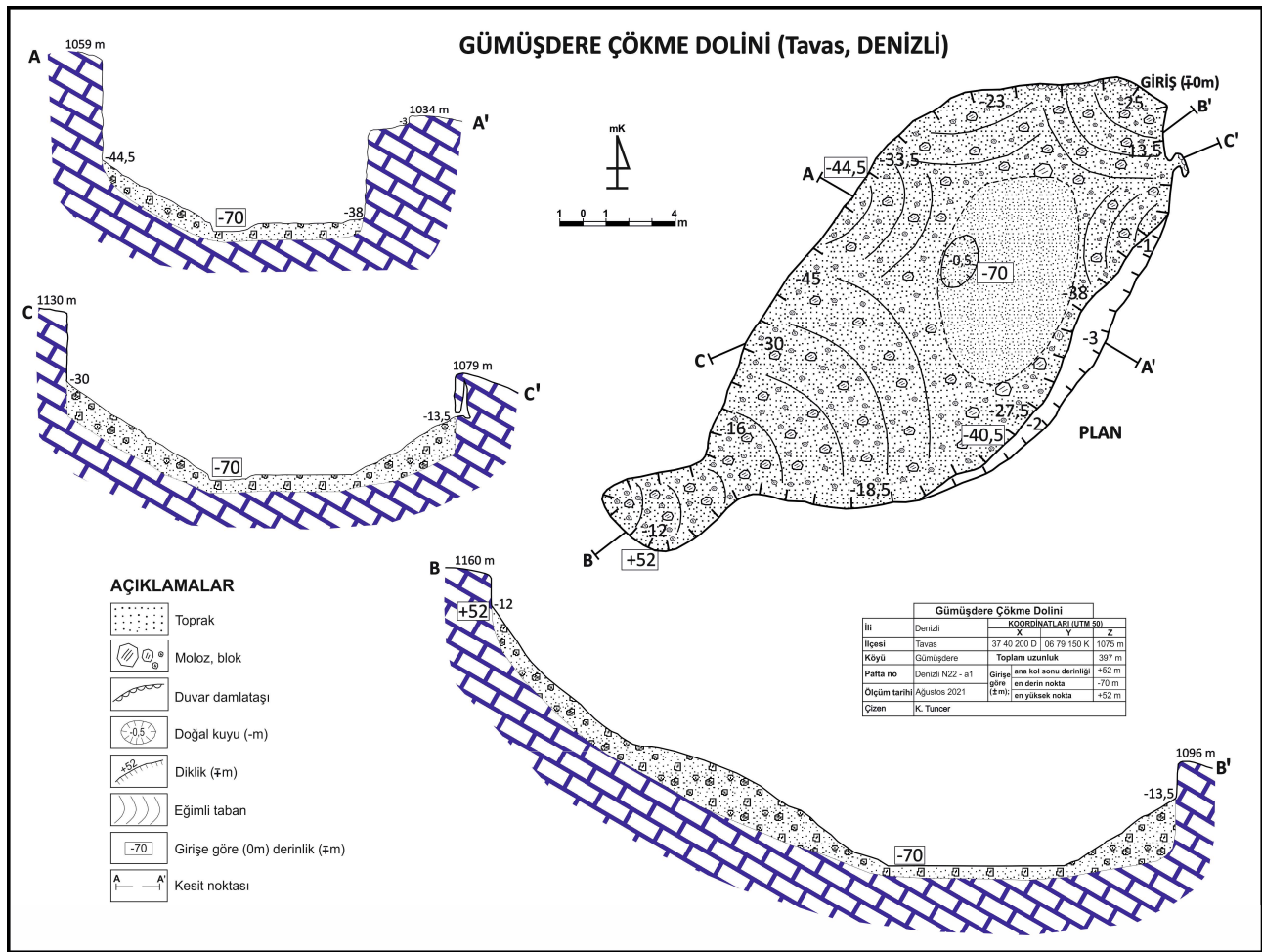
oluşur (Williams, 2004; Kranjc, 2013). Köy halkının Gümüşdere Obruğu olarak isimlendirdiği bu çöküntü, yukarıda tanımlandığı şekliyle aslında bir çökme dolinidir. Gümüşdere köyünün hemen kuzeybatısında yer alan bu dolin, algli kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitlerden oluşan Ağaçlı formasyonu (şenel vd., 1994) içerisinde gelişmiştir. Likya naplarının Alt Triyas yaşlı bu karbonatlı birimi (Akdeniz, 2011) sürüklenimler esnasında kırık ve çatlak sistemlerine sahip olması neticesinde oldukça karstik özellikler kazanmıştır. Çöküntü, Barz Polyesi'ne bağlanan geniş tabanlı bir vadinin batı yamacında K-G uzanımlı belirgin bir kırığın (olasılıkla fay) başlangıç bölgesinde gelişmiştir (şekil 4 ve 14).



şekil 14: Gümüşdere Obruğu'nun (çökme dolininin) jeolojik kesiti / **Figure 14:** Geological section of Gümüşdere sinkhole (callopse doline).

Çökme dolini çevresinde Üst Miyosen, Pliyosen ve Pleyistosen dönemlerine ait rölief sistemleri yaygınlık gösterir. Sahada bu dönemlere ait aşınım yüzeyi parçalarına, paleo vadilere, askıda kalmış vadi parçalarına, dolinlere, polyeye ve flüvyo-karstik depresyon ve vadilere rastlanılmaktadır. Gümüşdere de Pleistosen döneminde olgunlaşmış bir Pliyosen vadisinin yamacında gelişmiş bir çökme dolinidir (şekil 3 ve 7). Çöküntü dolininin uzun eksenini KD-GB doğrultusunda olup kuş uçuşu yaklaşık 300 m iken kısa eksenini KB-GD yönünde olup kuş uçuşu yaklaşık 125 m uzunluğundadır. Dolinin giriş noktası (± 0 m) KB kenarı olarak kabul

edildiğinde çöküntünün tabanına önce -13,5 m diklikle, daha sonra 30° eğimli talus yüzeyinden inilmektedir. Bu girişe göre dolinin en derin noktası ortası olup -70 metrededir (şekil 15). Bu çukurluğun kenarları 12-45 metreler arasında değişen kayalık dikliklerle çevrili olup, bu dikliklerin önlerinde köşeli kırıntılı malzemelerden oluşmuş taluslar (birleşmiş) gelişmiştir. Çukurluğun tabanında çok yağışlı dönemlerde oldukça derin bir gölün meydana geldiğini gösteren kil ve çamur çökelleri ile kenarlardaki dikliklerin üzerlerinde bu göl seviyelerinin izleri görülebilmektedir (şekil 16).



şekil 15: Gümüşdere Obruğu'nun (çökme dolininin) planı ve kesitleri / **Figure 15:** Plan and profile sections of Gümüşdere sinkhole (callopse doline).

Çökme dolininin oluşumunda alta bir veya birkaç mağara salonunun gelişimi, tektonik yükselmeler ve buna bağlı olarak morfolojik taban düzeyindeki alçalmalar ile karstik doğgun zonun aşağılara kayması etkili olmuştur. Barz Polyesi'ne bağlanan Gümüşdere paleo vadisinin Pleistosen'de karstik etken ve süreçlerle lateral genişlemelere uğraması esnasında vadinin batı yamacında bir mağara boşluğu gelişmeye

başlamış; akabinde Buruk Düdeni'nde de karşılığı olan tektonik yükselimlerle mağara boşluğu yanlara ve tavana doğru genişlemeye başlamıştır. Sahadaki morfolojinin birden fazla gençleşmeye uğramasıyla en ince kalınlığına erişen mağara boşluğunun tavanı zamanla hızlı bir şekilde çökmeye başlamış ve neticesinde bugün gördüğümüz Gümüşdere çökme dolini oluşmuştur. Çöküntüyü çevreleyen duvarlarda

eski mağaradan kalma duvar ve örtü damlataşlarına, mısır patlağı yapılar

rastlanılması bu eski mağaranın varlığını kanıtlar niteliktedir (Şekil 17).



Şekil 16: Gümüşdere Obruğu (çökme dolininin) / Figure 16: Gümüşdere sinkhole (callopse doline).



Şekil 17: Gümüşdere çökme dolininin oluşumunu sağlayan alttaki eski mağaranın duvarlarındaki perde sarkıt, duvar damlataşı ve mısır patlağı kalıntıları / Figure 17: Curtain stalactites, wall stalactites and popcorn remnants on the walls of the old cave below that formed the Gümüşdere collapse doline.

4. SONUÇ

Buruk Düdeni ve Gümüşdere Obruğu (çökme dolini), Türkiye'nin en yoğun bir şekilde yüzey ve yeraltı karstının gelişim gösterdiği Toros Karst kuşağının batı alanında yer almaktadır. Aynı zamanda bu karstik şekiller, tektonik olarak da Fethiye-Burdur makaslama fay zonu (Elitez & Yaltrak, 2014) içerisinde yer almaktadır. Likya naplarının oldukça karstik karbonat dilimleri içerisinde gelişmiş olan Buruk Düdeni ve Gümüşdere çökme dolini, oluşum ve gelişim özellikleri ve sahip oldukları morfolojik

özellikler itibariyle tektonik gençleşmelere maruz kalmıştır. Bunların geçirdikleri jeomorfolojik evrim, sadece doğrudan tektonik yükselmelerin eseri değil aynı zamanda karst veya morfolojik taban düzeylerindeki değişimlerin ve doğgun zonun daha derinlere inmesiyle de ilişkilidir. Mağara tabanındaki eğim kırıklıklarının varlığı, mağara içerisinden akan yeraltı deresinin yatağına gömülmesi ve bu gömülmeye mağara koridorlarının anahtar deliği şeklini alması; çökme dolininin

oluşmasında önce altta mağara salonunun veya salonlarının oluşması daha sonra bu mağara boşluklarının fosil duruma geçerek tavan kalınlığının okmelerle incelenmesi ve en sonunda tavanın tamamen yıkılarak obruk Şekilli okme dolinine dönüşmesi, gençleşmenin varlığını kanıtlar niteliktedir. Buna göre bu karstik Şekiller, çok dnemlidirler. Bu karstik Şekilleri karst hirolojisi bakımından değerlendirdiğimizde ise Gümüşdere okme dolini, yüzey sularını sızmalarla ve çatlak sistemleriyle yeraltına geçmesini sağlayan (Klimchouk, 1995), karbonatlı kayaçların çözünmeye uğradığı genelde 10 m derinliğe kadar inen (Williams, 2004), jeomorfolojik ve hidrolojik bir kuşak olan epikarstik kuşağın (Bakalowicz, 2004) bir Őeklidir. Yani bu okme dolini, epikarstik kuşakta meydana gelen ve tektonik aktivitelerle güçlenen karstifikasyonla meynana gelmiştir. Buruk Düdeni ise giriş bölgesinde kısmen epikarstik süreçlerin etkisinin görüldüğu ancak en baskın bir Şekilde epijenik süreçlerin etkisiyle oluşması itibariyle jeomorfolojik ve hidrolojik olarak epijenik bir mağara karakterindedir. Bu düden mağara, epikarstik kuşağın hemen altında yer alan ve suların yerçekiminin etkisiyle yeraltı su tablasına doğru genelde serbest akımlarla ancak bazen kesintili olarak basınçlı akımlarla akması esnasında oluşmuştur. Bu yeraltı suyu akımlarıyla yeraltı koridorları ve salonları oluşmuş ve Őekillenmiřtir. Oluşumunun başlangıcında meydana gelen basınçlı (freatik) akımlar günümüzde yerini genleşmelerin bir sonucu olarak serbest (vadoz) akımlara bırakmıştır. Mağara koridorlarının tavan kesiminde freatik tüp (elips) Şekilli bir boşluğun, alt kesimde ise zaman zaman menderesler çizen boğaz Şeklinde boşluğun gelişmiş olması, farklı evrelerde gelişen bu iki farklı yeraltı suyu akımının eseridir. Mağaranın bu morfolojik özelliği mağara koridorlarının değişik yerlerinden alınan enine kesitlerinde belirgin bir Şekilde görülebilmektedir. Mağara bu Şeklini, oluşumunun başlangıcında birden bire gençleşmeye uğramasıyla kazanmıştır. O halde Buruk Düdeni, henüz olgunluk evresini yaşamaktadır. Eğimli bir tabana sahip olan mağara 281 m toplam uzunluğa ve giriş ağzına göre (± 0 m) -71,5 m derinliğe sahiptir. Mağaranın bu bölümü, yağışlı dönemlerde akış gösteren bir dereye sahip olması itibariyle yarı

aktif katı oluşturur. Mağaranın orta bölümünden itibaren yarı aktif alt katın üzerinde sadece damlayan suların var olduğu fosil kat yer almaktadır. Fosil kat, toplamda 99 metrelik bir koridor Őeklinindedir ve girişe göre (± 0 m) -58 metrede daralarak son bulur. Bu kat, yeni oluşmakta olan küçük damlataş oluşuklarıyla kaplıdır. Mağaranın orta bölümünde ve sonunda birer sifon mevcuttur. Gerek gezilmesinin zor olması, gerek yağışlı dönemlerde su baskınlarına maruz kalması, gerekse görülmeye değercek boyut ve yoğunlukta damlataş yapılarına sahip olmaması nedenleriyle mağara turizm için değerlendirilmeye uygun değildir. Düden mağaraya sadece tecrübeli mağaracılar tarafından araştırma ve sportif amaçlı girilebilir. Ancak Gümüşdere okme dolininin yağışlı mevsimde bir göle dönüşmesi, kurak mevsimde ise içerinde gezilebilmesi, çöküntünün duvarlarında eski mağaradan kalma duvar damlataşı kalıntılarının varlığı, ulaşımının kolay olması, ayrıca sahip olduğu doğal evre güzelliği sayesinde turizm için değerlendirilebilir.

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Mağara ve obrukta ölçümler alırken bana yardım eden öğrencilerim, Volkan Tavas ve Ömer Gündürü'ye ve arazide kolaylıklar sağlayan Derinkuyu köyü (Tavas) muhtarı Servet Küükoğul'a teőkükür ederim.

KAYNAKÇA

- Akdeniz, N. (2011). *1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Denizli N22 paftası*. Yayın no: 164. MTA Genel Müdürlüğu, Jeoloji Etütleri Dairesi. Ankara: MTA Genel Müdürlüğu.
- Audra, P., & Palmer, A. P. (2011). The pattern of caves: Controls of epigenic speleogenesis. *Morphologie*, 17(4), 359-378. Doi:10.4000/geomorphologie.9571
- Aygen, T. (1984). *Türkiye mağaraları (Turkish caves)*. Türkiye Turing ve Otomobil Kurumu Yayınları.
- Bakalowicz, M. (2004). The epikarst, the skin of karst. In: Jones, W. K., Culver, D. C., & Herman, J. S. (Eds) *Epikarst*. Special Publication 9. Charles Town, WV: Karst Waters Institute: 2(1), 16-22.
- Bögli, A. (1980). *Karst hydrology and physical speleology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. Doi:10.1007/978-3-642-67669-7

- Çapan, U. (1980). *Toros Kuşuğı ofiyolit masiflerinin (Marmaris, Mersin, Pozantı, Pınarbaşı ve Divriğı) işyapıları, petrolojisi ve petrokimyasalına yaklaşımlar* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Hacettepe Üniv. Yerbilimleri Enstitüsü.
- Elitez, İ., & Yaltırak, C. (2014). Çameli Havzası'nın Miyosen-Kuvaterner jeodinamiğı, Burdur-Fethiye makaslama zonu (GB Türkiye). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57(3), 41-67. Doi:10.25288/tjb.298714
- Erol, O. (1983). Türkiye'nin genç tektonik ve jeomorfolojik gelişimi. *Jeomorfoloji Dergisi*, (11), 1-22.
- Erol, O. (1993). Ayrıntılı jeomorfoloji haritalarının çizim yöntemleri. *İstanbul Üniv. Deniz Bilimleri ve Coğrafiya Enstitüsü Bülteni*, (10), 19-39.
- Ersoy, ř. (1989). *Fethiye (Muğla)-Göhlisar (Burdur) arasında Güney Dağı ile Kelebekli Dağ ve dolaylarının jeolojisi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. İstanbul Üniv. Fen Bilimleri Enst.
- Ersoy, ř. (1990). Batı Toros (Likya) naplarının yapısal öğelerinin ve evriminin analizi. *Jeoloji Mühendisliğı*, (37), 5-16.
- Folk, R. L. (2004). Spectral subdivision of limestone types. In: Hamm, W. E. (Ed), *Classification of carbonate rocks* (s. 62-84). Tulsa: Memoirs of the American Association of Petroleum Geology.
- Ford, D. C., & Williams, P. W. (1989). *Karst geomorphology and hydrology*. London: Unwin Hyman.
- Geyssant, J. (2001). Geology of calcium carbonate. In: Tegetoff, W. (Ed), *Calcium carbonate: from the cretaceous period into the 21st century* (s. 1-52). Springer Publishing Group.
- Gillieson, D. (1996). *Caves: Processes, development and management*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Güldalı, N. (1983, Temmuz). Oluşumları, gelişimleri ve ekonomik değerleriyle: Mağaralar. *Bilim Teknik Dergisi*, 1-4.
- Işık, D., & Ökmen, G. (2013). Metan üreten mikroorganizmalar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2), 79-85
- Klimchouk, A. B. (1995). Karst morphogenesis in the epikarstic zone. *Cave and Karst science*, 21(2), 45-50.
- Klimchouk. (2007). *Hypogene speleogenesis: Hydrogeological and morphogenetic perspective* (Special Paper no. 1). Carlsbad, NM: National Cave and Karst Research Institute.
- Klimchouk. (2012). Speleogenesis, hypogenic. In: Culver, D. C., White, W. B., Culver, D. C., & White, W. B. (Eds), *Encyclopedia of caves* (s. 748-765). Oxford, UK: Elsevier.
- Klimchouk. (2015). The karst paradigm: changes, trends and perspectives. *Acta Carsologica*, 44(3), 289-313. Doi:10.3986/ac.v44i3.2996
- Kopar, İ. (2008). Elmalı Mağarası (İspir-Erzurum). *Fırat Üniv. Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(2), 71-90.
- Kopar, İ. (2009). Aladağlar'da (Orta Toroslar, Yahyalı-Kayseri) iki fosil mağara: Zindan-ı Köşk-1 ve Zindan-ı Köşk-2 mağaraları. *Türk Coğrafiya Dergisi*, (53), 69-83.
- Kopar, İ. (2010). Aladağların (Orta Toroslar) Fosil Mağara Potansiyelinden Yeni Bir Kayıt: Kapuzbaşı Mağarası (Divrik Dağı). *Türk Coğrafiya Dergisi*, (54), 31-42.
- Kranjc, A. (2013). Classification of closed depressions in carbonate karst. In: Shroder, J. F. (Ed), *Treatise on karst geomorphology*. Elsevier Academic Press.
- Nazik, L., Törk, K., Özel, E., Acar, C., & Tuncer, K. (2003). Türkiye mağaralarının envanter çalışmaları. *Mağara ekosisteminin Türkiye'de korunması ve değerlendirilmesi - Sempozyum I* (s. 91-102). Alanya, Antalya: Türkiye Tabiatını Koruma Derneğı.
- Nazik, L., Poyraz, M., & Karabıyıköğlü, M. (2019). Karstic landscapes and landforms in Turkey. In: Kuzucuoğlu, C., Ciner, A., & Kazancı, N. (Eds), *Landscapes and landforms in Turkey* (s. 181-196). Switzerland: Springer International Publishing.
- Nazik, L. (1989). Mağara morfolojisinin belirlediğı jeolojik-jeomorfolojik ve ekolojik özellikler. *Jeomorfoloji Dergisi*, (17), 53-62.
- Nazik, L. (2003). Mağaraların oluşum ve gelişim özellikleri. *Mağara Ekosisteminin Türkiye'de korunması ve değerlendirilmesi - Sempozyum I* (s. 1-19). Alanya, Antalya: Türkiye Tabiatını Koruma Derneğı.
- Nazik, L. (2005). Mağara nedir, nasıl oluşur? *Ulusal mağara günleri sempozyumu* (s. 1-17). Beyşehir, Konya: Türkiye Tabiatının Koruma Derneğı.
- Nazik, L. (2008). *Mağaraların araştırılma, koruma ve kullanım ilkeleri*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Yerbilimleri ve Kültür Serisi- 2.
- Nazik, L. (2018). Yeraltı karanlıklar dünyasının gizemli oluşumları: Mağaralar. *Mavi Gezegen*, (24), 20-36.

- Nazik, L., & Bayarı, S. (2018). Mağara zengini ülke: Türkiye. *Mavi Gezegen*, (24), 7-19.
- Nazik, L., & Poyraz, M. (2015). Türkiye karst morfolojisinde neotektoniğin rolü. İçinde: Bahadır, M., Uzun, A., & Zeybek, H. İ. (Eds), *IV. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (s. 203-213). Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Nazik, L., & Poyraz, M. (2017). Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları Karst Kuşağı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (68), 43-56. Doi:10.17211/tcd.910578
- Nazik, L., & Tuncer, K. (2010). Türkiye karst morfolojisinin bölgesel özellikleri. *Türk Speleoloji Dergisi, Karst ve Mağara Araştırmaları*, 1(1), 7-19.
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Şener, M. F., & Utlı, M. (2018). GIS based analysis of doline density on Taurus Mountains, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 77(14), 1-13. Doi:10.1007/s12665-018-7717-7
- Pekcan, N. (2019). *Karst jeomorfolojisi*. Filiz Kitabevi.
- Palmer, A. N. (2007). *Cave geology*. Dayton, Ohio: Cave Books.
- Palmer, A. N. (2011). Distinction between epigenic and hypogenic maze caves. *Geomorphology*, (134), 9-22. Doi:10.1016/j.geomorph.2011.03.014
- Şener, M. F., & Öztürk, M. Z. (2019). Relict drainage effects on distribution and morphometry of karst depressions: A case study from Central Taurus (Turkey). *Journal of Cave and Karst Studies*, 81(1), 33-43. Doi:10.4311/2018ES0111
- Slabe, T., & Prelovšek, M. (2013). Rock features and morphogenesis in epigenic caves. In: Shroder, J. F. (Ed), *Treatise on karst geomorphology* (s. 172-185). Elsevier Academic Press.
- Şenel, M., Selçuk, H., Bilgin, Z. R., Şen, M. A., Karaman, T., Dinçer, M. A., Durukan, E., Arbas, A., Örçen, S., & Bilgi, C. (1989). Çameli (Denizli)-Yeşilova (Burdur)-Elmalı (Antalya) ve dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9429.
- Şenel, M., Akdeniz, N., Öztürk, E. M., Özdemir, T., Kadıncık, G., Metin, Y., Öcal, H., Serdaroğlu, M., & Örçen, S. (1994). Fethiye (Muğla)-Kalkan (Antalya) ve kuzeyinin jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9761.
- Şimşek, M., Doğan, U., & Öztürk, M. Z. (2020). Polyelerin sınıflandırılması ve Toroslardan örnekler. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (5), 1-14. Doi:10.46453/jader.733500
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z., Doğan, U., & Utlı, M. (2021). Toros polyelerinin morfometrik özellikleri. *Coğrafya Dergisi*, (42), 101-119. Doi:10.26650/JGEOG2020-834461
- Taşkıran, H. (2018). Prehistorik arkeoloji ve mağaralar. *Mavi Gezegen*, (24), 62-68.
- Törk, K., Nazik, L., Özel, E., Tuncer, K., Acar, C., Kutlay, H., İnan, H., & Savaş, F. (2005). Türkiye mağaraları. *Ulusal mağara günleri sempozyumu* (s. 31-46). Beyşehir, Konya: Türkiye Tabiatını Koruma Derneği.
- Tuncer, K. (2018). *Sakarya Nehri-Göynük Çayı-Çatak Çayı arasındaki sahanın karst jeomorfolojisi* (1. Baskı). İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Tuncer, K. (2021). Barz, Ovacık, Kızılca havzalarında (Denizli) karstifikasyonu belirleyen parametreler ve karstın gelişimi. *Turkish Studies - Social Sciences*, 16(4), 1621-1658. Doi:10.47356/TurkishStudies.51785
- Tuncer, K. (2021). Tektonik olarak karmaşık bir bölgede yer alan Barz Polyesi (Tavas, Denizli): Oluşumu, gelişimi ve jeomorfolojik özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (77), 99-118. Doi:10.17211/tcd.910578
- Uzun, A., & Zeybek, H. İ. (1996). Akçakale mağarası (Gümüşhane). *Türk Coğrafya Dergisi*, (31), 39-53.
- Uzun, A., Aylar, F., & Gürgöze, S. (2020). The Hayat cave karst system (Samsun, Turkey). *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches*, (5), 87-100. Doi:10.46453/jader.778432
- Waltham T., Bell, F., & Culshaw, M. (2005). *Sinkholes and subsidence*. Chichester, UK: Springer-Praxis.
- White, W. B. (1984). Rate processes: Chemical kinetics and karst landform development. In: Fleur, R. G. (Ed), *Groundwater as a geomorphic agent* (s. 227-248). Boston: Allen & Unwin.
- Williams, P. (2004). Dolines. In: Gunn, J. (Ed), *Encyclopedia of caves and karst science*. New York and London: Fitzroy Dearborn.
- Williams, P. W. (2004). The epikarst: evolution of understanding. In: Jones, W. K., Culver, D. C. and Herman, J. S. (Eds), *Epikarst*. Special Publication 9. Charles Town, WV: Karst Waters Institute: 2 (1), 11-22.

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

HİZAN VE ÇEVRESİNDE (BİTLİS) ÇIĞ OLUŞUMUNA DUYARLI ALANLARIN BELİRLENMESİ

Determination of Avalanche-Sensitive Areas in Hizan and Its Surroundings (Bitlis)

Bülent MATPAY^a, Ali Fuat DOĞU^b, M. Akif SEYİTOĞULLARI^c

^a Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Güvenlik Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği, Van

bulentmatpay@yyu.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-2938-8913>

^b Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Emekli Öğretim Üyesi

alifuatdogu@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6104-3915>

^c Milli Eğitim Bakanlığı, Mehmet Akif Ersoy Lisesi, Coğrafya, Van

akif198200@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-2982-1155>

Makale Tarihiçesi

Geliş 6 Ocak 2023

Kabul 14 Şubat 2023

Article History

Received 6 January 2023

Accepted 14 February 2023

Anahtar Kelimeler

Ağırlıklı Çakıştirma, Çiğ, Çiğ Duyarlılık Analizi, Hizan, Bitlis, İklim

Keywords

Weighted Overlay Avalanche, Avalanche Sensitivity Analysis, Hizan, Bitlis, Climate

Atıf Bilgisi / Citation Info

Matpay, B., Doğu, A.F., Seyitoğulları,

M.A. (2023) Hizan ve Çevresinde

(Bitlis) Çiğ Oluşumuna Duyarlı

Alanların Belirlenmesi / Determination

of Avalanche-Sensitive Areas in Hizan

and its Surroundings (Bitlis),

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi /

Journal of Geomorphological

Researches, 2023 (10): 111-132

doi: 10.46453/jader.1230709

ÖZET

Türkiye sahip olduğu jeolojisi, yer şekilleri ve iklimsel özelliklerinden dolayı dünya ölçeğinde yaşanan doğal afetlerden daha fazla etkilenen bir konumdadır. Bu doğal afetlerden biri olan çığ, Türkiye'nin kuzey ve kuzeydoğu kesimleri ile Doğu Anadolu Bölgesi'nde etkindir. Van Gölü Havzası'nın güney sınırında Dicle Havzası içinde bulunan Hizan ve çevresinde de topoğrafik ve iklimik koşullar çığ oluşumuna uygundur. Bu yüzden saha ve çevresinde geçmiş yıllarda birçok çığ meydana gelmiştir. Bu çalışmada çığ bakımından yüksek duyarlılık düzeyine sahip olan Hizan ve çevresinde çığ oluşumu üzerinde en fazla etkili olan faktörler incelenmiş çığ oluşumuna duyarlı alanlar tespit edilmiştir. Bunun için çeşitli ölçeklerdeki tematik haritalardan, arazi gözlem ve bulgularından, uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerinden faydalanılarak sentezlenen veriler ışığında çalışma tamamlanmıştır. Havzanın çığ duyarlılığı haritasının üretiminde yükselti, eğim, baki, yamaç eğriselliği ve arazi kullanımı gibi coğrafi faktörlerden faydalanılmıştır. Bu minvalde üretilen haritalara verilen puanlamalar ile sahada az, orta ve yüksek çığ duyarlılığı olan alanlar tanımlanmıştır. Çığ oluşumuna yüksek duyarlı alanlar en fazla araştırma sahasının kuzey sınırı ve kuzeydoğu kesimleridir. Ayrıca Hizan'ın güney sınırında Doğu-Batı eksenli uzanan Büyükdere'ye bağlanan subsekant niteliğinde yan kolların fazla eğimli yamaçları da çığa duyarlı alanlardır. Geçmiş yıllarda yaşanmış çığ olaylarının konumları ile elde edilen çığ duyarlılık haritası karşılaştırıldığında yüksek çığ duyarlılığı olan noktaların örtüştüğu görülmektedir. Sonuç olarak araştırma sahası çığ duyarlılığı fazla olan alanlara sahiptir. Bu yüzden proaktif bir yaklaşımla çığın canlı ve cansız çevre üzerinde tahribatını önleyici faaliyetlerde bulunulmalıdır. Bu bağlamda arazi kullanımına müdahale edilmeli ya da özellikle kış mevsiminde ve ilkbahar başlarında çığa duyarlı alanlarda ulaşım ve eğitim faaliyetleri kısıtlanmalıdır. Çevresine göre çalı, orman formasyonu fazla olan ve orman üst 2330 m'ye kadar çıkan sahada artan orman ve çalı tahribatının önlenmesinin yanı sıra, V biçimli vadi yamaçlarına ve yol boylarına yapılacak ağaçlandırma, yapay taraçalar, çığ tüneli, ankrajlar, çitler, çığ duvarları ile ağların çığın olası tehlikelerini azaltacağı aşikârdır. Ayrıca çığın orta ve yüksek duyarlı olduğu yerlerde meteorolojik koşulların müsait olduğu zamanlarda kontrollü yapay çığ oluşturulabilir. Bunun yanında özellikle çığa yüksek duyarlı yol boyları yerleşime açılmamalı ve yöre halkı çığ konusunda bilinçlendirilmelidir.

ABSTRACT

Due to its geology, landforms and climatic characteristics, Turkey is in a position that is more affected by natural disasters in the world. Avalanche, one of these natural disasters, is active in the northern and northeastern parts of Turkey and the Eastern Anatolia Region. The topographic and climatic conditions of the study area, which is located in the Dicle open basin on the southern border of the Van Lake Basin, are suitable for avalanche formation. For this reason, many avalanches have occurred in the field and its surroundings in the past years. In this study, the most effective factors on avalanche formation in Hizan and its surroundings, which have a high level of avalanche sensitivity, were examined and avalanche-sensitive areas were determined. For this, the study was completed in the light of the data synthesized by using various maps, field observations and findings, remote sensing and geographic information systems (GIS) techniques. Geographical factors such as altitude, slope, aspect, slope curvature

and land use were used in the production of avalanche susceptibility map of the basin. With the scores given to the maps produced in this way, areas with low, medium and high avalanche sensitivity were defined in the field. The most vulnerable areas to avalanche are the northern border and northeastern parts of the research area. In addition, the overly inclined slopes of the subsecant side branches connecting to Büyükdere, which extends in an East-West axis on the southern border of Hizan, are also avalanche-sensitive areas. When the avalanche susceptibility map obtained with the avalanche points experienced in the past years is compared, it is seen that it overlaps with the points with high avalanche sensitivity. As a result, the research area has areas with high avalanche sensitivity. Therefore, with a proactive approach, actions should be taken to prevent the destruction of the avalanche on the living and non-living environment. In this context, either land use should be intervened from avalanche-sensitive parameters or transportation and education activities should be restricted, especially in avalanche-sensitive areas in winter and early spring. In the area, which has more bush and forest formation compared to its surroundings and the upper limit of the forest reaches 2330 m, besides preventing the increasing forest and bush destruction, afforestation to be made on the V-shaped valley slopes and along the roads, artificial terraces, avalanche tunnel, anchors, fences, avalanche walls, nets, avalanche It is obvious that it will reduce the possible dangers. In addition, controlled artificial avalanches can be created when the meteorological conditions are suitable for avalanche formation in places where avalanches are medium and high sensitive. In addition, roads that are particularly susceptible to avalanches should not be settled and local people should be made aware of avalanches.

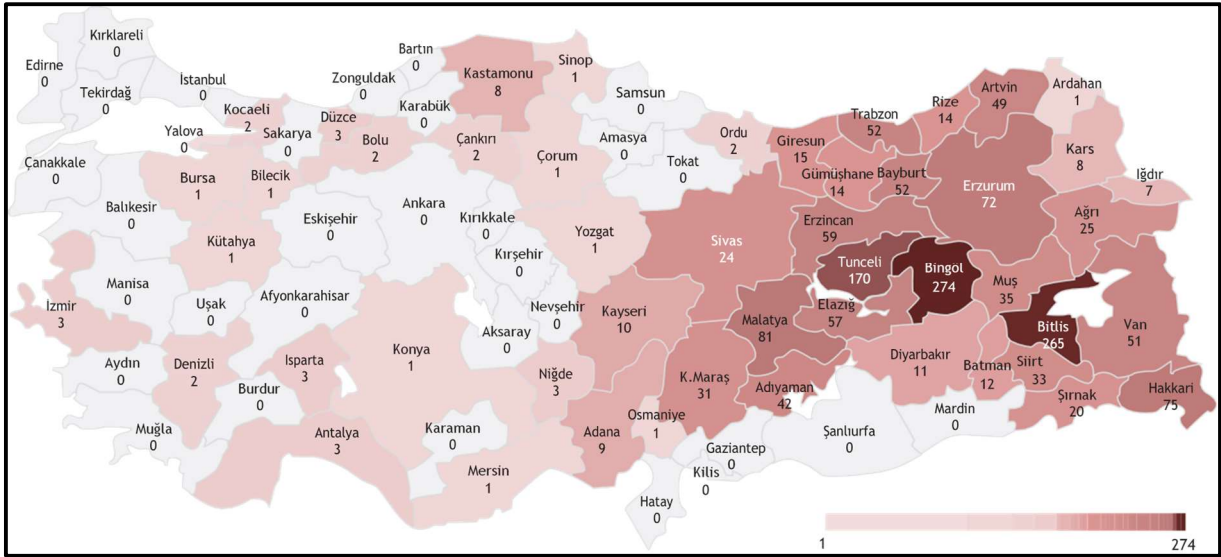
© 2023 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1.GİRİŞ

Geçmişten günümüze insanoğlunun karşılaştığı en büyük sorunlardan biri doğal afetlerdir. Çığ bunlardan biri olup zaman zaman insan yaşamını etkileyen ve dikkate alınması gereken olaydır (Tunçel, 1990; Hoyois vd., 2007; Ekinci vd., 2020). Önleyici tedbirler alınmadığı takdirde çığ olayı afete dönüşebilir. Çığ (avalanche) kavramı yabancı terminolojide, kütlenin niteliğine göre moloz çığı (debris avalanche), kaya çığı (rock avalanche) ve kar çığı (snow avalanche) için kullanılsa da genel olarak kar çığı için kullanılan bir kavramdır (AFAD, 2015a). Bu çalışmanın özelinde de çığ kavramı kar çığını ifade etmek maksadıyla kullanılmıştır. Çığ olayı, iklim koşullarına bağlı olarak kar yağışının fazla olduğu yükselti ve eğimin arttığı alanda etkindir. Eğimli bir kayma yüzeyi boyunca oluşun çığ, hızlı kar akışı şeklinde gerçekleşir. Eğimin fazla olduğu yamaçlar üzerinde biriken karlar iç etmenler (deprem, volkanizma vb.) veya dış etmenlerle (beşerî müdahale, hayvan hareketliliği, titreşim vb.) yüksek eğimli yamaçlardan itibaren gravite etkisiyle eğimin azaldığı vadi tabanına doğru hareket etmektedir (Gürer ve Tunçel, 1994; Taştekin, 2003; Göl, 2005; Kızıloğlu vd., 2006). Bu yamaçlarda kar, meteorolojik koşulların değişimine göre tabakalar halinde birikmektedir. Üst üste sıralı kar tabaka katmanları kendi içinde bir kayma düzlemi oluşturur (Gürer ve Tunçel, 1994). Kayma düzleminden harekete geçen kar kütlesi büyüklüğü ölçüsünde, eğimli yamaç boyunca önüne gelen canlı ve cansız unsurları

sürükleyerek aşağı taşımaktadır. Genellikle insan popölasyonuna ait yerleşim yerlerinin olmadığı veya az olduğu yerlerde meydana gelen çığ olayı sıradan bir doğa olayından ibarettir. Ancak çığ olayının kabul edilebilir risk düzeyinden fazla olduğu bu yerlere günöbirlik ziyaretler (dağcılık, doğa yürüyüşü, araç kullanımı vb.) çığ olayını tetikleyerek afete neden olabilir. Bu olayın gerçekleşmesi durumunda uzuv kaybı, yaralanma, can ve mal kayıpları kaçınılmazdır.

Dünya ölçeğinde can kayıplarına ve maddi hasarlara neden olan çığ afetinden (Adikari ve Yoshitani; 2009) dolayı günümüzde dahi her yıl ortalama 250 insan yaşamını yitirmektedir. Türkiye’de ise bu sayı ortalama 20’dir (AFAD, 2015b) ve Türkiye çığ olayının gerçekleşmesinde uygun topoğrafik ve meteorolojik koşullara sahiptir. Ortalama yükseltisi 1000 m’yi aşan ve çığ oluşmasına uygun alanların yüz ölçümü oldukça yüksek bir orana sahiptir. Dağlık sahaların, Türkiye yüz ölçümünün 1/3’ünü oluşturduğu göz önüne alınırsa, çığ olayının meydana geldiği/gelebileceği alanların yayılımının ne kadar fazla olduğu daha kolay anlaşılır (AİGM, 1999). Son yıllarda Türkiye’de kayıt altına alınan çığ olaylarında belirgin bir artış söz konusudur (AFAD, 2015b). İstatistiklere bakıldığında Türkiye’de çığ olayı en fazla Doğu Anadolu ve Kuzeydoğu Anadolu kesiminde bulunan dağlık alanlarda meydana gelmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: 1950-2019 Türkiye’de meydana gelen çığların illere göre dağılımı (AFAD, 2020) / **Figure 1:** 1950-2019 Distribution of avalanches in Turkey by provinces (AFAD, 2020).

Ortalama yükseltisi 2000 m üzerinde olan ve çığa duyarlı konumda olan Doğu Anadolu Bölgesi (Atalay,1992; Yavaş vd., 2007) içinde yer alan yüksek ve engebeli topoğrafya koşullarına sahip olan Hizan ve çevresi çığın fazla gerçekleştiği konumda olup, yakın geçmişte dahi çığ felaketiyle gündeme gelmiştir. Örneğin Hizan’ın kuzey kısımlarında topoğrafik engebenin ve eğimin fazla olduğu yamaçta 21 Ocak 2018 yılında görevli askerlerin üzerine çığ düşmesi (Şekil 2a) sonucu 5 asker şehit olmuş ve 12 asker yaralanmıştı (URL 1). Bitlis ve çevresinin ülkemizde en fazla kar yağışı alan yerlerden biri olması, topoğrafya koşullarının sarp ve dike yakın olması nedenleriyle çığ riski çok fazladır (Şekil 2b). Bu bölgede uygulanan Finne Kinney risk değerlendirme metodolojisine göre Hizan ve çevresi çığ bakımından “Yüksek risk” taşımaktadır (Ekinci, 2020).

Bu çalışmada Türkiye’de iklim, jeolojik ve jeomorfolojik koşullar bakımından çığ oluşumuna müsait özelliklere sahip olan Hizan ve çevresinin çığ duyarlılık analizi ve değerlendirmesi yapılması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile bu sahada geçmişte yaşanmış çığ noktalarının korelasyonu yapılmıştır. Nihai olarak çığ oluşumunu engellemek veya kontrol altına almak için nasıl bir proaktif (önleyici) bir yaklaşım gerektiği araştırılmıştır. Bu çalışma, araştırma sahasının bulunduğu konum itibari ile çevresine göre çığ olayının en fazla görüldüğü yerlerden biri olması nedeniyle önemlidir. Ayrıca çalışma

alanına yakın alanda yapılmış olan (Bahçeşaray, Hakkâri ve Bitlis) benzer çalışmaları tamamlayıcı nitelikte olması bakımından da önemlidir.

Doğal afetlerin izah edilmesine yönelik yapılan çalışmalarda özellikle duyarlılık, tehlike ve risk kavramlarına son yıllarda sıklıkla rastlanılmaktadır. Günümüzde, bu kavramları içeren haritaların üretilmesi ve uygulamaya sokulmasının, önceliği insan yaşamı olan “doğal afet zararlarını azaltma ve korunma” çalışmalarının önemli unsurları olduğu dünya çapında kabul görmektedir (AFAD, 2015). Türkiye’de çığ olayının en çok yaşandığı yerlerin başında araştırma sahasının da içinde bulunduğu Bitlis ve çevresi (Gökçe vd., 2008) gelmektedir. Bu durum göz önüne alındığında bu sahada çığ ile ilgili çeşitli duyarlılık ve risk analizlerinin yapılması önem arz etmektedir. Bu minvalde Hizan ve çevresinin çığa duyarlı alanların detaylı açıklanması, nitel değerlendirilmesi ve sayısal haritaların üretilmesi çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Ayrıca proaktif yaklaşımların (çığ tüneli, ankrajlar, çitler, çığ duvarları, ağlar gibi) uygulanacağı yerlerin bilinmesi gerekmektedir. Türkiye’nin kuzey, kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu kesimlerinde meydana gelecek olası çığların afete dönüşmemesi bakımından bu tip çalışmaların gerçekleştirilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması önemlidir (Jeomorfoloji Derneği, 2020).



Şekil 2: a) Hizan'ın kuzeydoğusunda 2018 yılında meydana gelen çığ olayı sonrası arama kurtarma çalışmaları (URL1), b) Hizan'ın kuzeydoğusunda Horozdere mevkiinde fazla eğime sahip yol ve akarsu boylarında çığ oluşumuna müsait yerler.

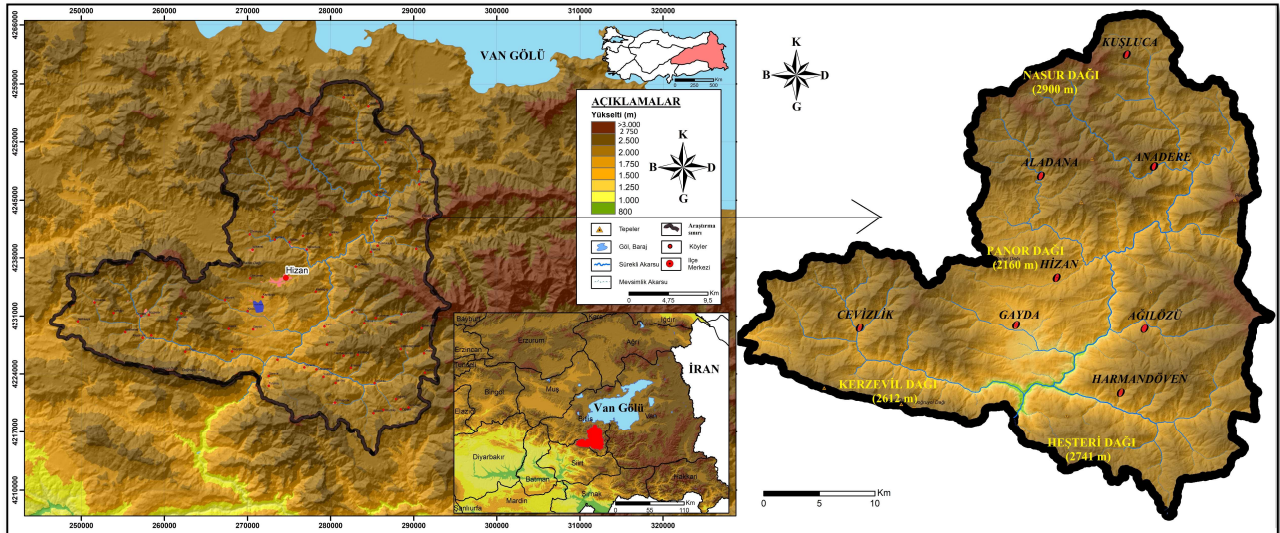
Figure 2: a) search and rescue operations after avalanche event in 2018 in the northeast of Hizan (URL 1) b) An area suitable for avalanche formation along roads and rivers with high slopes in Horozdere locality, northeast of Hizan.

1.1. Çalışma Alanı Konumu ve Genel Özellikleri

Çalışma alanı, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde Van Gölü'nün güneyinde bulunan Hizan ve çevresidir. Saha topoğrafik eğimin fazla olduğu engebeli bir konumdadır (Şekil 3). Coğrafi koordinat sistemine göre 42° 11' 30" D - 42° 35' 30" D boylamları ile 38°24'30"-38°2'30" K enlemleri arasında bulunmaktadır. İdari olarak ise; doğusunda Gevaş ve Bahçesaray ilçeleri (Van), batısında Bitlis il merkezi, güneyinde Şirvan ilçesi (Siirt), güneydoğusunda Pervari ilçesi (Siirt), kuzeyinde Tatvan (Bitlis) ilçesi ile çevrelenmektedir. Çalışma alanı yaklaşık 1110 km² yüz ölçümüne sahiptir. Dicle Havzası'nda yer alan sahanın çalışma sınırları

Büyükdere Havzasına göre belirlenmiştir. K-B istikametinde akmakta olan Büyükdere ve buna bağlanan yan kolların kaynak aldığı dağların su bölümü çizgisi esas alınmıştır.

Saha jeolojik olarak Bitlis masifinin orta bölümünün doğu kısımlarını kapsamaktadır. Sert karasal iklimin görüldüğü bir konumda olmasına rağmen topoğrafya şartlarının kısa mesafede değişmesi ve farklı jeomorfolojik özelliklerinin yansması olarak kendine özgü mikroklimatik koşulları barındıran korunaklı bir yerdedir. Torit tektonik kuşağını oluşturan Permian, Jura ve Kretase yaşlı karbonatlı kayalar ile bunların üzerine gelen veya poleotopoğrafik çukurluklarda çökelmiş Neojen

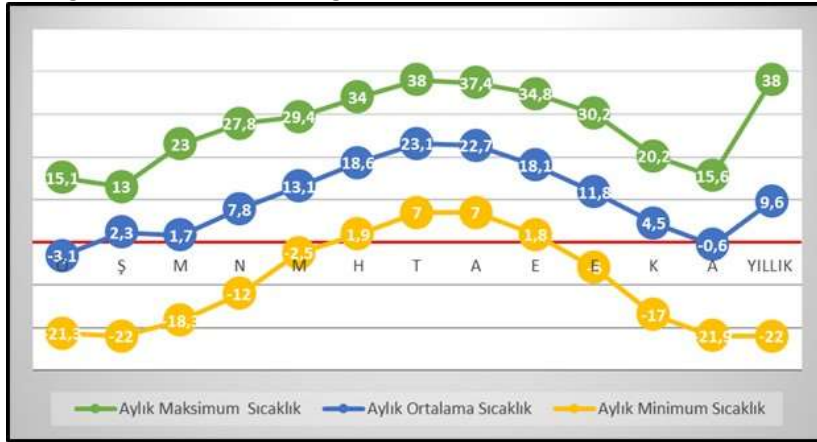


Şekil 3: Çalışma alanının lokasyon haritası / **Figure 3:** Location map of the study area.

yaşlı karbonatlı ve kırıntılı kayaların yaygın olduğu Doğu Anadolu, Orta Miyosen'den beri srekli sıkışma ve yükselim alanı konumundadır ve Neotektonik dönemde yaşanan rejim değişikliğiyle sahada yeni yer Şekilleri gelişmiştir (Şaroğlu ve Güner, 1981; Nazik ve Poyraz, 2017). Genel yükselti ve eğim koşulları bölgenin yüksek ve engebeli topoğrafya özellikleri kazanmasına, yüksek eğimli yamaçların ve sırtların gelişmesine neden olmuştur (Şekil 4). Öyle ki yükseltisi 3000 m'yi aşan periglasiyal sahalar dahi mevcuttur. Bu yönüyle yüksek dağlık ve engebeli koşulların baskın olduğu sahada iklim koşullarının da değişmesiyle çığa uygun yerler gelişmiştir (Matpay, 2022). Keza araştırma sahasının doğusunda Akköprü (2005), Zorer (2005), Doğu (2008), Alaedinoğlu vd. (2016) ile Avşın ve akı (2021) farklı yıllarda yapmış oldukları çalışmalarda buzul morfolojisine ait izlerin varlığından söz etmektedir. Bu izlerin bulunduğu topoğrafik koşullarda günümüzde dahi çığ olayı gerçekleşmektedir (Akköprü, 2005; Zorer, 2005; Doğu, 2008; Alaeddinoğlu

vd., 2016; Avşın ve akı, 2021). Bu bağlamda araştırma alanı çığ olayının meydana geldiği bu yerlerin devamı niteliğindedir. ığ olayını etkileyen faktörlerin başında değişen meteorolojik faktörler (sıcaklık, kar miktarı ve hızı, yağmur, fırtına, rüzgâr) gelmektedir. Değişken olmayan faktörler ise topoğrafik özellikler olup bunlar; eğim, eğim uzunluğu, eğim Şekli, bakı ve yükseltidir. Diğer faktörler ise bitki örtüsü, buzullar, deprem ve antropojenik etkilerdir (Kızıloğlu vd., 2006; Elmastaş ve Özcanlı, 2011).

Çalışma alanı farklı jeolojik-litolojik, karmaşık jeomorfolojiye sahiptir. Bu yüzden iklim özellikleri zamansal ve mekânsal farklılıklar göstermektedir. ığ olayı ve iklim karakteri arasında sıkı bir ilişki vardır. Hizan ve çevresinde yıllık ortalama sıcaklık 9,6°C'dir. Bölgede kış koşulları sert ve uzun sürmektedir (Erinç, 1953). Ekim ayında başlayan soğuklar nisan ayı sonlarına kadar sürmektedir. En soğuk aylar ise sıcaklığın - 22°C ve altına kadar düştüğu ocak ve şubat aylarıdır (Şekil 4).



Şekil 4: Bitlis meteoroloji istasyonunun (1980-2009) sıcaklık (°C) verileri (MGM, 2019) / **Figure 4:** Bitlis meteorology station (1980-2009) temperature (°C) data (MGM, 2019).

Türkiye'de en az yağış alan yerlerden biri olan Van Gölü Havzası'na (Kalelioğlu, 1991) komşu sınırda olan araştırma sahası daha fazla yağış alma özelliğine sahiptir. Bölgede yağışlar çoğunlukla kış aylarında kar Őekindedir. Meteorolojik verilere bakıldığında ekim ayında başlayan yağışların mayıs sonuna kadar etkisini artırarak devam ettiği görölmektedir. Buna karşın yaz mevsimi ve sonbahar mevsiminin başlarında kuraklık Şartları baskındır. Sahaya düşen kar yağışı verilerine bakıldığında aylık karla örtölü gün sayısı ortalamasının fazla olduğu ve yıllık 100 günden daha çok yerde kaldığı anlaşılmaktadır (Tablo 1). Sahada ığ

olayı karın yerde biriktiği, kar örtüsü kalınlığının en fazla olduğu ocak ve şubat aylarında meydana gelmektedir.

ığ olayını etkileyen diğer faktör rüzgâr yönü ve hızıdır. Bu etki yamaç duraylılığını bozarak kendisini gösterir. Rüzgâr etkisiyle yamacın üst kısımlarında saçak oluşması, kar örtüsüne ekstra yük getirdiğinden çığ oluşumuna neden olmaktadır. Sahada rüzgâr hızı kış sonundan itibaren ilkbahar aylarında etkisini iyice hissettirir. Sahanın hâkim rüzgâr yönükuzeydoğudur. Ortalama rüzgâr hızı 1,8-2,2 m/sn arasında değişmektedir. Rüzgâr hızına

bağlı olarak duraylılığı iyice bozulan kar kütlesi çığ oluşumunu tetiklemektedir (Tablo 2).

Nem koşulları da çığ oluşumu üzerinde etkilidir. Atmosferin nem içeriği kar kütlesinin geçirdiği metamorfizma surecini etkileyerek çığ oluşumunu tetikleyebilir. Özellikle kar yağışı olan günlerde havada nem oranı artmakta ve

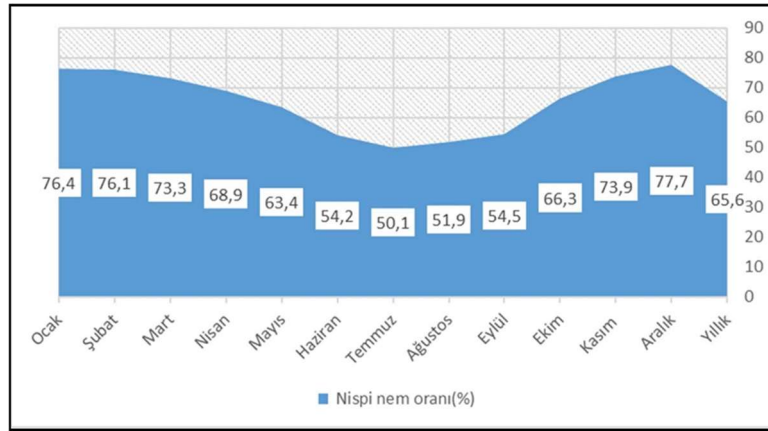
buna bağlı çığın meydana gelme olasılığı yükselmektedir (AFAD, 2015; Avşın ve akı, 2021). Farklı nem oranı ve sıcaklık koşullarına göre farklı Şekil alan kar kristalleri değişime uğrayarak çığ oluşumunu etkileyebilir. Meteoroloji istasyonu verilerine bakıldığında kiş mevsiminde nispi nem oranının %70'in üzerinde olduğu grlmektedir (Şekil 5).

Tablo 1: Bitlis meteoroloji istasyonunun (1980-2009) kar yağışlı gün sayısı ve ortalaması ve kar yüksekliliği verileri (MGM, 2019) / **Table 1:** Bitlis meteorology station (1980-2009) number of days with snow and its average and snow height data (MGM, 2019).

Aylar	O	Ő	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Aylık Kar Yağışlı Günler Sayısı Ortalaması	7,90	8,17	7,00	2,27	0,17	-	-	-	-	0,27	2,80	6,87	35,45
Aylık Karla rtl Gün Sayısı Ortalaması	27,77	26,20	23,07	5,97	0,07	-	-	-	-	0,23	5,40	18,33	107,04
Aylık Ortalama Kar Yksekliliği (cm)	51,0	77,9	61,4	33,6	2,5	-	-	-	-	7,4	15,0	28,1	34,6
Aylık Maksimum Kar Yksekliliği (cm)	212	275	246	172	3	-	-	-	-	25	108	130	275

Tablo 2: Bitlis meteoroloji istasyonunun (1980-2009) rüzgar verileri (MGM, 2019) / **Table 2:** Wind data of Bitlis meteorological station (1980-2009) (MGM, 2019).

Aylar	O	Ő	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	2,1	2,2	2,2	2	2	2,2	2,2	2,1	2	1,8	1,8	1,8	2
Rüzgar Yönü (Maksimum)	DKD	GGB	GB	GB	BGB	GB	KKD	KKD	DKD	D	GGB	GB	GB
Rüzgar Hızı (Maksimum) m/s	20,2	23,9	27,7	21,5	26,3	21	16,8	15,8	17,8	16,5	21,4	19,1	27,7



Şekil 5: Bitlis meteoroloji istasyonunun (1980-2009) aylık ortalama nispi nem oranı verileri (MGM, 2019).

Figure 5: Monthly average relative humidity data of Bitlis meteorology station (1980-2009) (MGM, 2019).

ığ oluşumunda önemli faktörlerden biri bitki örtüsüdür. Eğimli yamaçta bulunan orman formasyonu kar örtüsünün hareketini engellediği için büyük çığların oluşmasını önlemektedir. Ormanlar, karın rüzgarla taşınımını engellediği gibi kar birikimini kesintiye uğratır. Açık olan yamaçlarda dağınık veya seyrek halde bulunan ağaçların ise çığ oluşumuna karşı herhangi bir koruyuculuğu yoktur. Kk ığ olayları ise ağaçlara zarar vermeden ağaçların aralarında rahatlıkla akmaktadır. Çalı toplulukları fazla derin olmayan kar örtüsünü tutarak çığı

engellemektedir. Ancak, aynı zamanda karın zeminle temasına ve oturmasına engel oldukları için kar derinliği arttıkça zayıf ve gevŐek bir zemin teşkil eder. Bitki rts bakımından zayıf ve çıplak alanda çığ oluşumu daha etkindir. Çünkü ormanlık alanın kar tutma kapasitesi ve yerde kar derinliği, açık alanlara kıyasla daha az olduğundan bu durum çığ olayını önlemektedir. Morfolojik olarak dağlık alanlarda daha sık görülen çığ olayı, ormanların Şekli ve yapısının çığ oluşumunu engellemesi nedeniyle daha seyrek grlmektedir. Aynı zamanda ormanların Şekli ve yapısı çığın zararlarını azaltıcı yönde

tesir etmektedir (Storck vd., 1999; AFAD, 2015, 2018; Avşin ve Çakı, 2021). Ayrıca yamaçlarda bulunan ağaç gövdeleri, çığın başladığı yerden itibaren artan hızını kesmekte ve potansiyel hasarı düşürmektedir (Odabaşı, 2018). Araştırma sahasında İran-Turan Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ve Avrupa- Sibiryaya Bölgesine ait bitki toplulukları bulunmaktadır. Orman formasyonu %35,77 oranında alan kaplamaktadır. Çalı ve ot formasyonunun ise % 37,58 oran kapladığı görülmüştür. Bunun dışında sahada yüksek dağ çayırları, taşlık kayalık alanların ise % 20'nin üstünde bir alan kapladığı görülmektedir (Matpay, 2022). Ancak arazi gözlemlerine göre insani faaliyetlerden kaynaklı olarak orman örtüsünün bilinçsiz şekilde tahribata maruz kaldığı görülmüştür. Bu durumun oluştuğu yamaçların antropojen bozkıra evrildiği/meye devam ettiği görülmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çığ oluşabilecek alanları tanımlamada kullanılan modern haritalama tekniklerden biri Coğrafi Bilgi Sistemleridir (CBS) (Shahabi ve Ahmad, 2011; Aydın ve Eker, 2012; 2014a; 2014b; Dölek, 2015). CBS teknikleriyle bir yerin çığ tehlikesi, riski ve duyarlılığı ortaya konulabilir. Bu çalışmada duyarlılık haritası hazırlanmıştır. Duyarlılık (Susceptibility) kavramı, dikkate alınan afet türünün oluşumunda etkin olduğu düşünülen hazırlayıcı parametrelerin (topoğrafik, çevresel gibi) dikkate alınarak yapılan analizler sonucunda, söz konusu afet türünün gelecekte gelişmesi olası alanlarının, göreceli olarak sınıflandırılması şeklinde tanımlanması esasına dayanmaktadır (Varnes, 1984; Fell vd., 2008). Çalışmada CBS ve uzaktan algılama (UA) tekniklerinden, çeşitli haritalardan (1/100.000 ve 1/25.000 ölçekli jeoloji ve topoğrafya haritaları), arazi gözlemleri, fotoğraflamalar,

bölgede yaşanan çığ olayları ve zamanları (Tablo 3) ve daha önce yapılmış bilimsel çalışmalardan faydalanılmıştır.

Bunun yanında Meteoroloji Genel Müdürlüğü iklim verileri ve Tarım ve Orman Bakanlığı'nın CORINE 2018 projesinden temin edilen SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) verilerinden faydalanılmıştır. Çığa duyarlı alanların tanımlanmasında kullanılan yöntem ağırlıklı çakıştırma yöntemidir. Bunun için beş coğrafi parametreden faydalanılmıştır. Bunlar yükselti, eğim koşulları, bakı, arazi kullanımı ve yamaç eğriliğidir. İlk olarak bunlara ait haritalar hazırlanmıştır. Sonra çığ tehlikesi için farklı ağırlıkta öneme sahip parametreler için CBS teknikleriyle puanlamalar gerçekleştirilmiştir. Puanlama 0-90 arasında değer verilerek yapılmıştır. Puan atamaları gerçekleştirilmeden önce ilgili literatür dikkate alınarak duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi parametrelerin kendi aralarında önem hiyerarşisi kurulmuştur. Coğrafi parametreler arasında önem hiyerarşisi kurulurken ana coğrafi faktörler için alt sınıflar oluşturulmuş ve puanlamada bu alt sınıflar da dikkate alınmıştır. Literatüre bakıldığında önem derecesine göre kullanılan ana parametreler içerisinde çığ oluşumunu etkileyen en önemli parametre eğimdir (Schweizer vd., 2003; Maggioni ve Gruber, 2003; Ghinoi ve Chung, 2005; NGU, 2010; Covasnianu vd., 2011; Suk ve Klimanek, 2011; Simea, 2012; Selçuk, 2013; Aydın vd., 2014; Mutlu vd., 2022). Eğim için en yüksek 90 puan verilmiştir. Yamaç eğriliği ve bakı parametreleri kullanım oranlarına göre ikinci sırada yer almaktadır (Moore vd., 1991; Maggioni ve Gruber, 2003; Suk ve Klimanek, 2011; Simea, 2012; Kumar vd., 2019; Singh vd., 2019). Bu parametreye en yüksek 60 puan verilmiştir. Arazi kullanımı ve yükseklik parametreleri ise önem derecesi ve kullanım oranlarına göre son sırada yer almakta

Tablo 3: Çalışma alanında meydana gelmiş çığ olayı verileri (AFAD, 2021). / **Table 3:** Avalanche event data in the study area (AFAD, 2021).

Konum (İlçe-Köy)	Tarih	Açıklama
Tatvan (Çavuşlar)	1976	Onsekiz (18) konutun nakli yapılmış.
Tatvan (Dönertaş)	1992	Sekiz (8) konutun nakli yapılmış.
Hizan (Sarpkaya)	2003	İki (2) çığ patikasında etkilenen konut yok.
Hizan (Çalışkanlar)	2006	Çığ patikası tespit edilmemiş.
Hizan (Koçyiğit)	2006	Mezrayı etkileyen çığ patikası yok.
Hizan (Saritaş)	2006	Oniki (12) konut çığından etkilenmiş.
Hizan (Akşar)	2007	Çığ düşmesi nedeniyle konut nakli yapılmış.
Hizan (İncirli-Yığınkaya arası)	2015	5 şehit ve 12 kişi yaralanmış.

(Ghinoi ve Chung, 2005; Covasnianu vd., 2011; Simea, 2012) olup bu parametrelere en yüksek 45 puan atanmıştır (Tablo 4). Kullanılan ana ve alt coğrafi faktörler dikkate alınarak CBS teknikleri ile Hizan ve çevresinde çığ oluşumuna karşı duyarlı alanlar tespit edilmiştir. Bu işlemler sonucunda tüm parametrelerin çakıştırılması ile 40-300 aralığında bir değer elde edilmiştir. Nihai olarak duyarlılık haritasında elde edilen sonuçlar düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç (3) sınıfa ayrılmıştır (Simea, 2012; Nagarajan vd., 2014). Ancak araştırma sahasının jeomorfolojik özelliklerinin kısa mesafede değişmesi, birbirine yakın yerlerde dahi farklı meteorolojik koşulların (sıcaklık, rzgr hızı, nem gibi) oluşmasına neden olmaktadır. Bu yüzden Bitlis'e ait meteorolojik verilerin tek başına doğru sonuç vermeyeceği anlaşılmıştır. Ayrıca Hizan'ın meteoroloji istasyonuna ait verilerin en fazla dokuz (9) yıllık rasatlardan oluşması nedeniyle iklimatik faktörler dikkate alınmamıştır.

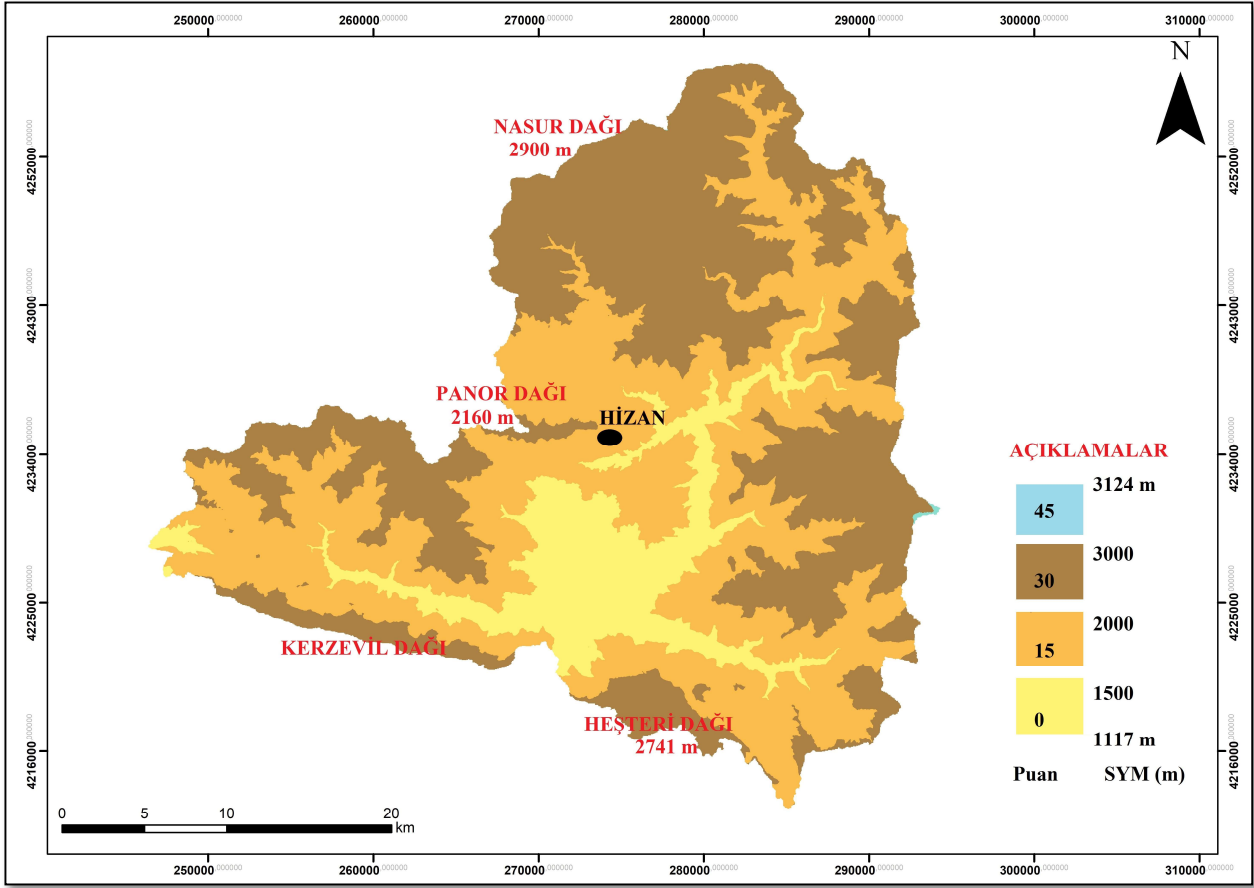
2.1. Yükselti

Yükselti ığ oluşumunda dolaylı etkisi olan parametrelerden biridir (Kumar vd., 2017, 2018). Yükselti koşullarına göre iklim koşulları (sıcaklık, yağış ve nemlilik kar yağışı, kar örtüsü kalınlığı ve rzgr hızı vb.) değişmektedir (McClung ve Schaerer: 1993:271; AİGM, 1999;

Covasnianu vd. 2011; Selçuk, 2013; Nagarajan vd., 2014; Nasery ve Kalkan, 2021). Keza bir dağ yeterince yükseğe (Türkiye'de 1000-1200 m ve üstündeki yükseltiler) kış mevsiminde aldığı yağışın çoğu kar şeklinde olur. Bu ortama özgü bir hava tipi oluşur. Türkiye'nin yüz ölçümünün yaklaşık 1/3' dağlık alanlardan oluşması çığ oluşumunun büyüklüğü bakımından önemlidir. Ancak araştırmacılara göre 1000 m altında bulunan yükseltilerde çığ oluşumu çok enderdir (AİGM, 1999; McClung ve Schaerer, 2006; Selçuk, 2013; Nasery ve Kalkan, 2021; Varol, 2022, Mutlu vd., 2022). Buna karşın çığların büyük kısmı 1700 - 1950 m yükselti değerine sahip alanlarda meydana gelmektedir. Marek ve İvan (2010) yaptıkları çalışmada çığ ile yükselti arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak, 1200-2200 m yükselti aralığında olan 571 çığın 339 tanesinin (%59,37'lik kısmı) 1700-1950 m yükseltilerinde meydana geldiğini ifade etmişlerdir (Avşın ve aki,2021). Sahanın ığ duyarlılığında kullanılmak üzere hazırlanan yükselti sınıflaması ve puanlama tablosu oluşturulurken geçmişte meydana gelen çığ olayının gerçekleştiği yükselti ve literatür verileri dikkate alınmıştır. Sahanın yükseltisi 1017-3124 m arasında değişmekte (şekil 6) olup yaşanan çığ olayları 1500 m üstü yükseltilerde meydana gelmiştir.

Tablo 4: ığ duyarlılık analizi için kullanılan parametrelerin sınıflandırma ve puanlama tablosu (AFAD 2015a; Mutlu, 2022'den yeniden düzenlenmiştir) / **Table 4:** Parameters used for avalanche sensitivity analysis, classification and scoring table (revised from AFAD 2015a; Mutlu, 2022).

Parametre	Sınıflandırma	Toplam Puan
Yükselti (m)	1017-1500	0
	1500-2000	15
	2000-3000	30
	3000- 3124	45
Eğim (°)	0-12	0
	0-12	0
	12-28	30
	28-45	90
	45-55	60
Bakı	Düz	0
	Kuzey (K, KB, KD)	60
	Doğu	20
	Güney (G, GD, GB)	20
	Batı	40
Yamaç şekli (Eğrisellik)	İçbükey	20
	Düz	40
	Dışbükey	60
Arazi kullanımı	Orman, alı formasyonu	0
	çalı, ot, karışık tarım alanları	30
	Ot formasyonu+çıplak alan	45

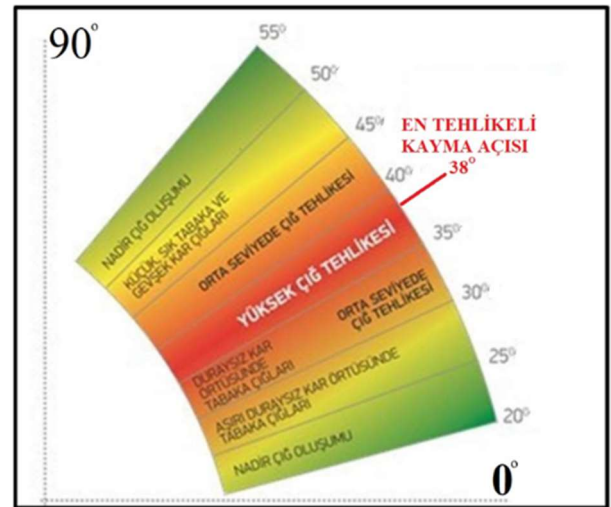


Şekil 6: Çalışma alanının yükselti puanlama haritası (HGM, 2002'den yeniden düzenlenmiştir) / **Figure 6:** Altitude scoring map of the study area (revised from HGM, 2002).

2.2. Eğim

Topoğrafya üzerinde yamaç eğimi, çığ duyarlılığını belirlemede önemli bir faktördür (Maggioni ve Gruber, 2003; Ghinoi ve Chung, 2005; NGU, 2010; Elmastaş ve Özcanlı, 2011; Covasniaru vd., 2011; Suk ve Klimanek, 2011; Simea, 2012; Selçuk, 2013; Aydın vd., 2014; Özşahin ve Kaymaz, 2014; Nasery ve Kalkan, 2021; Varol, 2022; Mutlu vd., 2022). Çığ duyarlılık haritalarının oluşturulmasında en önemli parametre olan yamaç eğimi derecesi genellikle 28° ile 60° arası olarak kabul edilmektedir. Çalışma kapsamında da bu değerler dikkate alınmıştır (LaChapelle, 1985; Butler ve Walsh, 1990; Salm vd., 1990; McClung ve Schaerer, 1993; Munter, 1999; Schweizer vd., 2003; Göl, 2005; Parshad vd., 2017; Singh vd., 2019; Varol, 2022; Mutlu vd., 2022). Çığ olayında en önemli ayırt edici olan eğim parametresi, gravite ve sürtünme arasında bulunan kesme kuvvetiyle ilişkilidir (Albrecht vd., 1994). Sahada çığ olayı genel olarak yüksek eğim açılara sahip topoğrafyada yoğunlaşmaktadır. 28°'nin altındaki eğimli

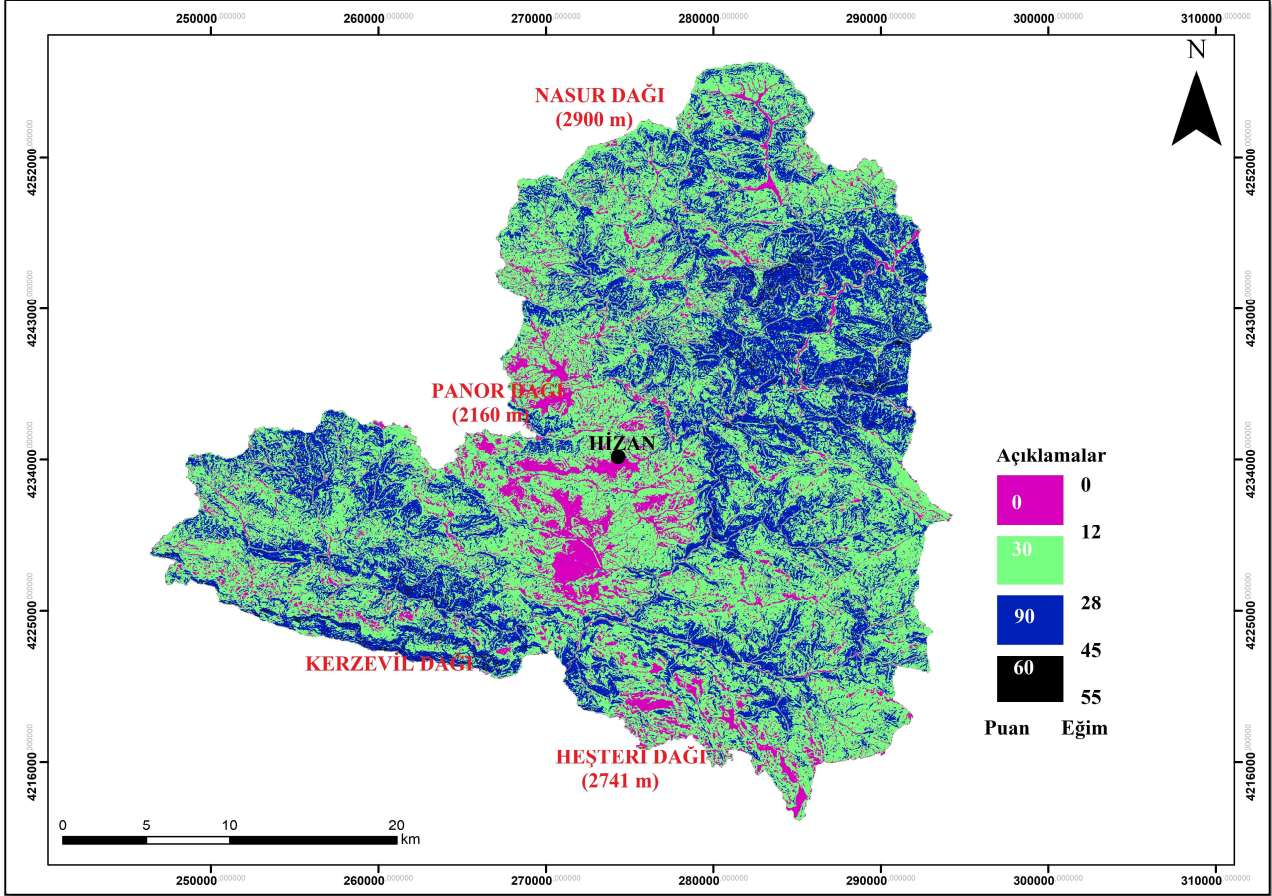
arazide kar stabilitesinin bozulacağı kırılma kuvveti gelişmezse dahi 18°-28° arasında olan alanlar düşük çığ riski taşımaktadır. Eğim açısının 55°'nin üstünde olduğu yamaçlarda ise kar kütlesi yamaçta tutunamadığından çığ olayı riski azalmaktadır (AİGM,1999; Göl, 2005; Aydın ve Eker, 2014b; Avşin ve Çakı, 2021).



Şekil 7: Eğim açısına göre çığ riski düzeyi (AFAD, 2015a) / **Figure 7:** Avalanche risk level by slope angle (AFAD, 2015a).

Bu çalışmada kullanılan eğim ile ilgili sınıflandırma bölgeye konum olarak yakın olan noktalarda yapılmış çalışmaların kullandıkları veriler (Avşın ve akı, 2021; Mutlu vd, 2022) dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Sahanın eğim sınıflandırmasında 12° altındaki eğime sahip yamaçlara sıfır (0) puan verilerek buralar çığ duyarlılık analizine dāhil edilmemiştir

(Nasery ve Kalkan, 2021). Ancak 12°-28° arasındaki eğimlere 30 puan (Nasery ve Kalkan, 2021), 45°-55° arasındaki eğimlere 60 puan ve 28°-45° arasındaki eğimlere ise en yüksek puan olan 90 puan (şekil: 7, 8) verilmiştir (Albrecht vd., 1994; Selçuk, 2013; AFAD, 2015; Mutlu vd., 2022).

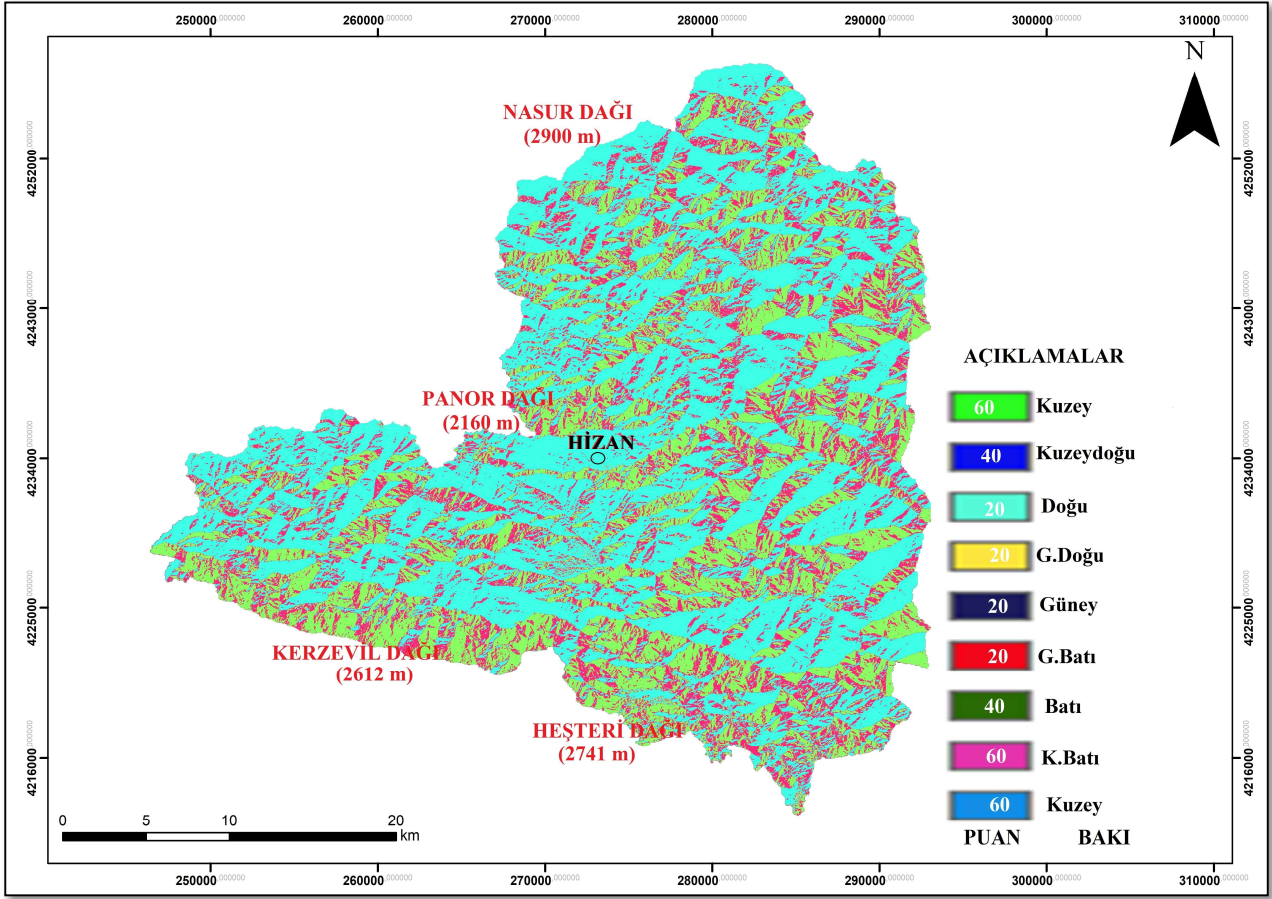


şekil 8: Çalışma alanının eğim puanlama haritası (HGM, 2002'den yeniden düzenlenmiştir) / **Figure 8:** Slope scoring map of the study area (revised from HGM, 2002).

2.3. Bakı

Yamacın Güneş'e göre konumu olarak bilinen bakı, güneş ışınlarının yamaca ulaşma açısını da belirlemektedir. Bakı Güneş ışınlarının etkisi ile söz konusu yamaçta erime/donma süreçlerine etki etmektedir. Aynı zamanda güneş ışınlarının sebep olduğu radyasyon ise yamaçlardaki karın erimesine sebep olmaktadır. Bakı Türkiye'nin de içinde bulunduğu 30°-50° kuzey enlemleri arasındaki kuşakta çığ oluşumu açısından diğer enlemlere göre daha tesirlidir (AFAD, 2015a). Bu yüzden çığ tehlikesine sahip alanların belirlenmesi ve değerlendirilmesinde bakı önemli bir parametredir (Selçuk, 2013). En fazla yıkıcı etkisi olan ve daha sık çığ oluşumuna neden olan yamaçlar kuzeybatı ve güneydoğuya

bakan yamalardır. Farklı yamaçlarda aynı gözüken kar yüzeyinin alt kısımlarında birçok temel farklılık grlmektedir (Taştekin, 2003; Elmastaş ve zcanlı, 2011: 308). Ayrıca kiş sonu ve ilkbahar başlangıcında güneş alan yamaçta kar örtüsünün kararlılığını yitirmesi çığa neden olabilmektedir (Ancey, 2001: 323). Bakı değerleri açısından genel değerlendirme yapılacak olursa tüm değerlerde de (0° ile 359,9°) ığ oluşumu mümkündür (AFAD, 2015). Bu değerlendirmelere bağlı olarak da çalışmada hiçbir bakı değerine (0) puanı atanmamıştır (şekil 9). Kullanılan bakı değerleri en düşük 20 puan ve en yüksek 60 puan olarak belirlenmiştir (Nasery ve Kalkan, 2021).



Şekil 9: Çalışma alanının baki puanlama haritası / Figure 9: Aspect scoring map of study area.

2.4. Yamaç Eğriselliği (Şekli)

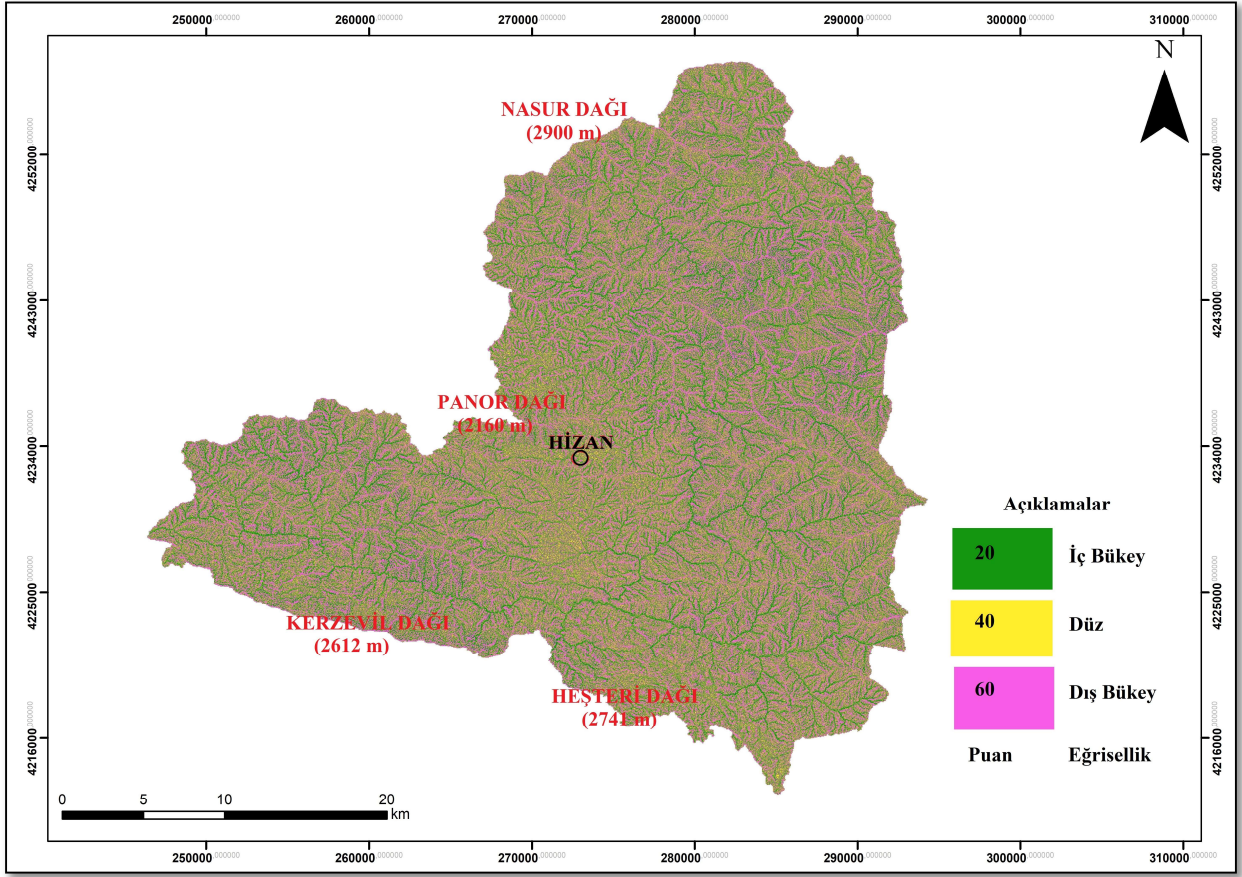
Eğrisellik temel olarak dış bükely, i bükely ve düz olarak sınıflandırılmaktadır. Bu parametre üzerinde çığ oluşumunun her üç yamaç Şeklinde meydana gelebileceğidir (Şekil 10). Ancak ığ oluşumunun bazı yamaç Őekillerinde daha fazla olduğunu ifade eden araştırmalar da mevcuttur (Moore vd., 1991; Maggioni ve Gruber, 2003; NAC, 2014; Nagarajan vd., 2014).

Çalışmada üç eğrisellik sınıfı için de puanlama yapılmış olup; en yüksek çığ potansiyeline sahip dış bükely yamaçlara yüksek puan (60) verilmiştir (NAC, 2014; AFAD, 2015; Mutlu vd., 2022). Dış bükely yamaçlardan sonra çığ oluşumu düz yamaçlarda gözleendiğinden ötürü bu yamaçlara ise 40 puan verilmiştir (AFAD, 2015). ığ oluşumu açısından en düşük yamaç türü olan i bükely yamaçlara da 20 puan verilerek analize eklenmiŐtir (AFAD, 2015; Nasery ve Kalkan, 2021, Mutlu vd., 2022).

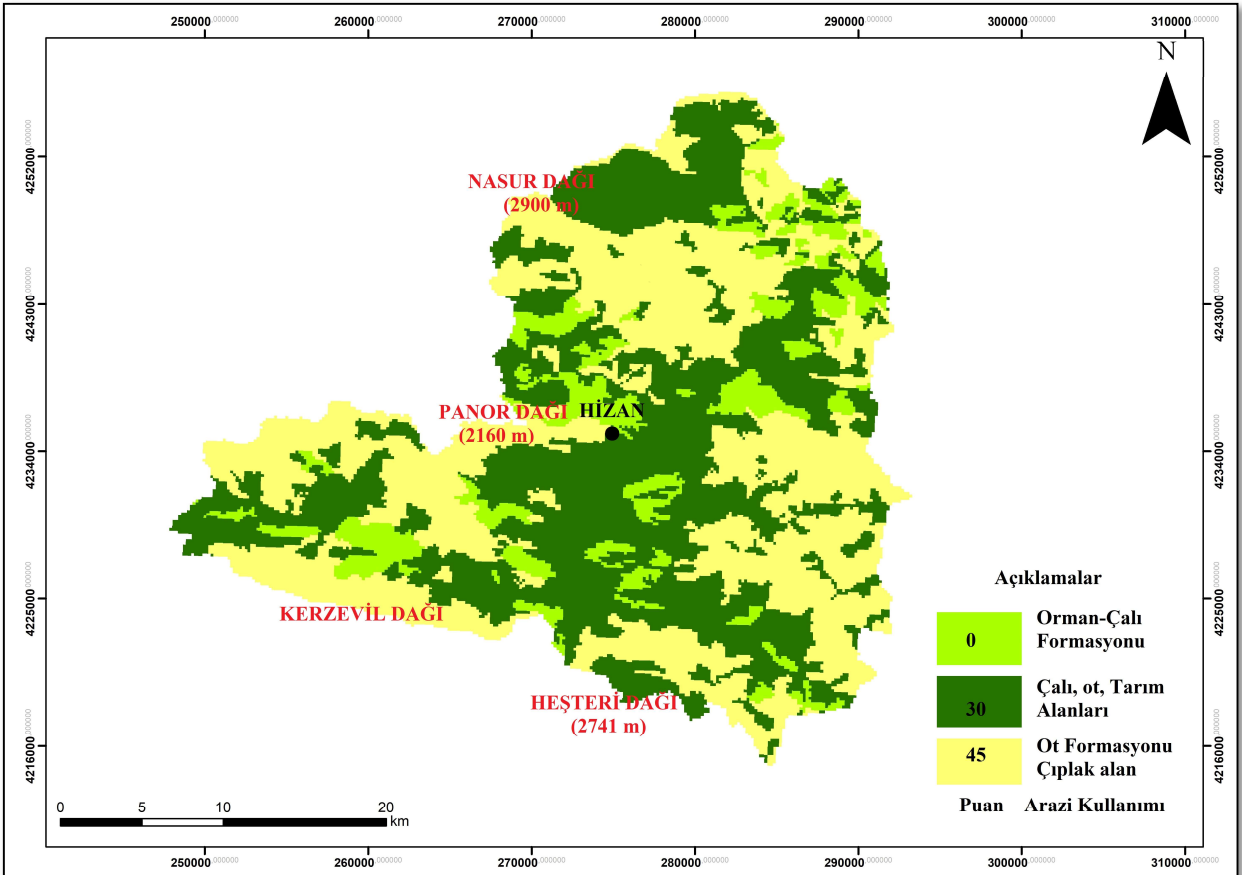
2.5. Arazi Kullanımı

ığ başlangıç bölgesinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan parametrelerden biri de arazi

kullanımıdır. Araziye ait bitki örtüsü çığı durdurmayabilir, fakat yoğun bitki örtüsü veya orman formasyonu ığin baŐlamasına katkıda bulunan kar tabakası kalınlığı ve miktarını önemli ölçüde tutabilir veya en aza indirebilir (Selçuk, 2013). Bu durumda, bu tür alanlar, ormanlık bölgenin çığ oluşumunu engelleyici yönde etkisi olacağı düşünülerek, dikkate alınmamaktadır (Nagarajan vd., 2014). Buna karşın orman varlığından yoksun, çıplak veya tutucu özelliği olmayan ayır, çalı, bozkır vb. alanlar çığ önlemede yetersiz bir etkiye sahiptir (Avşin ve akı, 2021). Bu yüzden çıplak araziler yüksek çığ duyarlılığına sahiptir. Çalışmada kullanılan arazi/bitki örtüsü verileri CORINE (Coordination of Information on The Environment) sınıflandırma sisteminden sadeleŐtirilmiŐ, AFAD (2015) sınıflama ve puanlaması dikkate alınarak orman formasyonu, çalı-ot-karıŐık tarım alanları ve otsu bitki ve çıplak kayalık alanlar olarak sınıflara ayrılmıŐ ve puan atamaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 11).



Şekil 10: Çalışma alanının yamaç eğriselliği puanlama haritası / Figure 10: Slope curvature scoring map of the study area.

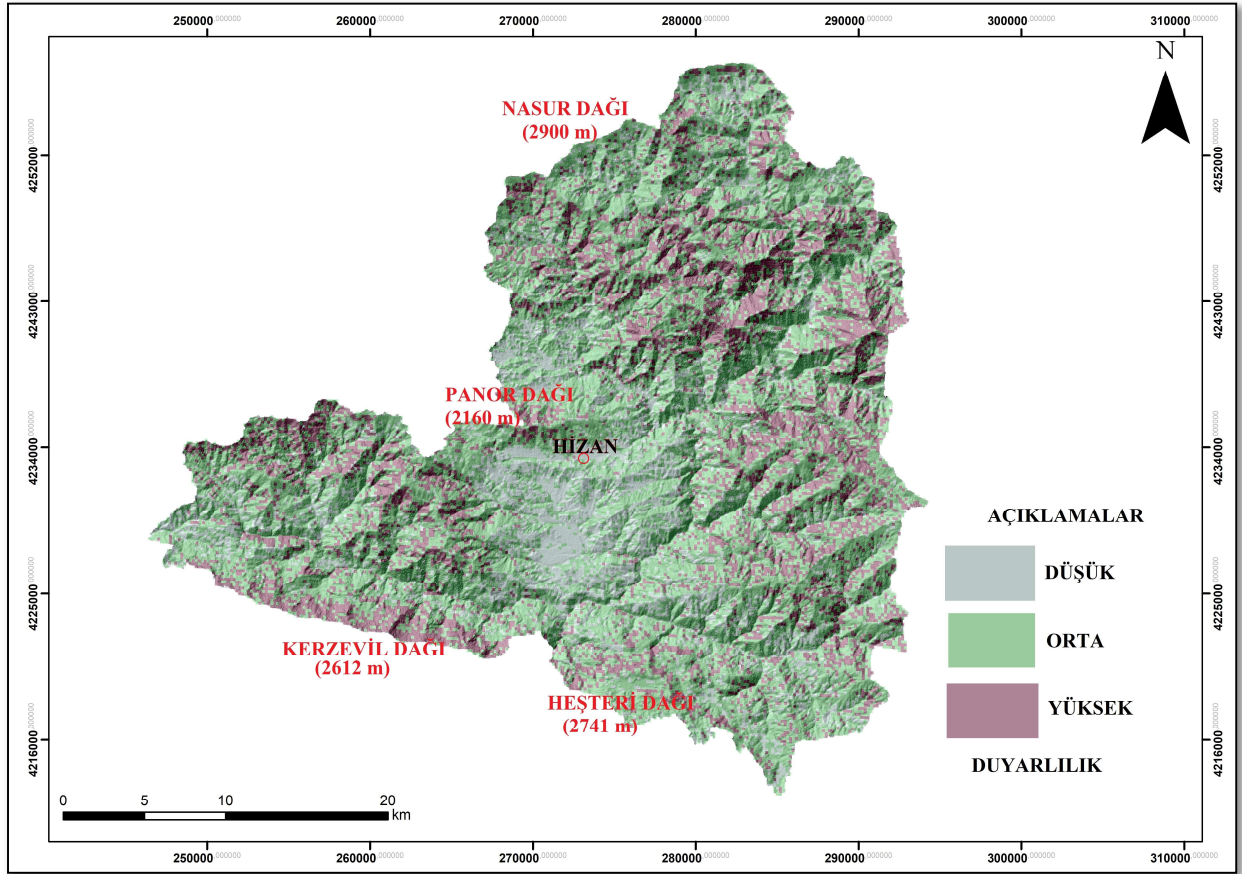


Şekil 11: Çalışma alanının arazi kullanım puanlama haritası (Kaynak: CORINE, 2018'den düzenlendi) / Figure 11: Land use scoring map of the study area (Source: CORINE, revised from 2018).

3. BULGULAR VE TARTIşMA

Bu çalışmada yseklik, eğim, baki, yamaç eğriselliği ve arazi kullanımı olmak üzere beş (5) coğrafi faktör ile bu faktörlere ait 24 alt faktör dikkate alınmış, ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile Hizan ve çevresinin çiğ duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çiğ duyarlılık analiz sonuçları düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç (3) farklı sınıfa ayrılmıştır. Analiz sonuçlarına göre iğa yüksek duyarlı alanların Hizan'ın kuzeydoğusunda bulunan Suboyu,

Dönertaş, Yiğinkaya, Teknecik, Sallica civarı olduğu grlmektedir. Bunun yanında Hizan'ın güneydoğusunda ise Ağılz, Derince, Sarıtaş, Ballica iğa duyarlı alanlardır. Bu alanlar çoğu noktada morfolojik olarak V- biçimli vadilerin eğimi fazla yamaçlarına denk gelmektedir. Hizan'ın yakın kuzeybatısında bulunan Panor Dağı, yine kuzeydoğu'da bulunana Petek Dağı ve çevresi de iğa yüksek duyarlı alanlar olarak tespit edilmiştir (şekil 12).

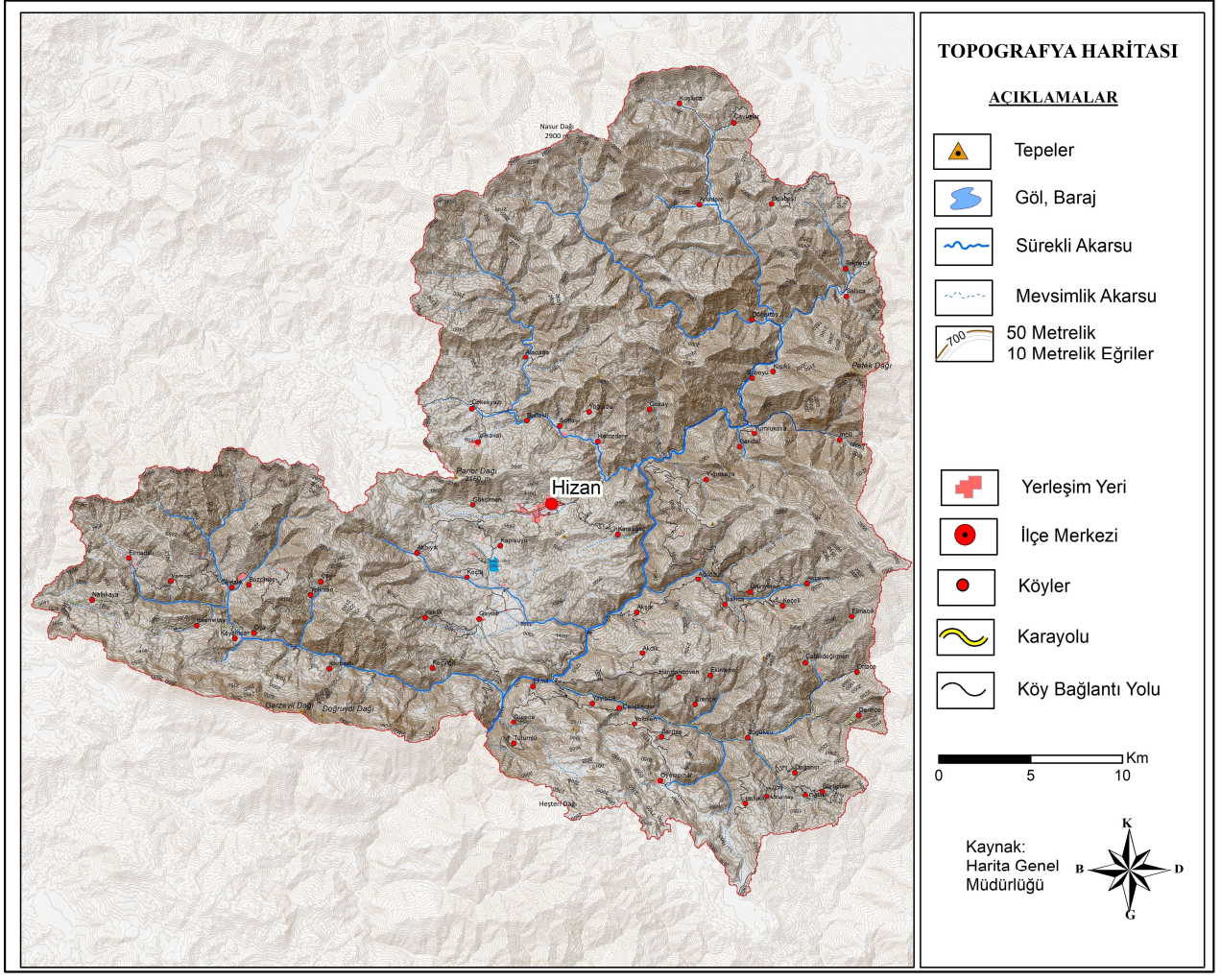


şekil 12: Çalışma alanının çiğ duyarlılık haritası / Figure 12: Avalanche susceptibility map of the study area.

3.1. Yükselti

Çalışma alanında yükseltinin artışı ile beraber kiş mevsiminde kar yağışının ve birikiminin fazla olduğu bilinmektedir. Bu durum çiğ oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Araştırma sahasında jeomorfolojinin müsait olduğu yerlerde yerleşmeler kurulmuştur. Morfolojinin zelliklerine bağlı olarak bu yerler de iğdan etkilenebilir. Sahada bulunan yerleşmeler tektonik olarak müsait depresyonlara, dağ i ovalara, akarsu boyunca bulunan yamaçlara ve vadi tabanlarına kurulmuştur. Nüfusun da buna uygun 1300-1500 m yükselti basamağında yoğunlaştığı grlmektedir. Ancak 1750 m üstü

yerlerde dahi yerleşim yerleri mevcuttur (şekil 13). Yerleşim yerlerinin çoğunun Hizan ile merkezinde, Gayda, İlikaval ve ekyazı ovasında yoğunlaştığı grlmektedir. Bunun dışında özellikle Hizan kuzeyinde yerleşim yerlerinin sahanın neredeyse tamamına hkim olan dağlık yamaçlarında, K-G istikametinde akış gösteren Büyükdere boylarında konuşlandığı grlmektedir. Hizan güneyinde bulunan yerleşim yerlerinin ise genel olarak D-B eksenli uzanan dağ sıraları arasında bulunan akarsu boylarında konuşlandığı grlmektedir. Tüm bu bulgular yöre insanının bölgede olası bir iğdan etkilenebileceği anlamına gelmektedir.



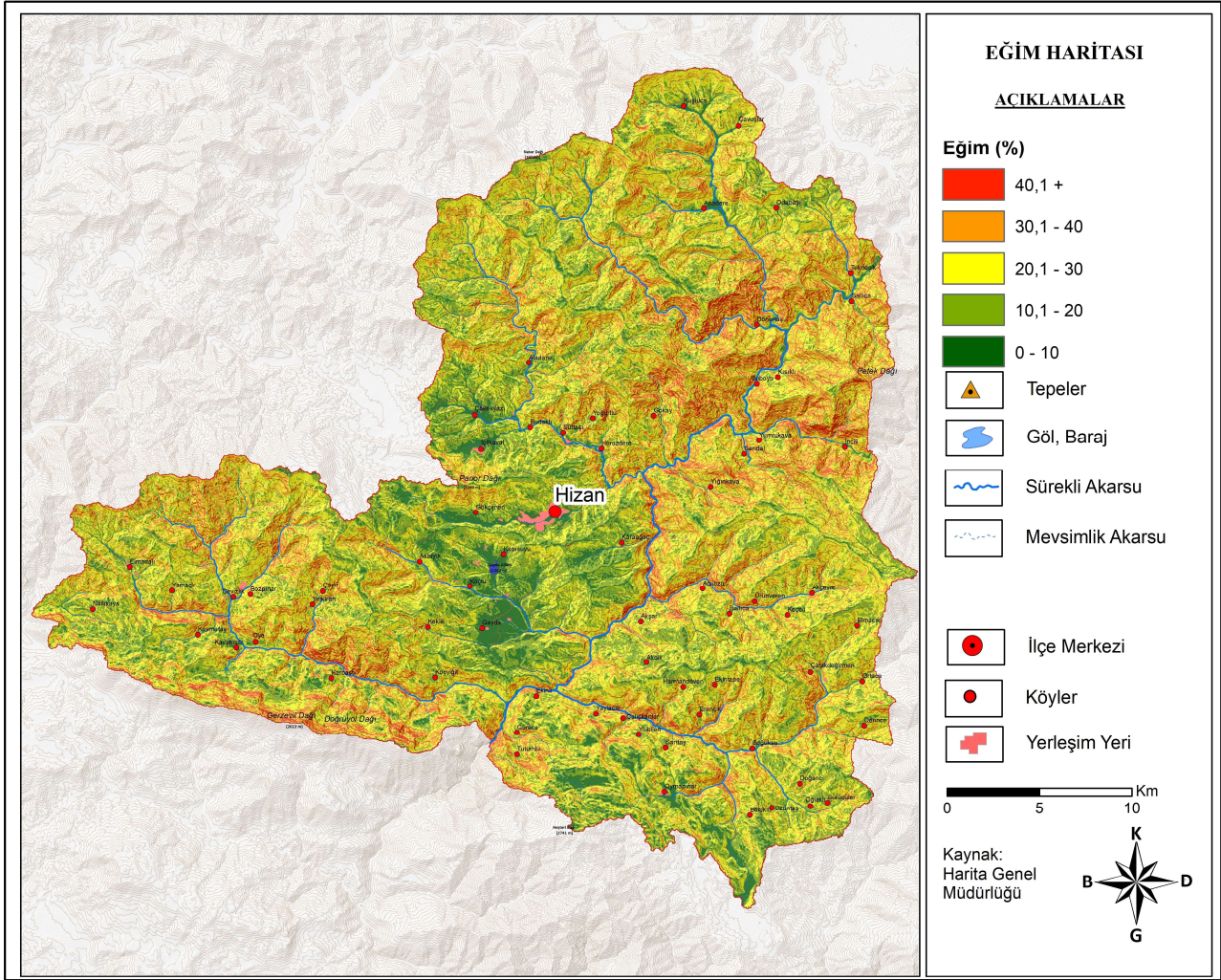
Şekil 13: Çalışma alanının topoğrafya haritası (Kaynak: HGM, 2002) / **Figure 13:** Topographic map of the study area (Source: HGM,2002).

3.2. Eğim

Çalışma alanının eğim haritası incelendiğinde çığ oluşumunda etkili eğim değerlerinin sahada %40'dan fazla olduğu hesaplanmıştır. Bu yüzden eğim açısı verilerine göre araştırma alanı potansiyel çığ olayının yaşanabileceği konumdadır. Kerzevil Dağı'nın hem yukarı kısma doğru olan yamaçlarının çıplak kayalıklardan oluşması ve eğim bakımından yüksek değerler sergilemesi hem aşağı kısımlarda çalı-ot türlerinin artış göstermesi ve eğim açısının düşmesi nedeniyle çığ olayı kesintiye uğramaktadır (Şekil 14, 15). Özellikle Hizan'ın kuzeyinde Petek Dağı kuzeyi ve kuzeydoğusu, Panor Dağı'nın özellikle kuzeye bakan yamaçları, İncirli ile Yığinkaya arasındaki eğimi fazla olan yerler çığ olayı için duyarlı yerlerdir. Keza yakın geçmişte dahi (2015 yılında) bu alanlarda çığ olayı yaşanmıştır.

3.3. Bakı

Duyarlılık haritasında elde edilen sonuçlar ile morfolojik birimler mukayese edildiğinde morfolojik olarak dağlık alan ve eğimi fazla yamaçlara denk gelen kuzeybatı ve güneydoğu kesiminde çığ meydana gelmiştir. Bakıya bağlı olarak kar kütlesi yüzeyi güneş (Özellikle Hizan'ın kuzeydoğusu) etkisiyle eridikten sonra, güneşin gün içinde etkisi azalmaya başladığı vakitte kar yüzeyi donabilmektedir. Bu donmuş kaygan yapıdaki kar kütlesi üzerine gelen yeni kar örtüsü çığa neden olabilmektedir. Buradan hareketle sahanın güneye bakan yamaçları güneşli günlerde ve mevsim geçişinde donma-çözülme olayının ardından yağışların gerçekleşmesiyle çığ duyarlılığı artmaktadır. Ayrıca kuzeydoğu ve doğu yamaçlar, sıcaklıkla birlikte meydana gelen erimenin ardından kar örtüsünün harekete geçebileceği alanlardır (Şekil 16).



Şekil 14: Çalışma alanının eğim haritası / Figure 14: Slope map of the study area.

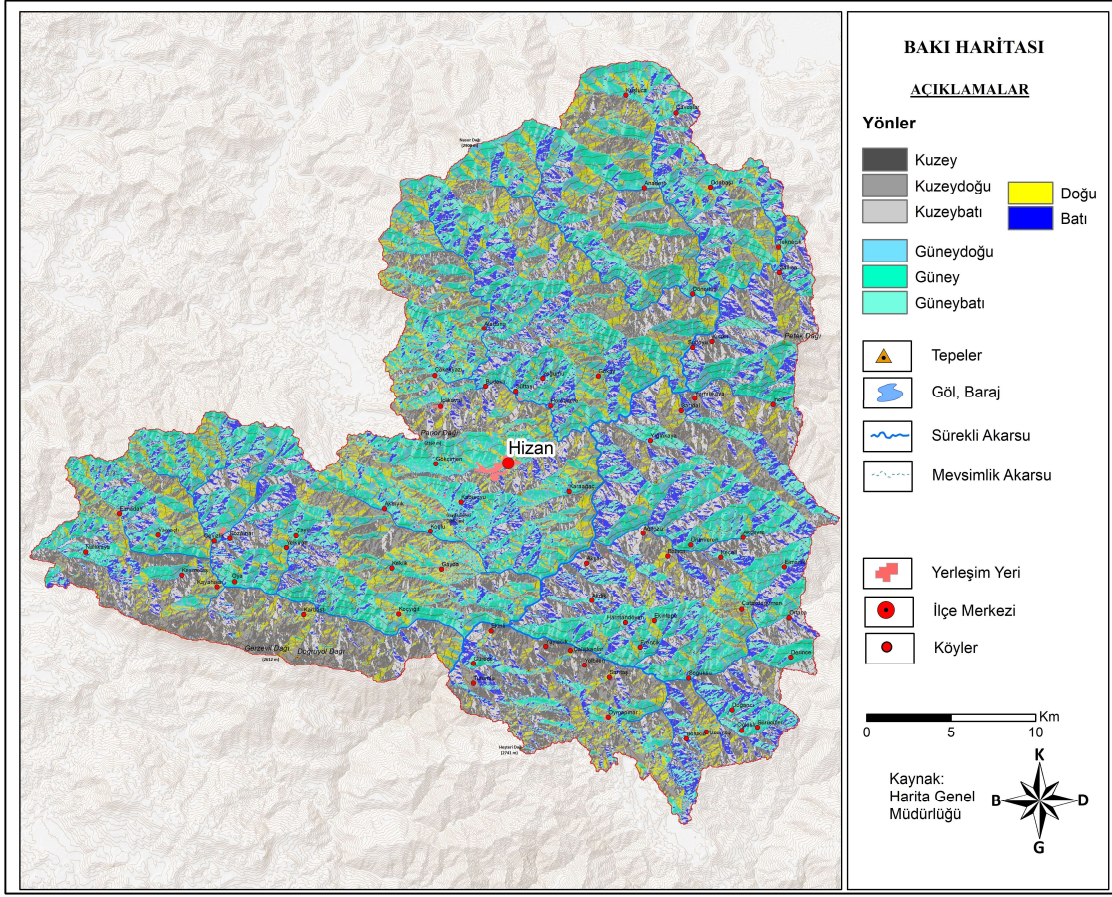


Şekil 15: Bitki örtüsünden yoksun ve eğimli Kerzevil Dağı'nın genel görünümü / Figure 15: General view of Kerzevil Mountain, devoid of vegetation and overly sloping.

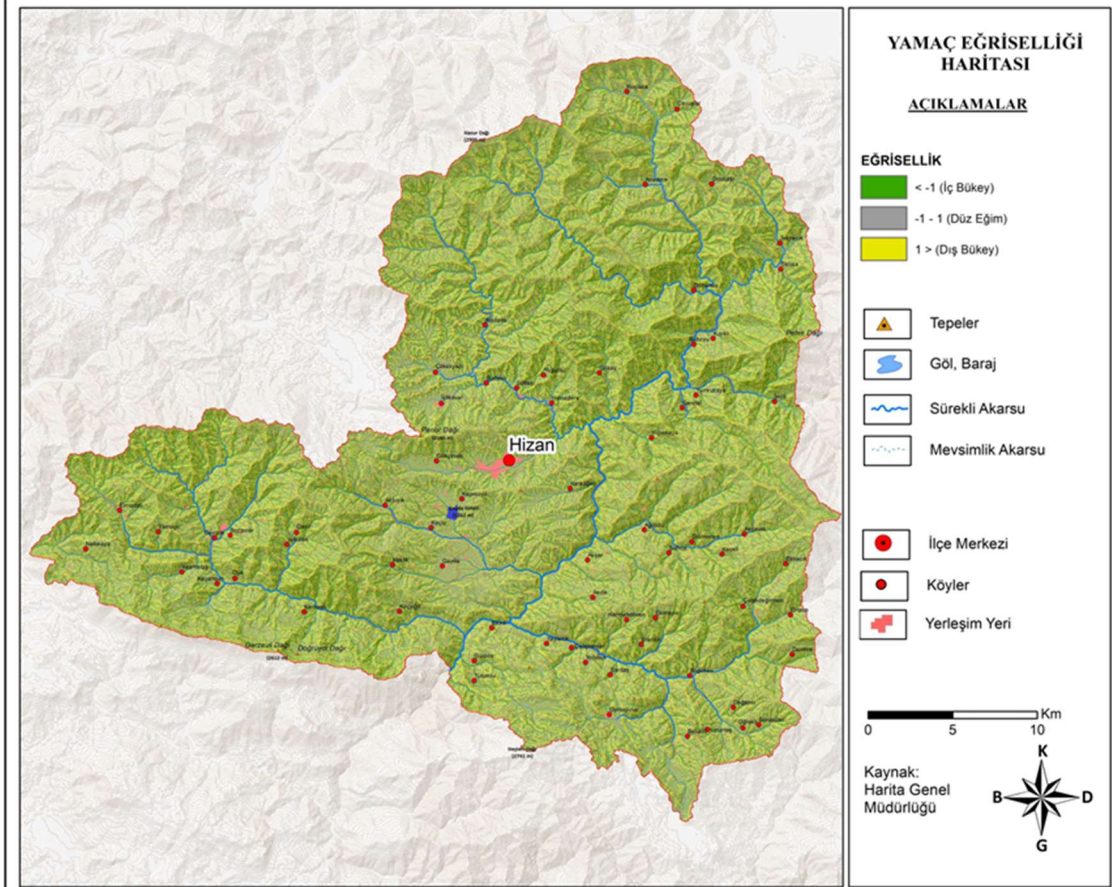
3.4. Yamaç Eğrisselliği

Çalışma alanının topoğrafyasının engebeli özelliğinden dolayı jeomorfolojik özelliklerin kısa mesafelerde sık değişmesine neden olduğu gibi yamaç şekli de çok sık değişmektedir (Şekil 17). Öyle ki; aynı dağın bir yamacı üzerinde iç bükey, dış bükey ve düz yamaçlar görmek mümkündür. Ana kol olan Büyükdere ve ona

bağlanan yan kolların yukarı çığırına doğru iç bükey yamaçların fazlalığı dikkat çekicidir. Özellikle Hizan'ın kuzeydoğusundan kuzey istikametine doğru gidildiğinde (Horozdere'den Petek Dağı'na doğru) yükselti ve eğimin artmasına bağlı olmanın yanında yamaç şeklinin de uygunluğuna göre çığ duyarlılığının arttığı görülmektedir.



Şekil 16: Çalışma alanının baki haritası / Figure 16: Aspect map of the study area.



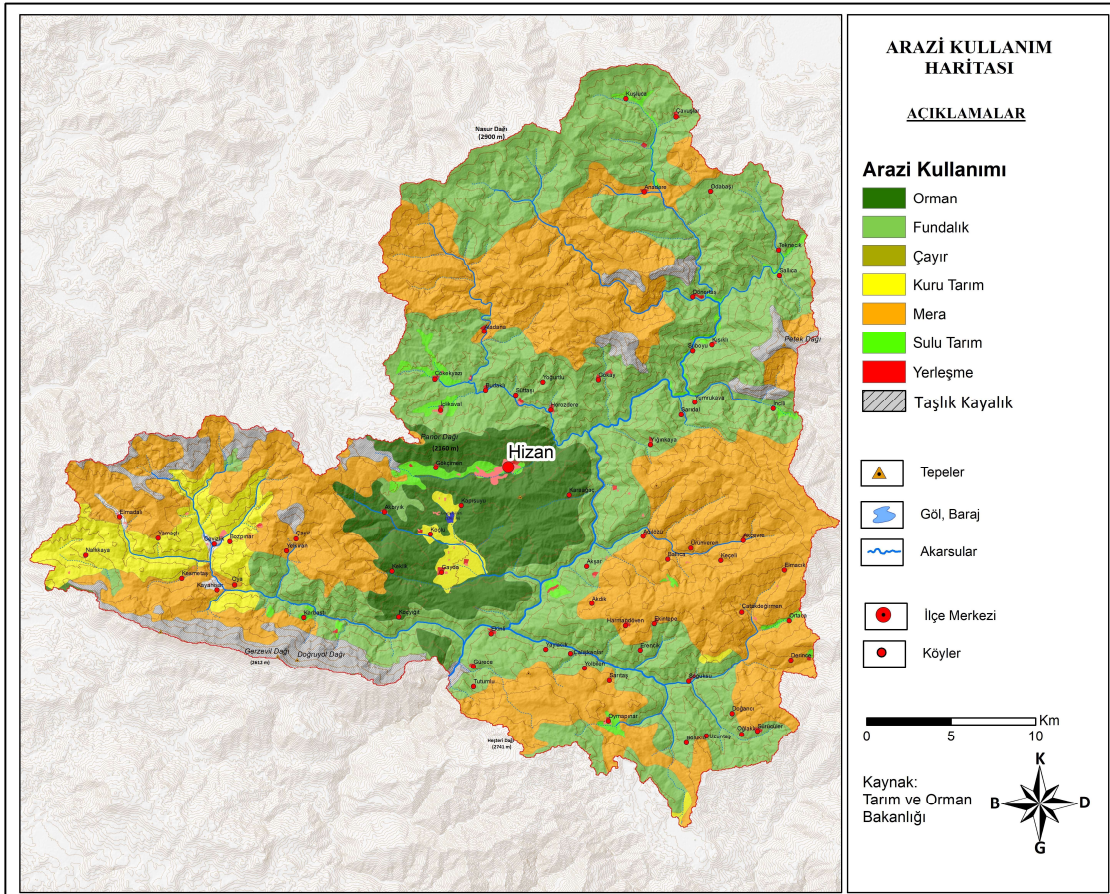
Şekil 17: Çalışma alanının yamaç eğrİsellİğı haritası / Figure 17: Slope curvature map of the study area.

3.5. Arazi Kullanımı

Hizan'ın kuzeydoğusunda bulunan Petek Dağı ve yamaçları, Hizan'ın güneybatısında bulunan Serkaç Tepe ve yamaçları, kuzey sınırda yüksek dağ yamaçları ve güney sınırda bulunan Kerzevil Dağı ve yamaçları orman örtüsü bakımından yoksun/az nitelikte olduğundan çığ olayına duyarlı yerlerdir. Keza seyrek bitki örtüsüne (ot formasyonları) sahip olan Hizan kuzeyi de çığa duyarlı alanlardır. Risk azaltma yöntemi olarak kullanılan çığ önleme yapıları arasında ormanların etkisi büyüktür (Mohammed ve diğ., 2015; Kumar ve diğ., 2017). Saha her ne kadar orman bakımından yoksun ve tahribat fazla olsa da bulunduğu çevreye göre orman formasyonu bakımından zengin yapıdadır. Hizan'ın kuzeyinde orman üst sınırı güneyine göre daha yukarıdadır. 2330 m. de dahi orman formasyonuna rastlanmaktadır (Şekil 18, 19). Hizan'ın güneydoğu yamaçları, Horozdere'nin kuzeydoğusu orman formasyonu ve yüksekliği 1-3 m arası olan çalılardan varlığından ötürü çığ oluşumu kesintiye uğramaktadır. Ancak son yıllarda özellikle vadi

yamaçlarında orman ve çalı örtüsünün kışlık yakacak amaçlı olarak tahrip edilmesi ve yerine yeni ağaçlandırmaların yapılmaması burayı çığ bakımından daha da duyarlı konuma getirmektedir. Bu kesimdeki çığ potansiyeli, birçok yerleşim yeri ile dere boylarına uyumlu seyreden karayolunu doğrudan tehdit etmesi bakımından üzerinde durulması gereken bir konudur.

Nitekim bu durum geçmiş yıllarda gerçekleşen çığ noktası haritasına bakıldığında açıkça görülmektedir (Şekil 20). Keza geçmişte yaşanan çığ olayları da yükseltisi ve eğimi fazla olan yamaçlarda gerçekleşmiştir. Hizan güneyinde ise doğu-batı eksenli uzanan dağ sıraları arasında subsekant kolun fazla eğimli yamaçlarında gerçekleşmiştir. Ancak Hizan'ın güney sınırında eğimi ve yükseltisi çok fazla olan Tutumlu ve Çalışkanlar arası fazla eğim ve yükselti bakımından çığ oluşumuna müsait olsa da vadi tabanından yukarıya doğru yayılan fındık (*Corylus avellana* L.) ağaçları çığ oluşumunu veya etkilerini azaltıcı roledir.

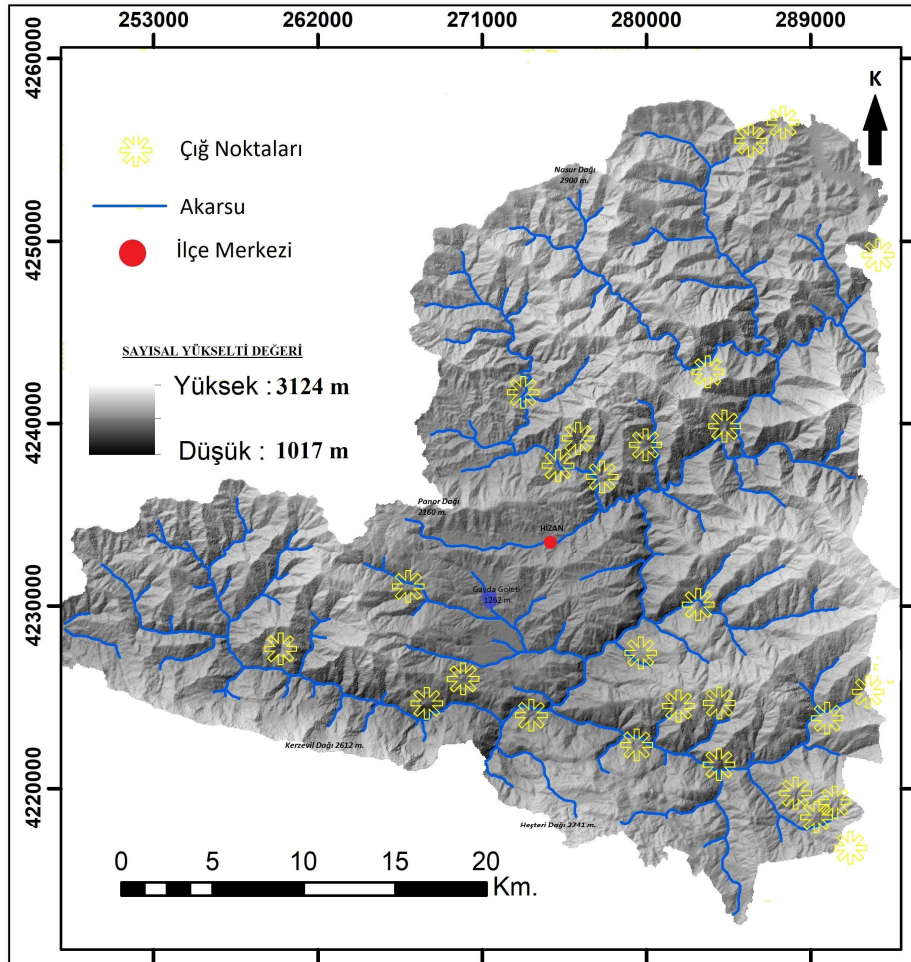


Şekil 18: Çalışma alanının arazi kullanım haritası / Figure 18: Land use map of the study area.



Şekil 19: Araştırma sahasında orman st sınırını gösteren foto (Hizan Gneyi, Budaklı'dan kuzeybatıya bakış).

Figure 19: Photo showing the forest upper boundary in the research area (South of Hizan, View to the northwest from Budaklı).



Şekil 20: Çalışma alanında meydana gelmiş çiğ olaylarının konumunu gösteren harita (AFAD, 2021'den düzenlenmiştir) / **Figure 20:** Map showing the location of avalanche events that have occurred in the study area (edited from AFAD, 2021).

Genel değerlendirme yapılacak olursa çığ oluşumunu tetikleyen en önemli etkenler, dağlık ve engebeli arazi şartları, bitki örtüsünden yoksun yamaçlar ve karasal iklim koşullarıdır. Bu unsurlar, Türkiye'deki diğer yüksek duyarlı alanlarda tespit edilen etkenlerle benzeşmektedir (zşahin ve Kaymaz, 2014; Işık vd., 2019; Ekinci vd., 2020; Avşın ve akı, 2021). Geçmiş yıllarda yaşanan çığ olayı haritasına bakıldığında, genel olarak çığ olayının yükseltisi fazla olan Panor Dağı'nın kuzeye bakan fazla eğimli yamaçlarında, Petek Dağı'nın bitki örtüsünden yoksun çıplak kayalık alanın eğimli yamaçlarında, kuzey sınırdaki yükseltisi 2800 m'yi aşan ve orman ve çalı formasyonu zayıf eğimli yamaçlarda (avuşlar, Teknecik) gerçekleştiği grlmektedir. Hizan güneyinde ise Büyükdere'ye D-B istikametinde bağlanan yan kolların yukarı yamaçlarında (Yolbilen, Saritaş) ığ olayı yaşanmıştır. Yaşanan bu çığ olayı yerleri çığ duyarlılık haritası ile korelasyonu yapıldığında kullanılan ağırlıklı çakıştırma yönteminin doğru olduğu sonucuna varılmaktadır. Nihai olarak araştırma sahası çığ olayının en fazla yaşandığı bir yer olmasının yanında, bölgede yüksek duyarlılığa sahip bir noktadadır. ığ olayının fazla olduğu/olacağı yamaçlarda yerleşim yerlerinin ve ulaşım ağlarının kısıtlı olması, can ve mal kayıplarını engellemektedir. Tüm bu veriler işığında çığ oluşumunda etkili olan yükselti, yamaç

eğriselliği, açık alanlar, meteorolojik koşulların müsait oluşu ve fazla eğim koşullarının bir arada görüldüğü Petek Dağı ve çevresi güzel bir örnektir (şekil 21).

Çalışma alanı, Doğu Anadolu Bölgesi'nde kıtasal çarpışma zonunda ve yükseltinin kısa mesafelerde değiştiği konumdadır. Neotektonikle gelişen bu durum topoğrafyanın geniş bir yelpazede değişmesine (yükselti, eğim gibi) neden olduğu bilinmemektedir. Topoğrafya üzerinde meydana gelen bu değişim çığ oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde meydana gelmiş çığ olayları ve literatür bilgileri bunu doğrulamaktadır. Çalışma alanının doğusunda ve devamı niteliğinde olan Bahçesaray ve çevresinde Avşın ve akı (2021)'nin yaptıkları çalışmada çığ oluşumuna müsait orta ve yüksek duyarlı alanlar tanımlamıştır. Keza benzer topoğrafik koşullara sahip Hakkri ve çevresinde Mutlu ve vd. (2022)'nin yapmış olduğu çalışmada çığ oluşumuna orta ve yüksek duyarlı alanlar tanımlamıştır. Ayrıca alışma alanının kuzey kesimini içine alan kısımda, Ekinci vd. (2020)'nin yaptıkları risk değerlendirmesine göre Hizan ve çevresi çığ bakımından yüksek risk taşımaktadır. Yapılan bu çalışmalardan elde edilen bulgular ile araştırma sahasında elde edilen bulguların benzerlik gösterdiği ve çığ oluşumuna müsait orta ve yüksek duyarlı alanların olduğu anlaşılmıştır.



şekil 21: Petek Dağı yamaçlarında çığ oluşumunda etkili olan topoğrafik ve diğer unsurların uydu görüntüsü üzerinde gösterimi (Hizan Kuzeydoğusu, Petek Dağı) / **Figure 21:** Satellite Image of topographic, meteorological and other elements that are effective in avalanche formation on the slopes of Petek Mountain (Northeast of Hizan, Petek Mountain) (Google Earth Pro, 2021).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu alışma sonucunda çığ oluşumuna duyarlı alanları belirlemede kullanılan yükseklik, eęim, baki, yamaç eğriselliği ve arazi kullanımı parametrelerinin haritaları hazırlanmıştır. Bu haritalara ait verilerin sentezi sonucunda sahanın çığ duyarlılık haritası ortaya konulmuştur. Bu minvalde sahanın çığ duyarlılığı dūřuk, orta ve yūksel olmak ũzere ũ kategoride sınıflandırılmıştır. Bu sınıflamada elde edilen bulgular irdelendiğinde, Hizan'ın kuzeydoğusunda bulunan Petek Dağı ve yamaçları, Nasur Dağı ve Panor Dağı yamaçları bunun yanında Hizan'ın gūneybatısında bulunan Serka Tepe ve yamaçları, gūney sınırda bulunan Kerzevil Dağı ve yamaçları, Hizan'ın kuzeyinde İhtiyarşahap Dağlarının devamı niteliğinde olan yūksel engebeli daę yamaçları ve Hizan'ın gūneyinde ana akarsuya (Būyūkdere) D-B istikametinde bağlanan yan kolların yamaçları (Yolbilen-Sarıtaş arası) ığa "yūksel duyarlı" noktalarıdır. Ayrıca Hizan'ın kuzeybatı kesimleri ve gūneyinde bulunan eğimi az olan yamaçlar (Kapisu-Gōkimen arası) ığa "orta seviye duyarlı" alanlardır. Buna karşın morfolojik olarak ova alanı ve az eğimli yamaçlar ve alçak aşınım sahalarına denk gelen (Gayda ovası, Hizan, ōkekyazı ve İlikaval) yerlerin çığ oluşumuna "az duyarlı" alanlar olduğu anlaşılmıştır. Saha gōzlemleri ve bōlgede tarihsel geçmişte yaşanan çığ noktalarının, bu çalışmada elde edilen çığ duyarlılık haritası ile korelasyonu yapıldığında kullanılan yōntemin doğru olduğu sōylenbilir. Ancak bu sonuçlar her ne kadar doğru olsa da bunun çığ oluşumuna etkisi olan kar ũrtū sū ve çığ tetikleyici gibi verilerle desteklenmesi gerekmektedir. Sahada duyarlılık değerlerinin dūřuk olduğu belirlenen lokasyonlarda ileri ki dōnemlerde çığ oluşma ihtimali dūřūktūr. Ancak duyarlılığın orta ve yūksel olarak tanımlanan yerlerde olası çığ felaketlerine karşı gerekli tedbirler alınmalıdır. Buna gōre riskin ortaya çıktığı kiř mevsiminde ve kar yağışlı gūnlerde ulaşıma kapatılmalı ya da ulaşım kontrollū sağlanmalıdır. Ayrıca alanda yūksel risk taşıyan yerleşkelerde insanlar çığ konusunda bilinçlendirilmelidir. Keza ığ duyarlılığı yūksel olan alanların yerleşime açılması ũnlenmelidir. Bunun yanında çığa

sebepl olan tūm parametreleri (topoğrafik, meteorolojik, kar ũrtū sū ozellikleri ve çığ tetikleyicileri) yansıtacak çığ istasyonlarının yapılması ũnemlidir. ığ konusunda sorumlu idari kurumlar ve uzmanlar sahayı periyodik olarak denetlemeli ve çığ oluşumu için ũnleyici metotları (kontrollū yapay çığ, çığ saptırma duvarları, yapay taraçalar gibi) uygulamaya koyması ũnerilir. Nihai olarak araştırma sahasında reaktif yaklaşım (kuralcı) yerine proaktif (ũnleyici) bir yaklaşım sergilendiğinde olası ığda meydana gelebilecek can ve mal kayıplarının ũnne geçilecektir. Bunun yanında orman ve çalı formasyonu (uzunluğu 1-3 m kadar) bakımından çevresine gōre zengin nitelikte olan Hizan ve çevresinde 2330 m'ye kadar orman ũst sınırı mevcuttur. Ancak sahada bilinçsiz biçimde orman tahribatı gitgide artmaktadır. Bu yūzden daę yamacında başlangıç noktasından itibaren çığ tutucu ozellikte olan bu orman varlığının azalması, sahada var olan çığ olayı sayısını arttıracığı ařıkārdır. Orman ve çalı formasyonunun korunarak hatta uygun ağaçlandırma ile orman ũrtū sū zenginleştirilerek olası çığ oluşumu ve etkileri azaltılabilir. Bu çalışmada elde edilen bulguların burada yapılması gereken diğer bütūnleyici çalışmalar ile proaktif bir bakışla değerlendirmeye alınması halinde olası bir çığın sonucunda can ve mal kaybının ũnne geçilmesinde ũnemli bir çıktı olacağı dūřūnlmektir.

KAYNAKÇA

- Adikari, Y., Yoshitani, J. (2009). Global Trends In Water-Related Disasters: An Insight For Policymakers. World Water Assessment Programme Side Publication Series, Insights. The United Nations, UNESCO. International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM).
- AFAD, Afet ve Acil Durum Yōnetim Başkanlığı (2020). Afet Yōnetimi Kapsamında 2019 Yılına Bakış Ve Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yōnetimi Başkanlığı, Ankara.
- AFAD (2018). Tūrkiye'de Afet Yōnetimi ve Doęa Kaynaklı Afet İstatistikleri Raporu, https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/35429/xfiles/turkiye_de_afetler.pdf

- AFAD, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2015a). Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması Çıĝ Pratik Kılavuz, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- AFAD, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2015b). Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması Çıĝ Temel Kılavuz, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara. https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/3468/xfiles/cig_temel-kilavuz-tr_.pdf
- Afet İşleri Genel Müdürlüğü (AİGM) (1999). Çıĝ El Kitabı. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Akköprü, E. (2005). Çatak (Van) - Görentas Arasının Fiziki Coğrafyası (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Van.
- Alaeddinoğlu, F., Avşın, N., Yılmaz, E. (2016). Van Gölü Güneydoğusunun Jeomorfolojik Özellikleri ve Ekoturizm. Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6 (2), 245-255.
- Ancey, C. (2001). Snow Avalanches in Geomorphological Fluid Mechanics. Springer, 582, 319-338, Berlin, Heidelberg.
- Atalay, İ. (1992), Türkiye Coğrafyası, Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir.
- Avşın, N. ve Çakı, D. T. (2021). Çatak - Bahçesaray (Van) Karayolu Üzerindeki Çıĝa Duyarlı Alanların Belirlenmesi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, (7), 30-47. DOI: 10.46453/jader.911574
- Aydın A, Bühler Y, Cristen M ve Gürer İ (2014). Avalanche Situation İn Turkey and Back Calculation of Selected Events. Natural Hazards and Earth System Sciences, 14, 1145-1154. <https://doi.org/10.5194/nhessd-2-581-2014>
- Aydın, A., ve Eker, R. (2012). CBS Tabanlı Bulanık Üyelik Modeliyle Eĝim Haritalarının Hazırlanması ve Klasik Yöntemle Karşılaştırılması: Çıĝ Risk Değerlendirme Uygulaması. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 206–212.
- Aydın, A., ve Eker, R. (2014a). CBS Tabanlı Çıĝ Analizi: Rize-Yukarı Kavron Yaylası Örneği. 5. Uzaktan Algılama CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 1–7.
- Aydın, A., ve Eker, R. (2014b). Topografik Parametreler Kullanılarak Potansiyel Çıĝ Başlama Bölgelerinin CBS Tabanlı Olarak Belirlenmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu, 426–435.
- Covasnianu A, Grigoraş I R, State L E, Balin D, Hogaş S ve Balin I (2011). Mapping Snow Avalanche Risk Using GIS Technique And 3D Modeling. Case Study Ceahlau National Park. Rom. Journ. Phys., 3-4, 476- 483. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1884082>
- Crecy, L. D. (1980). Avalanche Zoning in France Regulations and Technical Basis, Journal of Glaciology, 26 (94), 325-330.
- Doğu, A. F. (2008). İhtiyarşahap Dağları. Van'ın Buzulları. Yeşil Atlas 11, 66-71.
- Dölek, İ. (2015). Sungu Beldesi Ve Yakın Çevresinde (Muş) Sel Ve Taşkına Duyarlı Alanların Belirlenmesi. Marmara Coğrafya Dergisi, 31, 258–280
- Ekinci, R., Büyüksaraç, A., Ekinci, Y. L., Işık, E. (2020). Bitlis İlinin Doğal Afet Çeşitliliğinin Değerlendirilmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 6 (1), 1-11
- Elmastaş, N. ve Özcanlı, M. (2011). Bitlis İlinde Çıĝ Afet Alanlarının Tespiti ve Çıĝ Risk Analizi, VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, Ankara, 303-314.
- Erinç, S. (1953). Doğu Anadolu Coğrafyası, İstanbul Üniversitesi Yayınları, No:572, İstanbul.
- Ghinoi A. ve Chung C. J. (2005). STARTER: A Statistical GISBased Model for The Prediction of Snow Avalanche Susceptibility Using Terrain Features: Application to Alta Val Badia, Italian Dolomites. Gemorphology, 66, 305- 325. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.018>
- Göl, C. (2005). Çıĝ Olgusu ve Ormancılık. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, 49- 63.
- Gürer, İ., Tunçel, H. (1994). Türkiye'de Çıĝ Sorunu ve Bugünkü Durumu. Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi II. Sempozyumu. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Hoyois, P., Jean Michel S., Regina B. ve Debarati G.-S. (2007). Annual Disaster Statistical Review: Numbers and Trends 2006, Catholic University of Louvain (UCL), Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED).
- Işık, F., Bahadır, M., Zeybek, H.İ. (2019). Doğankent (Harşit) Çayı Havzası'nın Yukarı ve Orta Kesimindeki Arazi Uygulamalı Çıĝ Duyarlılık Analizi. The Journal of Academic Social Science Studies, 77, 335-353.
- Kalelioğlu, E. (1991). Van Ovasının İklim Özellikleri. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Dergisi, 35 (2), 155-166.

- Kızıloğlu, F. M., Okurođlu, M., ve Örüng, İ. (2006). Kırsal Yerleřimler ve Doğal Afetler. GOÜ. Ziraat Fakóltesi Dergisi, 23(2), 53–58.
- Kumar, S. ve Snehamani Srivastava, P. K. (2017) GIS-Based MCDA–AHP Modelling for Avalanche Susceptibility Mapping of Nubra Valley Region, Indian Himalaya. Geocarto International 32 (11): 1254–1267. <https://doi.org/10.1080/10106049.2016.1206626>
- Kumar, S. ve Snehamani Srivastava P. K. (2018) Geospatial Modelling and Mapping of Snow Avalanche Susceptibility. Journal of the Indian Society of Remote Sensing 46(1):109–119. <https://doi.org/10.1007/s12524-017-0672-z>
- Kumar S, Snehamani Srivastava P. K. ve Bhatiya, S. (2019). Geospatial Probabilistic Modelling for Release Area Mapping of Snow Avalanches, Cold Reg Sci Technol 165 (June): 102813. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2019.102813>
- LaChapelle, E. R. (1985). The ABC of Avalanche Safety. Seattle, Washington.
- Maggioni M. and Gruber, U. (2003). The Influence of Topographic Parameters on Avalanche release Dimension and Frequency. Cold Regions Science and Tecknology, 37, 407-419. [https://doi.org/10.1016/S0165-232X\(03\)00080-6](https://doi.org/10.1016/S0165-232X(03)00080-6)
- Marek, B., Ivan, B. (2010). Spatial Modelling of Snow Avalanche Run-Outs Using GIS. Proceedings From Symposium GIS, Ostrava.
- Matpay, B. (2022). Hizan ve Çevresinin (Bitlis) Jeomorfolojisi (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- McClung, D. ve Schaerer, P. (1993). The Avalanche Handbook. The Mountaineers, 271, Seattle, WA.
- Mohammed A. S, Naqvi A.H. ve Firdouse, Z. (2015). An Assessment And İdentification of Avalanche Hazard Sites in Uri Sector and Its Surroundings on Himalayan Mountain. Springer, 1499-1510.
- Moore, I. D., Grayson R. B. ve Ladson, A. R. (1991). Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological and Biological Appllications. Hydrol. Process. 5,3-30. <https://doi.org/10.1002/hyp.3360050103>
- Munter W (1999). 3*3 Lawinen: Entscheiden in kritischen Situationen. Agentur Pohl and Schellhamer, Garmisch- Partenkirchen. ISBN 3-00- 002060-8.
- Mutlu, S., Cindioğlu, İ., Kul, A. Ö. ve Sağlam Selçuk, A. (2022). Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Parametre Puanlama Yöntemi İle Hakkâri İli Çiğ Tehlike Haritasının Oluşturulması. Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi, 4 (2), 71- 78. DOI: 10.56130/tucbis.1177536
- Nagarajan R, Venkataraman G. ve Snehamani H (2014). Rule Based Classification of Potential Snow Avalanche Areas. Natural Resoources and Conservation, 2, 11-24. <https://doi.org/10.13189/nrc.2014.020201>
- Nasery S & Kalkan K (2021). Snow Avalanche Risk Mapping Using GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis: The Case of Van, Turkey. Arabian Journal of Geosciences, 14(9), 782. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07112-4>
- Nazik, L. & Poyraz, M. (2017). Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları karst kuşağı. Türk Coğrafya Dergisi, (68), 43-56. DOI: 10.17211/tcd.300414
- NGU (Geological Survey of Norway) (2010). Method For the Susceptibility Mapping of Snow Avalanches in Norway. Technical Report, 14 p
- Odabaşı, Y.B. (2018). Büyük Alanlarda Çiğ Tehlike Haritalarının CBS Tabanlı Oluşturulması (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Düzce Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Düzce.
- Özşahin, E., Kaymaz, Ç.K. (2014). Avalanche susceptibility and risk analysis of Eastern Anatolian region using GIS, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 120, 663-672.
- Saygılı, R. (2014). Türkiye Çiğ Afet Haritası. Türkiye Doğal Afet Haritaları.
- Schweizer J, Bruce Jamieson J & Schneebeli M (2003). Snow Avalanche Formation. Reviews of Geophysics,41(4). <https://doi.org/10.1029/2002RG000123>
- Selçuk L (2013). An Avalanche Hazard Model for Bitlis Province, Turkey, Using GIS Based Multicriteria Decision Analysis. Turkish Journal of Earth Sciences, 22, 523-535. <https://doi.org/10.3906/vet-1303-36>
- Shahabi, H., & Ahmad, B. Bin. (2011). Application of MODIS Image Satellite and GIS Technique in Assessment of Avalanche Fall in in Roads. World Academy of Science, Engineering and Technology, 713–717.
- Simea I (2012). The Avalanches from Rodnei Mountains. PhD Thesis, Babeş-Bolyai University, Faculty of Geography, 30p.

- Singh D K, Mishra V D, Gusain H S, Gupta N & Singh AK (2019) Geospatial Modeling for Automated Demarcation of Snow Avalanche Hazard Areas Using Landsat-8 Satellite Images and in Situ Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 47(3):513–526.
- Storck, P., Kern, T., Bolton, S. (1999). Measurement of Differences in Snow Accumulation, Melt, and Micrometeorology Due to Forest Harvesting. *Northwest Science*, 73, 87-101
- Suk, P., Klimanek, M. (2011). Creation of the Snow Avalanche Susceptibility Map of the Krkonose Mountains Using GIS. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 28, 237-246. <https://doi.org/10.11118/actaun201159050237>
- şaroğlu, F. ve Güner, Y. (1981). Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden ögeler: jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri, *TJK Bülteni*, 24, 2, 119-130.
- Taştekin, A. T. (2003). Meteoroloji ve Çiğ. *Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)*. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/meteorolojivecig.pdf>.
- Tunçel, H. (1990). Doğal Çevre Sorunu Olarak Çiğlar ve Türkiye'de Çiğ Olayları. *Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Coğrafya Bilim ve Uygulama Kolu, Coğrafya Araştırmaları Dergisi* 1, 43-98.
- URL 1 (2015). <https://www.iha.com.tr/foto-bitlistecig-dustu-5-asker-sehit-12-asker-yarali-9893/sayfa-2/> (Erişim Tarihi: 06.01.2023).
- Jeomorfoloji Derneği (2020). Van-Bahçesaray Çiğ Afeti Hakkında Basın Bildirisi. <http://jd.org.tr/tr/icerik/van-bahcesaray-%C3%A7%C4%B1%C4%9F-afeti-hakk%C4%B1nda-bas%C4%B1n-bildirisi> (E.Tarihi: 19.01.2023).
- Varol, N. (2022). Avalanche Susceptibility Mapping with The Use Of Frequency Ratio, Fuzzy and Classical Analytical Hierarchy Process for Uzungöl Area, Turkey. *Cold Reg. Sci. Technol* 194, 103439. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2021.103439>
- Yavaş, Ö. M., Erenbilge, T., Seyfe, N., Ayhan, A. (2007). Çiğlar, Türkiye'deki Etkileri ve Önlemede Kullanılan Yöntemler. *Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Geçici İşkân Dairesi Başkanlığı*.
- Zorer, H. (2005). Çatak (Van) – Uzuntekne ve Yakın Çevresinin Fiziki Coğrafyası (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

KARACADAĞ/BARUTTEPE (DİYARBAKIR) ÇEVRESİNİN JEOMİRAS VE JEOTURİZM ÖZELLİKLERİ Geoheritage and Geotourism Features of Karacadağ/Baruttepe (Diyarbakır) Surroundings

M. Taner ŞENGÜN^a, Muhammed KILIÇARSLAN^b, Yaren GÖKTAŞ^c

^aFırat Üniversitesi, İnsani ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Elazığ
mtsengun@firat.edu.tr <https://orcid.org/0000-0003-4039-6591>

^bFırat Üniversitesi, İnsani ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Elazığ
mklcarslan96@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5832-4505>

^cHarran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Şanlıurfa
goktasyaren@harran.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-2516-9633>

Makale Tarihi

Geliş 16 Kasım 2022
Kabul 9 Mart 2023

Article History

Received: 16 November 2022
Accepted: 9 March 2023

Anahtar Kelimeler

Karacadağ, Baruttepe Konisi, Jeomiras,
Jeoturizm, Diyarbakır

Keywords

Karacadağ, Baruttepe Cone,
Geoheritage, Geotourism, Diyarbakır

Atıf Bilgisi / Citation Info

Şengün, M.T., Kılıçarslan, M., Göktaş, Y. (2023) Karacadağ/Baruttepe (Diyarbakır) Çevresinin Jeomiras ve Jeoturizm Özellikleri / Geoheritage and Geotourism Features of Karacadağ/Baruttepe (Diyarbakır) Surroundings, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2023 (10): 133-148

doi: 10.46453/jader.1205812

ÖZET

Türkiye'de Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin ortalarında bir kalkan tipli (Hawaii) volkan olan Karacadağ bulunmaktadır. Karacadağ volkanının son evre volkanitlerinden olan Baruttepe konisi, Karacadağ'ın en genç lavlarını meydana getirmiştir. Baruttepe ve çevresinde meydana gelen farklı morfolojik süreçlerle beraber bir çok volkan morfolojisi örneği oluşmuştur. Yalnızca bazı volkanik arazilerde gözlemlenen bu şekiller, nadir olarak görülen coğrafi şekiller olması sebebiyle jeomiras ve jeoturizm açısından önem arz etmektedirler. Araştırmamıza konu olan Baruttepe konisi ve çevresindeki jeomiras unsurları, Diyarbakır ili Çınar ilçesi sınırlarında yer almakta olup Diyarbakır il merkezinin güneybatısında, Karacadağ volkanik kütesinin doğu eteklerinde yayılış göstermektedir. Baruttepe konisi, Kuvaterner dönemine ait bazaltik bir volkan konisi olup buradan ve çevresindeki diğer küçük çıkış merkezlerinden çıkan lavlar doğu yönünde 25-30 km kadar akış göstermiştir. Yaklaşık 120 km²'lik bir sahaya yayılış gösteren bu lavlar üzerinde başta bir çok lav tüneli olmak üzere; lav akıntısı kırıklıkları, lav kanalları, halat tipi lavlar, küçük çaplı basınç sırtları, leçeler ve tavanı çökmüş lav tüneli gibi çeşitli volkanik şekiller oluşmuştur. Çeşitli büyüklüklerde bir çok lav tünelinin olduğu bu saha eşine az rastlanır doğal güzellikleri ve ilgi çekici oluşumlarıyla önemli bir jeoturizm potansiyeli barındırmaktadır. Araştırma kapsamında detaylı bir literatür taraması yapılmış olup Baruttepe Konisi ve yakın çevresindeki jeomiras unsurlarıyla ilgili geniş çaplı bir bilimsel çalışmaya rastlanmamıştır. Bu doğrultuda araştırmanın amacı Baruttepe konisinin ve yakın çevresindeki jeomiras unsurlarının oluşum ve gelişim süreçlerini açıklamak ve jeoturizm potansiyellerini değerlendirip söz konusu sahanın literatüre kazandırılmasına katkı sağlamaktır. Yapılan arazi çalışmalarıyla sahada; piroklastik koni, krater, lav tüneli, tavanı çökmüş lav tüneli, lav kanalı, halat tipi lav akıntısı, lav kemeri ve leçelik arazi gibi farklı ölçeklerde ve bir çok sayıda jeomiras unsuru ortaya konmuştur. Tespit edilen bu jeomiras unsurlarının genel özellikleri ve oluşum süreçleri hakkında bilgi verilerek jeoturizm potansiyelleri değerlendirilmiştir. Bu araştırma ile elde edilen sonuçlar; Baruttepe konisi ve yakın çevresindeki jeomiras unsurlarının belirlenmesine, sürdürülebilir turistik altyapının oluşturulması için gerekli planlamaların yapılmasına ve çevresinin turizm değerleri kazanması sürecine katkı sunacaktır.

ABSTRACT

Karacadağ, a shield type volcano, is located in the central part of the Southeastern Anatolia Region in Turkey. Baruttepe cone, which is one of the last stage volcanics of Karacadağ volcano, formed the youngest lavas of Karacadağ. As a result of various geomorphological processes developed around this cone, many forms of volcanic morphology have been formed. These shapes, which are only seen in some volcanic fields, are important formations in terms of geoheritage and geotourism, as they are rarely seen geographical shapes. The Baruttepe Lava Tunnels, which are the subject of our research, are located within the borders of Çınar district of Diyarbakır province and spread on the eastern skirts of the Karacadağ volcanic mass, in the southwest of Diyarbakır city center. The Baruttepe cone is a Quaternary basaltic volcanic cone, and the lava flowing from it and other small outflow centers flowed 25-30 km in the east direction. Lava spread over an area of approximately 120 km², on these lavas, especially many lava tunnels; Various volcanic shapes were formed, such as lava flow wrinkles, lava tongues,

lava weaves, leeches, and a collapsed lava tunnel. This area, which has many lava tunnels of various sizes, has an important geotourism potential with its rare natural beauties and interesting formations. A detailed literature review has been made within the scope of the research, but no scientific study has been found on the Baruttepe Cone and the geoheritage elements in its immediate surroundings. The aim of the research is to explain the formation and development processes of the Baruttepe cone and its nearby geoheritage elements and to evaluate their geotourism potential. In the field with the studies; many geoheritage elements have been revealed at different scales such as pyroclastic cone, crater, lava tunnel, collapsed lava tunnel, pahoehoe lava flow. The geotourism potentials were evaluated by giving information about the general characteristics and formation processes of these identified geoheritage elements. The results obtained with this research; It will contribute to the determination of the Baruttepe cone and its surrounding geo-heritage elements, the necessary planning for the creation of a sustainable touristic infrastructure, and the process of gaining tourism value.

© 2023 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1.GİRİŞ

İnsanların doğal çevre üzerindeki yer değişimi sürekli bir şekilde artış göstermektedir. Turizm de bu insan hareketliği ve mekân arasındaki ilişkiden ortaya çıkmıő bir kavramdır. İnsanların yaşam alanı olarak seçtikleri yerden başka yerlere doğru gezip-görmek, eğlenmek, dinlenmek, araştırmak ve dini amaçlar ile yaptıkları seyahatler turizm olarak ifade edilmektedir. Doğal ve beşerî unsurların insanlara sunmuş olduğu imkânlarla göre turizmi çeşitli kollara ayrılır. Bunlar; kıyı turizmi, kış turizmi, jeoturizm, macera turizmi olmak üzere çeşitlendirilebilir (Emekli, 2006; Şengün, Kılıçarslan ve Göktaş, 2022).

Jeoturizm son zamanların rağbet gören alternatif turizm çeşitlerinden birisidir. Jeoturizm ilk olarak "Thomas. A. Hose" tarafından 1995 yılında yayınlanmış olan "Selling the story of Britain's stone" adlı çalışmada ortaya atılmıştır (Dowling, 2013; Hose, 2012; Ólafsdóttir & Tverijonaite, 2018). Hose, jeoturizmi Őu şekilde tanımlamaktadır: Turistlerin bir alanın sadece estetik görüntüsüyle ilgilenmesinin ötesinde alanın jeolojisi ve jeomorfolojisi hakkında bilgi ve anlayış edinmelerini sağlamak için hizmet olanaklarının sağlandığı turizm çeşididir (Hose, 1995).

Farklı kaynaklardaki çeşitli tanımlamalardan dikkate alındığında jeoturizm, jeoloji ve jeomorfolojiye odaklanan; jeomiras, jeosit-jeomorfoz, jeokoruma, jeoçeşitlilik gibi kavramlar üzerinde duran alternatif sürdürülebilir bir turizm anlayışı olarak açıklanabilir (Dowling, 2013). Günümüzde önemli bir araştırma konusu olan jeoturizm; yok olması durumunda yerine bir daha koyulamayacak olan jeomirasların korunması ve

gelecek nesillere aktarılmasını sağlama, jeoloji ve jeomorfolojiye olan merak duygusunu arttırma, yöre halkı için sürdürülebilir bir ekonomik kalkınma sağlama gibi birçok unsura da katkı sağlamaktadır (Vural ve Külekçi, 2021). Bir sahada jeoturizmin gerçekleşmesi için jeomiras niteliğinde değerlendirilebilecek çeşitli jeolojik-jeomorfolojik oluşumların var olması gerekmektedir. Bir oluşumun jeomiras olarak nitelendirilmesi için ise dünyanın jeolojik geçmişine ışık tutması, yok olması durumunda yerine yenisinin koyulamayacağı ölçüde nadir ve tek olması gerekli ölçütlerdendir (Altınay Özdemir ve Kızılırmak, 2019). Türkiye sahip olduğu coğrafi konumun bir sonucu olarak Avrasya, Arabistan ve Afrika levhalarının birbirleriyle temas ettiği sahalara karşılık gelmektedir. Bu levhaların çarpışma sahasında yer almasıyla farklı birçok jeolojik ve jeomorfolojik süreç yaşanmıştır. Bunların sonucunda Türkiye, jeolojik-jeomorfolojik yapı çeşitliliği ve kendine has ilginç yer şekillerine ev sahipliği yapmasıyla jeomiras çeşitliliği açısından da oldukça zengin bir ülke karakteri kazanmıştır.

Türkiye'de 2023 yılı Mart ayı itibariye 3 ayrı ulusal jeopark (Kula Salihli, İda Madra, Zonguldak Kömür) bulunmakta, bunlardan Kula-Salihli Jeoparkı ise UNESCO tescilli almış durumdadır (Demir ve Aytaç, 2018; Aytaç ve Demir, 2019; Bakırcı ve Soykan, 2021; Aytaç vd., 2022). Bunun dışında projelendirilmiş olan; Kızılcahamam - Çamlıdere Jeoparkı - Ankara (Kazancı, 2007; Koçan, 2012), Bitlis - Nemrut Jeoparkı (Çiftçi ve Güngör, 2021; Yakupoğlu ve Selçuk, 2020) Levent Vadisi Jeoparkı - Malatya (Akbulut ve Ünsal, 2012; Karadeniz vd., 2022) ve UNESCO Dünya Miras Listesinde yer alan; Göreme Millî Parkı - Kapadokya - Nevşehir

(Kazancı ve Suludere, 2020; Yetiş, 2022) ve Nemrut Dağı - Adıyaman (Aytaç ve Bozdağ, 2015; Aytaç vd., 2015; Aytaç ve Bozdağ, 2017) Türkiye’de jeoturizmin gerçekleştirilebileceği önemli jeomiras sahalarından bazılarıdır.

Jeomiras özelliği taşıyan ve jeoturizm potansiyeline sahip olan sahalardan birisi de Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ndeki Karacadağ volkanıdır. Karacadağ, kalkan tipli bir volkan olup fazla yüksek olmayan (1952 m) bazaltlardan oluşmuştur (Sr, 1994). Karacadağ’da özellikle Kuvaterner volkanizmasına ait oluşumlar çok genç olmaları sebebiyle çok fazla tahrip olmayıp kolayca ayırt edilebilmektedir (Yıldırım ve Karadoğan, 2010). Bu oluşumlardan biri ve de en belirgin olanı Baruttepe volkan konisi ve buradan çıkan lavların oluşturduğu şekillerdir. Baruttepe konisi, Kuvaterner’de gelişmiş olan piroklastik bir volkan konisi olup çevresindeki diğer kk çıkış merkezleriyle beraber yaklaşık 120 km²’lik bir alana yayılan lav akıntıları oluşturmuştur. Bu lavlar üzerinde başta birçok lav tüneli olmak üzere; akıntı kırıklıkları, lav dilleri, lav örgüleri, leçeler ve tavanı km lav tüneli gibi çeşitli volkanik şekiller gelişmiştir.

İnceleme alanındaki jeositlere benzer nitelikte bazalt jeomorfolojisi örneklerine Karasu Grabeni (Hatay) nde de rastlanmaktadır (Turoğlu, 2020).

2. MATERYAL, AMAÇ VE YÖNTEM

Araştırmada ilk olarak konu hakimiyeti için sistematik bir şekilde yerli ve yabancı literatür taraması yapılmıştır. Bu literatür taraması sonucunda Baruttepe Konisi ve çevresiyle ilgili geniş çaplı bir bilimsel çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu doğrultuda araştırmanın amacı Baruttepe konisi ve çevresindeki jeomiras unsurlarının oluşum ve gelişim süreçlerini açıklamak, bu unsurların jeoturizm potansiyelini ortaya koyarak sahanın literatüre kazandırılmasına katkı sunmak olarak belirlenmiştir. Araştırmanın problem cümlesi ise “Baruttepe Konisi çevresindeki jeomiras unsurları nelerdir ve bu unsurlar jeoturizm kapsamında değerlendirilip koruma altına alınabilir mi?” olmuştur. Bu ana problem esas alınarak aşağıda sıralanan araştırma soruları belirlenmiştir:

Araştırma sahasında jeomiras olarak değerlendirilebilecek unsurlar var mıdır?

Araştırma sahası jeoturizm faaliyetleri için potansiyel barındırır mı?

Araştırma sahasında jeoturizm faaliyetlerinin gerçekleşebilmesi için fiziki şartlar elverişli midir?

Araştırma sahası jeopark alanı olarak tescil edilebilir mi? Araştırma sahasının jeopark proje süreci ne durumdadır?

Araştırma soruları olarak belirlenen bu sorular cevaplandırılmış olup neticesinde varılan sonuçlar; sahada sürdürülebilir turistik altyapının oluşturulması için gerekli planlamaların yapılmasına ve baruttepe konisi ve yakın çevresinin bir jeosit-jeomorfosit alan olarak jeoturizm değer kazanması sürecine katkı sunacaktır.

Araştırma, ana hatlarıyla planlama, gerçekleştirme ve raporlaştırma olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak araştırma konusu ve araştırma sahasının sınırları belirlenerek saha ve konu ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Sonrasında araştırma sahasında 2022 Mayıs ve Eylül aylarında arazi çalışmaları yapılmıştır. Arazi alışmaları ile saha yerinde gözlemlenip gerekli incelemeler yapılmış ve raporlanmıştır. Yapılan bu gözlemler arazi ölçümleri, fotoğraf, video ve drone çekimleriyle desteklenmiştir. Araştırmada materyal olarak ise saha ve konu ile ilgili literatür verileri, arazide yapılan saha inceleme ve gözlem raporları, sahaya ait SRTM DEM verileri (Earth Explorer, 2014), MTA’nın 1/500.000’lik Jeoloji Haritası (MTA, 2002) ve Google Earth uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Toplanan tüm bu veriler analiz edilerek bilgilerin raporlaştırılması için bir değerlendirme yapılmıştır. Çeşitli haritaların oluşturulmasında ve düzenlenmesinde ArcGIS10.8 ve Adobe Photoshop CC yazılımları kullanılmıştır. Sahanın uydu görüntülerinin incelenmesi ve görüntü kayıtlarının alınması Google Earth Pro ve HGM Küre yazılımları aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise tüm veriler birleştirilerek yazılmıştır. Ayrıca bu araştırmanın n değerlendirmesi 2022 Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu’nda (UJES 2022 - Kula - Salihli) bildiri olarak sunulmuş ve zet olarak basılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Araştırma Sahasının Lokasyonu

Karacadağ volkanı, Bitlis - Zagros Kenet Kuşağı ile Güneydoğu Torosların güneyinde, Diyarbakır Havzasının güneybatısında, Mardin eşiğinin kuzeybatısında ve şanlıurfa platosunun kuzeydoğusunda kuzey-güney doğrultusunda uzanmaktadır. Karacadağ volkanının doğusunda yer alan Baruttepe konisi (37°39'7.00"K, 40°0'34.29"D) Ovabağ köyü güneyinde, şimşek mezrası, Karaçevre ve Çömçeli köyü yakınlarındadır (şekil 1).

İdari olarak Diyarbakır ili Çınar ilçesine bağlı Çömçeli Mahallesi (köyü) sınırlarında yer alan araştırma sahasının, Diyarbakır il merkezine uzaklığı yaklaşık olarak 48 km kadardır. Sahaya Diyarbakır - Viranşehir karayolunun 46. kilometresi üzerinde yer alan şimşek mezrasının içindeki toprak yoldan ulaşılabilmektedir. Ana yola uzaklığı yaklaşık 3 km'dir.

3.2. Baruttepe Konisi ve Çevresinin Doğal Çevre Özellikleri

Karacadağ; Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Dicle Bölümü ile Orta Fırat Bölümünün keşişim noktasında olup, Diyarbakır havzası ile şanlıurfa platosunu birbirinden ayırır. Genişçe bir zirveye sahip olan Karacadağ kuzey-güney yönlü bir uzantıya sahip kalkan tipi (Hawaii Tipi) bir volkan'dır ve yamaçlarının eğimi (%2) oldukça düşüktür (Sür, 1994). Karacadağ'ın çıkardığı lavlar bazaltik olup diğer lav tiplerine kıyasla hızlı akışlıdır ve ince tabakalar oluşturmuştur. İlk faaliyetine Üst Miyosen'de (6-12 milyon yıl) başlayan Karacadağ volkanı, günümüzden 60-70 bin yıl öncesine kadar aralıklarla püskürmüştür (şekil 2). Karacadağ, Alt Miyosen'deki en son kıta-kıta çarpışmasını takiben kuvvet dengelenmesine bağlı olarak Arabistan levhası üzerinde gelişen impaktojen türdeki riftleşme ürününe bağlı olarak meydana gelmiştir. Bu yönüyle kimyasal özellikleri bakımından ülkemizdeki diğer volkanitlerden ayrılır ve manto kökenine daha yakın olup kabuksal bulaşma daha azdır (Ercan vd., 1990). Arabistan levhasını sınırlayan faylanmalarla doğan kırıklardan ve bazı yerlerde de bir bacadan çıkan lavlar üst üste yığılarak yaklaşık 8000 km²'lik bir sahayı örten Karacadağ'ı meydana getirmiştir (Sür, 1994). Karacadağ

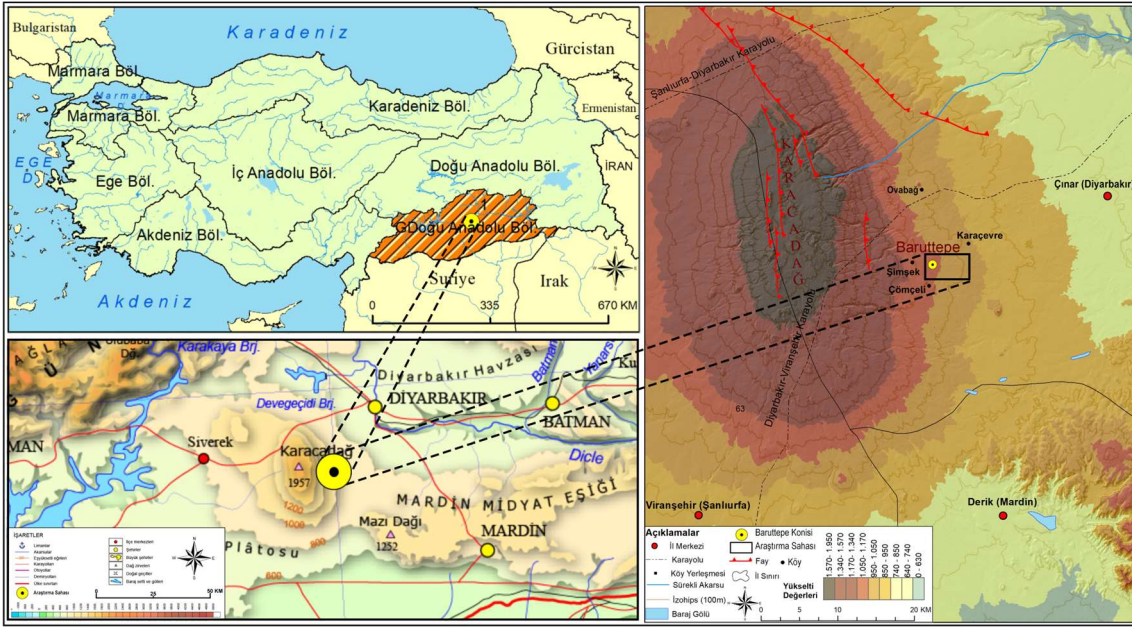
volkanı genel olarak KB yönünden GD yönüne doğru bir gençleşme göstermektedir (Kavak, 2013).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin orta kesiminde Arabistan levhasının kırılmasıyla oldukça geniş bir alana yayılan basık şekilli Karacadağ volkanının oluşumunda üç ana etkinlik dönemi saptanmıştır (Kavak, 2013). Bu özellikler göz önünde bulundurularak volkanik etkinlik üç ana evrede incelenmiştir: 1. Evre (Siverek Grubu), 2. Evre (Karacadağ Grubu) ve 3. Evre (Ovabağ Grubu) volkanitleri (Canpolat, 2005).

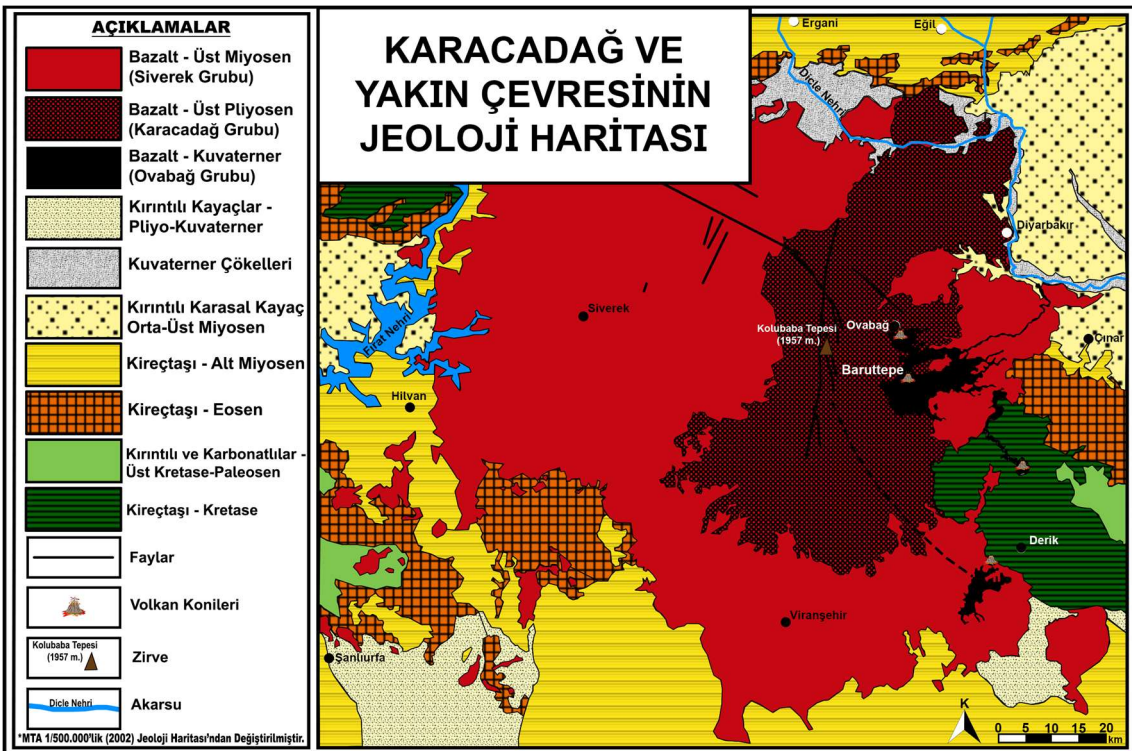
Siverek Grubu (1. Evre) olarak adlandırılan ilk evreye ait volkanitler, Karacadağ genelinde en geniş yayılım gösteren volkanit grubudur (şekil 2). Bu volkanitler özellikle Diyarbakır, Derik, Viranşehir, Siverek ve Ergani arasında, Karacadağ'ın asıl kütle dışında kalan düzlüklerde yüzeylenmifitir (Canpolat, 2005). Bu evreye ait volkanik etkinliğin üzerini örttüğü en genç çökel kaya topluluğu Üst Miyosen yaşlı şelmo formasyonudur (Kavak, 2013). Özellikle Dicle Nehri kıyılarında şelmo formasyonu üzerinde akış gösteren lavlar açık bir şekilde gözlenebilmektedir (Canpolat, 2005).

Karacadağ Grubu (2. Evre) volkanitleri, Karacadağ'ın esas kütleini meydana getirir (şekil 2). İkinci evre ürünlerinin Üst Miyosen yaşlı ilk evre volkanitleri üzerinde gelişen peneplene yakın bir saha üzerine geldikleri gözlenmiştir. Karacadağ volkanını meydana getiren ikinci evre volkanitlerinin ise Üst Pliyosen yaşlı olduğu düşünölmektedir (Haksal, 1981'den aktaran Canpolat, 2005). Karacadağ'ın yapısında lavların yanı sıra önemli oranda piroklastik maddelerin de bulunduğu görölmektedir (Kavak, 2013).

Ovabağ Grubu (3. Evre) volkanitleri Kuvaterner yaşlı olup Karacadağ'daki en sınırlı dağılım gösteren volkanizma grubudur (şekil 2). Karacadağ'ın güneydoğusunda Ovabağ köyü civarında küçük bir alanda dağınık, birbiriyle bağlantısız lav akıntıları halinde göröülürler. Ercan ve diğerleri (1991) çalışmalarında Ovabağ grubunun üç fazda oluştuğunu (O1, O2 ve O3) belirtmişlerdir (şekil 3). İlk faz olan O1 fazında özellikle Ovabağ köyü civarındaki Kırmızı Tepe, Derik ilçesi civarında Karaburun Tepe ve Yanardağ Tepe konileri önemlidir.



Şekil 1: Araştırma Sahasının Lokasyon Haritası (Sol alttaki harita Saygılı, 2015'ten değiştirilerek hazırlanmıştır).
Figure 1: Location Map of the Research Area (The map at the bottom left has been modified from Saygılı, 2015).



Şekil 2: Karacadağ ve Yakın Çevresinin Jeoloji Haritası (MTA, 2002'den değiştirilerek hazırlanmıştır).

Figure 2: Geological Map of Karacadağ and Its Near Surroundings (Modified after MTA, 2002).

Araştırmamıza konu olan Baruttepe volkan konisi ise O2 ve O3 fazı lavları üzerinde oluşmuştur. Bunlardan O2 fazı Ovabağ grubunda en çok etkili olan faz olarak dikkat çekmektedir. Baruttepe güneyindeki Çömçeli köyünü adeta iki taraftan çevreleyen iki volkan konisi, Mazıdağı civarındaki Kırmızı Tepe ve Gümüşyuva Tepe önemli çıkış merkezleri olarak belirtilmiştir (Canpolat, 2005). Ovabağ

grubunun son fazı olan O3 fazında ise özellikle Baruttepe ve etrafındaki diğer küçük çıkış merkezleri çok önemlidir (Şekil 3).

Baruttepe konisi ve çevresinin Karacadağ'daki son volkanik aktivitenin gerçekteştiği saha olduğu ve bu aktivitenin Kuvaterner'in sonlarına doğru gerçekteştiği saptanmıştır. Sahaya yapılan arazi çalışmasında da görüldüğü üzere Baruttepe'deki lavların yeni akmış olduğu

izlenimi verdiği ve sahadaki diğer bazalt formasyonlarının da henüz deformasyona uğramadığı tespit edilmiştir. Ayrıca sahada suların oluşturduğu herhangi bir drenaj açından da bahsetmek güçtür. Ortaya konan tüm bu verilere göre Baruttepe sahasının jeomorfolojik evriminde gençlik evresinde olduğu sonucuna varılmaktadır.

Araştırma sahasının iklimik olarak tipik karasal iklim özellikleri taşıdığı görülmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlı geçer. Yıl içerisinde karasallığın etkisiyle sıcaklık eksi derecelere düşebilmektedir. Araştırma sahasının çevresindeki istasyonların (Diyarbakır, Siverek) verilerine göre yıllık yağış miktarı 467 mm ile 538 mm arasında değişmektedir (Aytaç, Çağlak, Bozdağ ve Çiftçi, 2014). Sahaya en yakın istasyon olan Ovabağ istasyonuna göre ise yıllık yağış miktarı 587 mm civarında olup söz konusu istasyonun araştırma sahasıyla aynı yükselti aralığında bulunması (1000-1100 m) yağış verilerinin araştırma sahasında da benzer sonuçlar vereceğini göstermektedir. Baruttepe'de yağışlar yüzeysel akış göstermeyip çoğunlukla yer altına sızmaktadır. Bazı lav tünellerinin tavanlarından aktif damlamalar görülmektedir. Bu durum sahaya düşen suların, lav tünelleri veya mağaralar aracılığıyla yeraltına sızdığını göstermektedir. Ayrıca sahada yeni yeni gelişmeye başlayan bir toprak oluşumu söz konusudur. Bu toprak üzerinde bitki çeşitliliği oldukça az olup meşe, ardıç, tespih ağacı ve bazı otsu bitkiler olmak üzere birkaç adet türle sınırlıdır (şekil 4).

3.3. Araştırma Sahasında Bulunan Jeomiras Unsurları

Araştırma sahası olarak seçilen Baruttepe konisi ve yakın çevresi üzerinde çeşitli bazalt jeomorfolojisi unsurlarını barındırmaktadır. Bunlar; soğuma sütunları, halat tipi ve aa tipi akıntılar, akıntı kırıklıkları, lav kemerleri, küçük lav kanalları, leçeler, küçük çaplı basınç sırtları ve lav tünelleridir (Tablo 1).

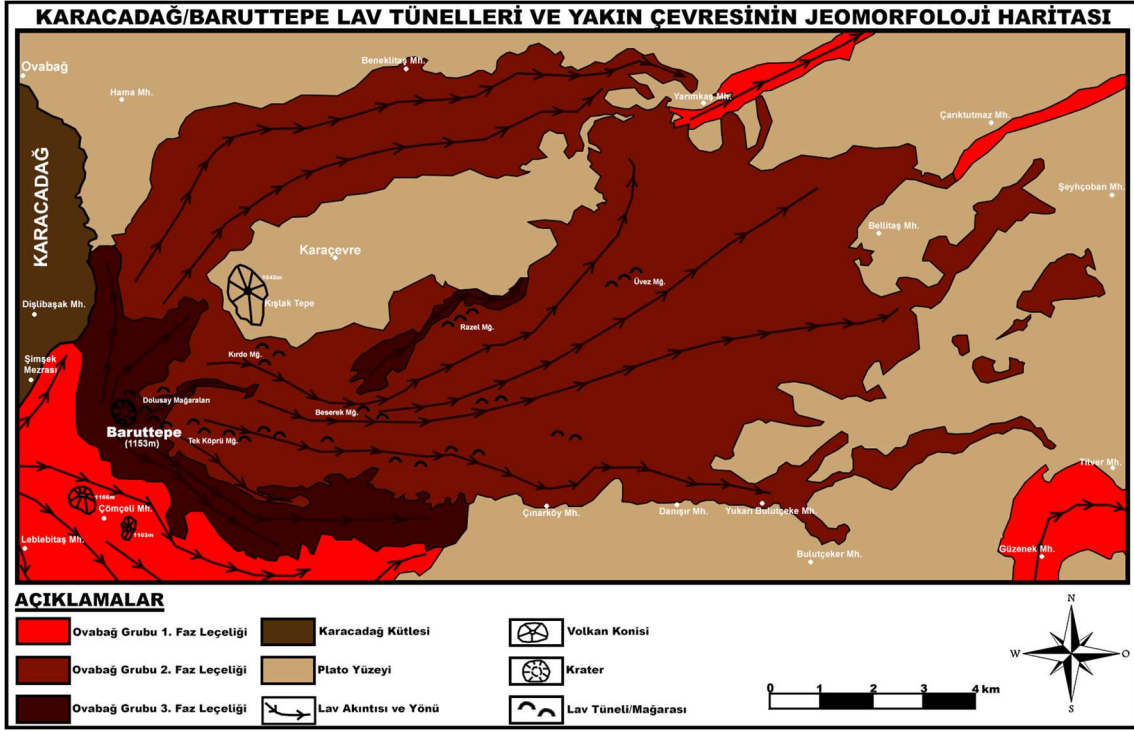
Baruttepe konisinin deniz seviyesinden yüksekliği 1153 metre olup çevresine göre nispi yüksekliği ise yaklaşık 65 metredir. Üzerinde ise çapı yaklaşık 200 metre ve derinliği ise 30 metre olan devasa bir krater bulunmaktadır (şekil 5). Bu kraterin yamaçları ortalama 30 derecelik bir eğime sahip olup lavlarını kuzeybatı yamacındaki bir oluktan çevreye yaymıştır (Canpolat, 2005). Baruttepe'den ve etrafındaki

diğer küçük çıkış merkezlerinden çıkan lavlar koninin kuzeyine, kuzeydoğusuna ve güneydoğusuna akış göstermiştir (şekil 3). Lavlar koniden ve diğer çıkış merkezlerinden çıktıktan sonra eğim yönünde daha çok doğuya akmışlardır. Kuzeyde Haramsu deresini ince bir çizgi şeklinde doldurmuş, doğuda Dicle Nehri vadisine kadar, Güneyde Beykor Tepenin kuzeyine kadar akmıştır. Yüzeyde gözlemlenen lav akıntıları çoğunlukla Aa tipi lav akıntısı (köşeli lav akıntısı) ve yer yer gözlemlenen halat tipi lav akıntısıdır (Pahoehoe lav akıntısı). İhtiva ettikleri gazları ve akıcılıklarını daha uzun süre koruyan, dermolitik katılaşma şeklinde soğuyan halat tipi lav akıntıları yüzeyde merdiven benzeri basamaklı bir şekilde akış göstermiştir (Erinç, 2001).

Lav tünelleri, lavların topoğrafyada akışları esnasında sertleşmiş üst kabuğun altında hareket eden lavların volkanik bir boşluktan akmasıyla oluşan doğal bir mağara çeşididir (Erinç, 2001). Nazik'in (2008) yapmış olduğu mağara sınıflandırmasına göre oluşumuna göre Doğal Mağaralar-Birincil Mağaralar sınıfına aittir (Nazik, 2018). Baruttepe konisi ile çevresindeki diğer küçük konilerden ve bu konilere yakın sahalarda meydana gelen açılma çatlaklarından çıkan lavlar, eğim doğrultusunda akış göstererek lav tünellerinin oluşumunu sağlamıştır. Bu durumda çıkan lav akıntılarının üst kısımları havayla temas ederek alt kısımlara göre daha hızlı soğuyup katılaşmıştır. Alt kısımlardaki lavlar ise havayla yeteri kadar temas etmediğinden akışlarına devam etmiştir ve daha geç soğumuştur. Akışlarına devam eden lavların geride bıraktıkları silindire benzer şekildeki boşluklar lav tünellerini oluşturmuştur (Kıranşan ve şengün, 2017). Ayrıca sahada lav akışının devam etmesine ve eğime bağlı olarak bazı lav tünelleri birkaç kola ayrılmıştır. Baruttepe çevresinde görülen lav tünellerinin oluşumu bu şekilde gerçekteşmiştir. Lav tünellerinin oluşumu tamamlandıktan sonra bazı tünellerin tavanları yerçekiminin ve üzerindeki ağırlığın etkisiyle çökmüştür. Tavanı çökmüş bu lav tünellerinin oluşumunda tünellerin tavan kalınlığı da önemli bir etkidir. Sahada mevcut lav tünelleri çok geniş alanlara yayılmıştır. Bu lav tünelleri özellikle Baruttepe konisinin kuzeyinden başlayıp güneydoğusuna doğru geçip sonra da doğuya yönelmektedir (şekil 6). Bu durum koninin çevresindeki tavanı

çökmüş lav tünelleri ve lav mağaralarından anlaşılmaktadır (Şekil 8). Arazide yapılan gözlemler sonucu bu lav tünellerinin büyük çoğunluğunun birbiriyle bağlantılı olduğu

anlaşılmaktadır. Fakat bu bağlantılar gerek lav tünellerinin tavanlarının çökmesiyle gerekse de lav tünelleri içerisinde kaya/blok düşmeleriyle kesilmiştir.



Şekil 3: Araştırma Sahasının Jeomorfoloji Haritası (Canpolat, 2005'ten değiştirilerek hazırlanmıştır).

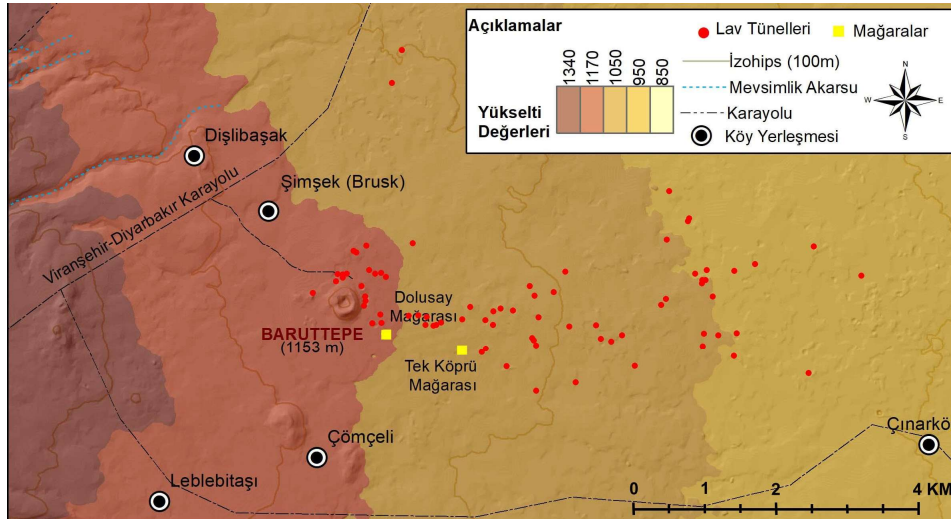
Figure 3: Geomorphology Map of the Research Area (Modified after Canpolat, 2005).

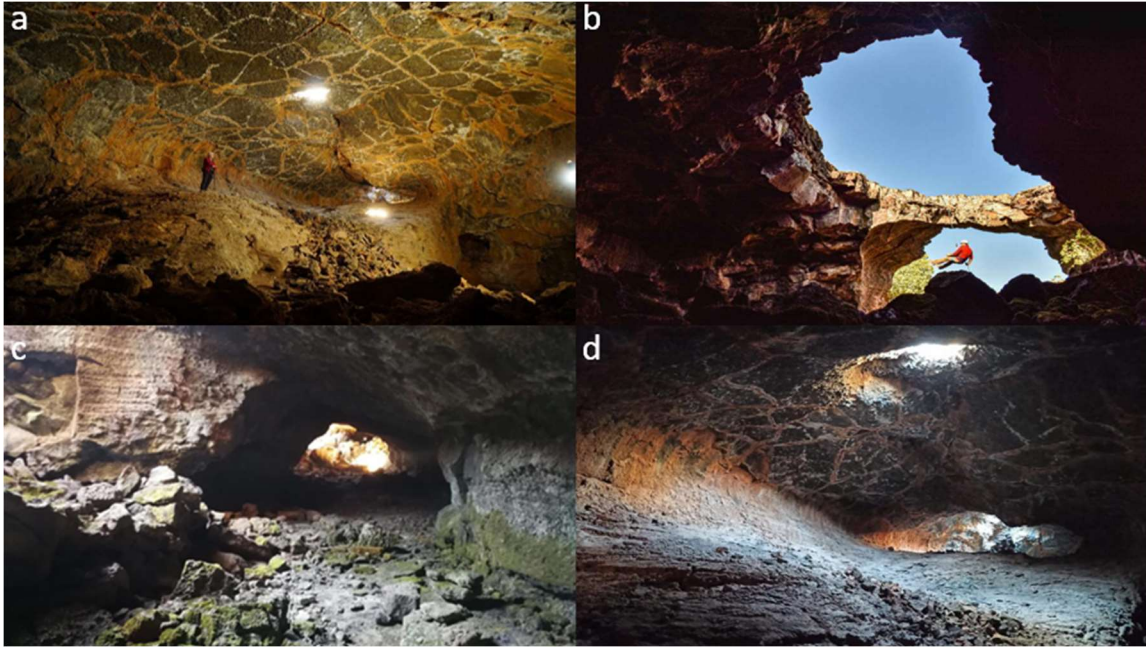


Şekil 4: Araştırma Sahasında Görülen Bazı Bitki Türleri / Figure 4: Some Plant Species Seen in the Research Area.

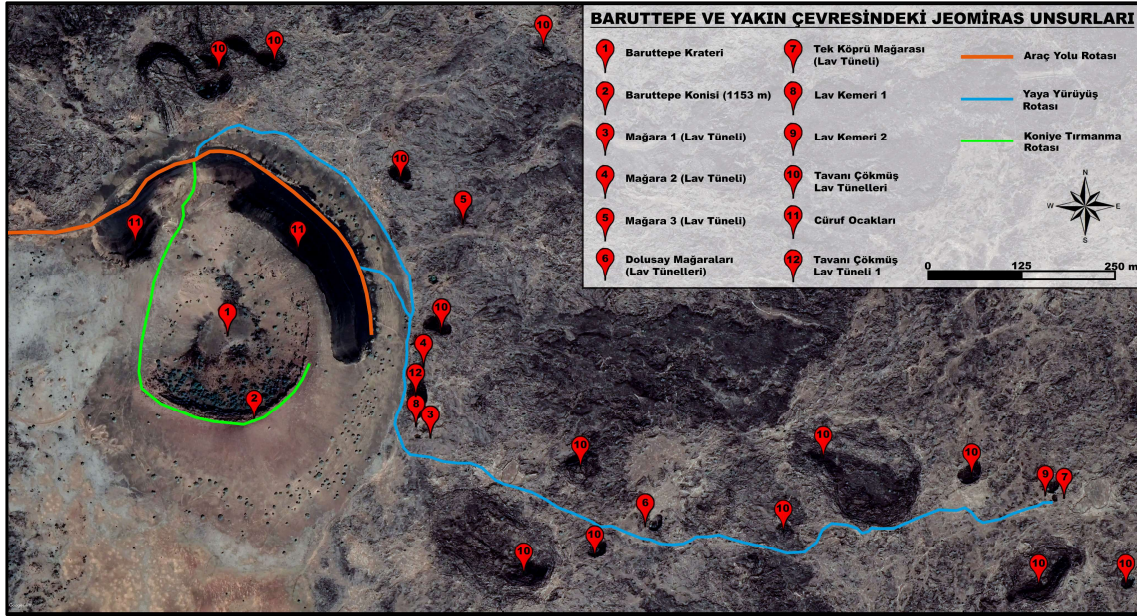
Tablo 1: Araştırma Sahasında Tespit Edilen Jeomiras Unsurları / **Chart 1:** Geoheritage Items Detected in the Research Area.

Sınıflandırma	Görülen Yapı-Şekil veya Unsurlar	Koordinat
Volkan Morfolojisi	Baruttepe Konisi ve Krateri	37°39'7.00"K, 40° 0'34.29"D
	Dolusay Mağarası	37°38'59.18"K, 40° 0'58.47"D
	Tek Köprü Mağarası	37°39'0.35"K, 40° 1'20.67"D
	Tavanı Çökmüş Lav Tünelleri	Ovabağ grubu genelinde
	Tavanı Çökmüş Lav Tüneli 1	37°39'4.82"K, 40° 0'44.89"D
	Tavanı Çökmüş Lav Tüneli 2	37°39'7.84"K, 40° 0'46.05"D
	Lav Tünelleri	Ovabağ grubu genelinde
	Lav Kanalları	Ovabağ grubu genelinde
	Pahoehoe lav akıntısı	Ovabağ grubu genelinde
	Lav Kemerleri	37°39'2.91"K, 40° 0'45.00"D
Lav Kemerleri	37°39'0.35"K, 40° 1'20.67"D	
Leçelik Arazi	Ovabağ grubu genelinde	
Mağara 1	37°39'2.91"K, 40° 0'45.00"D	
Mağara 2	37°39'6.71"K, 40° 0'44.99"D	
Mağara 3	37°39'14.20"K, 40° 0'44.50"D	

**Şekil 5:** Baruttepe Konisinin Drone Görüntüsü (Doğudan Bakış) / **Figure 5:** Baruttepe Cone Drone Image (East View).**Şekil 6:** Baruttepe Konisi ve Çevresinin Fiziki Haritası / **Figure 6:** Physical Map of Baruttepe Cone and Its Surroundings.



Şekil 7: Baruttepe Lav Tünelleri [Kaynak: a ve b (Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi, 2021), c ve d (Viranşehir'i Keşfet, 2020)] / **Figure 7:** Baruttepe Lava Tunnels [Source: a and b (Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi, 2021), c and d (Viranşehir'i Keşfet, 2020)].



Şekil 8: Baruttepe Konisi ve Yakın Çevresindeki Jeomiras Unsurları / **Figure 8:** Geoheritage Elements in Baruttepe Cone and Its Near Surroundings.

Baruttepe konisinin doğu eteklerinin bitiminde yer alan 5 adet lav tüneline girilerek mağara 1'de (Tablo 1) ölçümler alınmıştır. İncelenen lav tünelinin bir kısmı çökmüş bir kısmının da mağara şeklinde kapalı halde olduğu görülmüştür. Şerit metre ve lazer metre kullanılarak yapılan ölçümler neticesinde içerisinde inceleme yapılan lav tünelinin kapalı kısmının uzunluğu yaklaşık olarak 70 metredir ve girişteki açık kısmı ise 30 metredir. Yüksekliği yerine göre 3-6 metre arasında değişme gösteren tünelin genişliği ise ortalama 13-15 metre arasındadır. Tünelin derinliklerinde

tavandan kopan bloklar tüneli adeta ikiye ayırmıştır. Lav tüneli içerisinde blok düşmelerinden dolayı yürümek zorlu olsa dahi gerekli temel ekipmanlar ile ilerlemek mümkündür. İnceleme yapılan mağara (Mağara 1) kuzeyinde bulunan 20 metrelik mesafedeki tavanı çökmüş lav tüneli (1) ile bir lav kemeri vasıtası ile bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bu tavanı çökmüş lav tünelinin toplam uzunluğu ise 120 metredir. Ayrıca lav tünelinin tavanında ve duvarlarında su damlacıkları bulunmaktadır ve sahip olduğu parlak görüntü ile jeoturistler için özel bir görünüm sağlamaktadır (Şekil 9).



Şekil 9: Ölçüm Yapılan Mağara 1'in İç ve Dış Bölümleri / **Figure 9:** Inner and Outer Parts of Cave 1 Measured.

Sahada yapmış olduğumuz gözlemler ve yöre halkından edindiğimiz bilgilere göre sahada farklı özelliklerde yüzlerce lav tünelinin bulunduğu bilinmektedir. Uzunlukları değişkenlik gösteren bu lav tünellerinden yaklaşık 400 metreye ulaşan tüneller de bulunmaktadır. Ayrıca yöre halkından edinilen diğer bilgilere göre yürüyerek 30-40 dakika boyunca bitmeyen lav tünellerinin olduğu, bazılarının kendi içerisinde birkaç kola ayrıldığı ve bazı lav tünellerine çok fazla derin olmalarından dolayı sadece ip ve ekipmanlarla girilebildiği söylenmektedir. Araştırma sahasındaki lavlar yaklaşık 120 km²'lik bir alana yayıldığından sahadaki bütün lav tünellerinin tespiti ve tayini alanında uzman kişilerden oluşturulacak bir ekip tarafından yapılması gereken bir envanter çalışması ile ortaya konabilir (Şekil 7).

Sahada lav tünellerinin ve lav kanallarının tahrip olmasıyla çeşitli lav kemerlerine de rastlanmaktadır. Bu lav kemerlerinden en dikkat çekici olanı Baruttepe konisinin yaklaşık 900 metre doğusunda yer alan bir lav tünelinin üzerinde köprüye benzer bir şekil oluşmuştur. Oldukça ilgi çekici olan bu köprüden dolayı yöre

halkı tarafından buraya "Tek Köprü Mağarası" adı verilmiştir (Şekil 10). Tek Köprü Mağarası ile benzer oluşumu gösteren, Baruttepe konisinin doğu eteklerinde bulunan tavanı çökmüş lav tüneli 1 üzerinde de lav kemeri görülmektedir. Sahada gözlemlenen diğer volkan topografyası şekli ise lav kanallarıdır. Bu mikro şekiller açılma çatlaklarından çıkan lavın eğim doğrultusunda akması sonucu dış yüzeyin kabuklaşması, iç yüzeydeki lavın ise akışına devam etmesi sonucu oluşmaktadır. Oluşumları sebebiyle lav kanallarına, yeryüzünde oluşmuş daha küçük formdaki lav tünelleridir denebilir (Şekil 11/b) (Atasoy, 2016). Ayrıca yürümenin oldukça zorlaştığı leçelik arazi de araştırma sahasında tespiti yapılan bir diğer jeomiras unsurudur (Şekil 11/a).

Bahsedilen tüm bu doğal özellikleriyle Baruttepe konisi ve çevresi, ülkemizde ve bölgede eşine az rastlanır jeomiras unsurlarını barındırmaktadır. Özellikle çeşitli büyüklüklerde birçok lav tünelinin olduğu bu saha kendine özgü tabii güzellikleri ve ilgi çekici oluşumlarıyla önemli bir jeoturizm potansiyeli barındırmaktadır.



Şekil 10: Tek Köprü Mağarası (Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi, 2021) / **Figure 10:** Tek Köprü Cave (Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi, 2021).

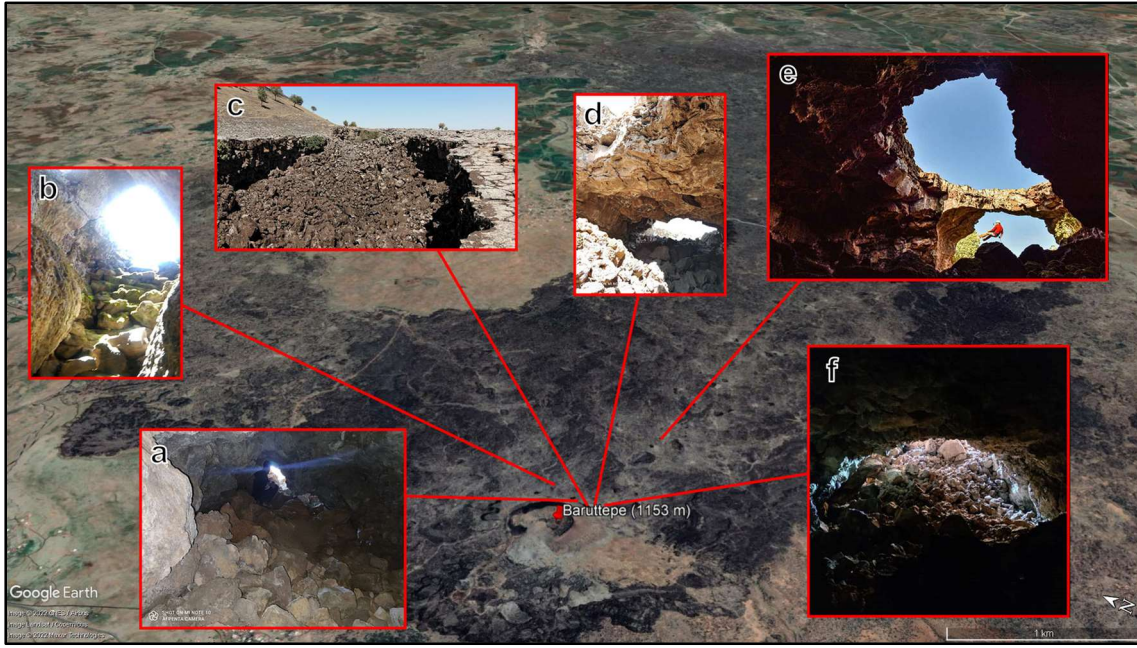


Şekil 11: Araştırma Sahasında Bulunan Leçelik Arazi (a) ve Lav Kanalı (b) / **Figure 11:** Leche Land (a) and Lava Channel (b) in the Research Area.

3.4. Araştırma Sahasının Jeoturizm Potansiyeli

Jeolojik-jeomorfolojik oluşumlar dünyada jeoturizm açısından her zaman önemli yerler olmuştur. Türkiye’de ise bu oluşumlara son yıllarda gittikçe artan bir ilginin olduğu grlmektedir. Geçmişe ait belge niteliğinde olan oluşumlar jeosit, bu oluşumlar içerisinden yok olma tehdidi altında olanlara ise jeomiras adı verilmektedir. Jeosit bilimsel bir kavramken jeomiras jeositin toplum içindeki ifadesidir (Kazancı ve Gürbüz, 2014). Araştırmamıza konu olan Baruttepe konisi ve çevresindeki mikro ve

makro ölçekte bulunan volkan topografyası Şekilleri jeomirasa verilebilecek güzel bir örnektir (Şekil 8 ve 12). Sahada jeomiras unsuru olarak piroklastik koni ve krater, çeşitli büyüklükte lav tünelleri ve tavanı çökmüş lav tünelleri, lav kanalları, halat tipi ve aa tipi lav akıntıları, lav kemerleri, küçük çaplı basınç sırtları ve leçelik arazi tespit edilmiştir. Tespiti yapılan bu jeomiras unsurları jeolojik ölçekte günümüze oldukça yakın bir dönemde oluştuklarından dolayı henüz deformasyona uğramamış ve doğal yapılarını büyük oranda korumuşlardır. Tüm bu jeomiraslar, bir bütün



Şekil 12: Baruttepe Konisi ve Çevresindeki jeomiras unsurları: Mağara 2 (a), Mağara 3 (b), Tavani Çökmüş Lav Tüneli 1 (c), Lav Kemerı (d), Tek Köprü Mağarası [e (Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi, 2021)], Mağara 1 (f). / **Figure 12:** Geoheritage Elements in Baruttepe Cone and Its Surroundings: Cave 2 (a), Cave 3 (b), Collapsed Lava Tunnel 1 (c), Lava Arch (d), Tek Köprü Cave [e (Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi, 2021)], Cave 1 (f).

olarak ele alındığında sahaya büyük bir jeoturizm potansiyeli kazandırmaktadır.

Araştırma sahası olan Baruttepe konisi ve çevresindeki oluşumlar, yer aldığı bölgede ve daha geniş perspektifte bakılırsa ülkemiz genelinde eşine az rastlanır, kendine özgü doğal volkanik şekillere sahiptir. Karacadağ volkanının lavları, Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illerinin sınırlarına yayılmıştır. Bu üç il özellikle son yıllarda artan doğa turizmi ve kültürel turizm alanındaki gelişmelerle önemli turizm merkezleri haline gelmiştir. Karacadağ volkan sistemine bağlı olan Baruttepe de bu üç şehrin oluşturduğu üçgenin merkezine yakın bir lokasyonda bulunmaktadır. Mezopotamya'nın Altın Üçgeni olarak adlandırılan (Karacadağ Kalkınma Ajansı, 2021) bu sahanın merkezinde yer alan araştırma sahası jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri ile önemli bir jeoturizm merkezi olma adaydır. Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illerindeki kalkınma ajanslarının ortak çalışmalarıyla sahanın jeopark olarak tescil edilmesi için girişimlerde bulunulmuştur. Bu konuda Diyarbakır il merkezindeki Karacadağ Kalkınma Ajansı'ndan yetkililerle yapılan görüşmelerden edinilen bilgilere göre; sahada gereken jeomorfolojik çalışmaların tamamlandığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü bünyesinde devam eden bir çalışmanın olduğu, bu çalışmalar sonucunda

sahada bir fizibilite çalışmasının yapılacağı belirtilmiştir. Halihazırda sahanın projelendirilmiş bir jeopark alanı olarak tescili için yetkili kurumlara başvurulacaktır. Yapılan bu başvurunun kabul edilerek sahanın jeopark olarak tescili halinde buranın en önemli jeositlerini, en genç ve en belirgin oluşumlara sahip olan Baruttepe konisi ve yakın çevresindeki şekiller oluşturacaktır. Ayrıca projelendirilecek bu jeoparkın UNESCO Küresel Jeoparklar Ağı'na dahil olabilmesi için UNESCO Türkiye Milli Komisyonuna mektup yoluyla burada bir jeopark çalışmasının yapıldığı da bildirilmiştir.

Sahanın bölge halkı tarafından ve ulusal düzeyde bilinirliğinin artırılması amacıyla Diyarbakır Valiliği ve Büyükşehir Belediyesi tarafından 24 Ekim 2021 tarihinde Baruttepe'ye "Lav Yolu Bisiklet Turu" isimli bir etkinlik düzenlenmiştir. Bölge halkı ile beraber yurt içi ve dışından da birçok profesyonel ve amatör bisikletçi Baruttepe'ye doğru pedal çevirmiştir. Sonrasında yerel yöneticilerin de katılımıyla lav tünelleri ve arazi gezilmiş olup tünelin içerisinde bir basın toplantısı düzenlenmiştir. Düzenlenen basın toplantısında sahanın jeopark başvurusuyla ilgili bilgiler verilmiştir. Baruttepe'ye yapılan bu etkinlik sahanın yerel ve ulusal alanda tanıtımı için son derece önemli bir gelişme olarak değerlendirilebilir. Nitekim

mevcut haliyle saha, yöre halkı dışında çok az kişi tarafından bilinmektedir ve çok fazla turistin de ziyaret ettiği söylenemez. Yetkili kişiler ve kurumlar tarafından gerekli adımlar atılarak sahaya daha çok turist gelmesi sağlanabilir. Bunun sağlanabilmesi için öncelikle etkili bir tanıtımın yapılması sahanın ulusal ve uluslararası düzeyde bilinirliği arttırılmalıdır.

Karacadağ ve evresinin UNESCO Küresel Jeopark Ağına dhil olabilmesi için gerekli ölçütlerin yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu ltleri řu şekilde sıralayabiliriz; büyüklük ve yerleşme, yönetim ve yerel yatırım, yerel ekonominin gelişmesi, eğitim, koruma ve doğal kaynakların korunması (Akbulut ve nsal, 2012; Siler ve şengün, 2022). Ayrıca sahaya jeopark niteliği kazandırmak ve jeoturizm faaliyetlerini sağlayabilmek için kamu kurumları, niversiteler, yerel girişimciler, sivil örgütler ve yöre halkı tarafından destek sağlanmalıdır. Bu durumda yüksek potansiyel barındıran araştırma sahası gerekli ölçütler çerçevesinde planlanacak ve koruma altına alınacaktır. Ancak şunu da belirtmek gerekir ki jeoturizmin gerçekleşmesi için zorunlu bir şekilde jeoparka ihtiyaç yoktur. Bünyesinde dünyanın geçmişine ışık tutan bir jeomiras barındıran her sahada jeoturizm faaliyeti yapılmaktadır. Ancak jeoturizmin daha bilinçli, jeomiraslara zarar vermeden, koruma anlayışı içerisinde yapılabilmesi için jeoparklar önem taşımaktadır.

Bir yerde jeoturizm faaliyetlerinin gerçekleşebilmesi için o yere erişimin kolay olması diğer bir deyişle ulaşım şartlarının elverişli olması büyük önem arz eder. Baruttepe konisi araçla herkesin kolaylıkla erişebileceği bir konuma sahiptir. Sahaya ulaşım Diyarbakır-Viranşehir karayolu üzerinden sağlanmaktadır. Bu karayolu 2022 yılı itibariyle çift yönlü olup tek şeritlidir. Karayolunun yaklaşık 3 km yakınında yer alan Baruttepe'ye şimşek mezrasının içinden geçen toprak yoldan gidilmektedir. Sahanın genel olarak ulaşım açısından elverişli şartlara sahip olmasının yanı sıra geliştirilmesi gereken yönleri de vardır.

Sahada arazi çalışması ve jeoturizm faaliyetleri yapılırken birtakım sınırlılıklar ile karşılaşılabilmektedir. Yine sahanın oldukça genç olması birçok lav tünelinin tavanının çökmesine ve diğer lav tünellerinin de çökme potansiyeli taşımaya neden olmaktadır. Lav tünellerinde tavandan düşüp tam olarak sabit durmayan kaya parçaları da tünellerin içerisinde risk oluşturmaktadır. Özellikle kiş aylarında vahşi hayvanlar için doğal bir sığınak işlevi görmesi nedeniyle bu lav tünellerine girilirken dikkatli ve tedbirli olunmalıdır. Sayılan tüm bu nedenlerle sahada çeşitli güvenlik problemleri oluşabilmektedir. Bu güvenlik problemlerinden minimum düzeyde etkilenmek için saha gezilirken gerekli ekipmanlar bulundurulmalıdır ve güvenlik önlemleri alınmış jeositler içerisinde faaliyetler gerçekleştirilmelidir.



şekil 13: Baruttepe Konisinin Kuzeydoğusundaki Cüruf Ocağı / **Figure 13:** The Scoria Quarry to the Northeast of the Baruttepe Cone.

Mümkünse saha ile ilgili bilgi ve donanıma sahip bir rehber eşliğinde sahanın dolaşılması daha sağlıklı ve verimli olacaktır. Ayrıca sahada yapılan arazi çalışmasında Baruttepe konisinin kuzeydoğu ve kuzeybatısından önemli miktarda cüruf çıkarıldığı görülmüştür (Şekil 13). Yaklaşık bir yıldan fazla süredir cüruf çıkarma işleminin durduğu ancak öncesinde çıkarılan malzemelerin koninin genel görünümüne ve doğallığına büyük zararlar verdiği apaçık ortadadır. Koniden cüruf alınması işlemlerinin durmuş olması olumlu bir gelişme olarak değerlendirilse de öncesinde verilen izinler sonucu ortaya çıkan tahribat jeomirasların yeterince korunmadığını kanıtlar niteliktedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak araştırma sahasında yapılan arazi gezi-gözlem çalışmaları neticesinde jeomiras değeri taşıyan jeositler tespit edilmiştir. Tespit edilen bu jeomiras unsurlarının koordinatları verilerek uydu görüntüsünde (Şekil 8) numaralandırılmış ve çeşitli ölçümler alınmıştır. Araştırma sahasının jeolojik geçmişi ve jeolojik özellikleri ile bünyesinde barındırdığı çeşitli büyüklükteki volkan topografyası şekillerinin oluşum ve gelişimleri izah edilerek jeoturizm açısından potansiyelleri değerlendirilmiştir. Bu şekillerin ender görülmeleri ve bilimsel değere sahip olmaları jeomiras ve jeoturizm potansiyellerini arttırmıştır. Mevcut jeoturizm potansiyelini doğru değerlendirmek ve jeomiraslarda doğru bir koruma - kullanma anlayışı oluşturmak için yapılması gerekenler iyi ve profesyonel bir planlama ile hayata geçirilmelidir.

Saha jeoturizme açılmadan önce bu konuda uzman kişilerce bir bilimsel araştırmaya tabi tutulup detaylı bir rapor hazırlanmalıdır. Çıkacak rapora göre bir fizibilite çalışması gerçekleştirilmelidir. Yapılacak fizibilite çalışması sonucuna göre Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulunca da onaylanacak bir Uygulama Projesi hazırlanarak Baruttepe konisi ve çevresinin jeoturizme açılması için gerekli çalışmalar başlatılmalıdır. Ulaşım (araç yolu, yürüyüş yolu, parkur vs.), tabela ve bilgilendirme yazıları, mimari (otopark, kafeterya, wc vs.) lav tünelleri içi aydınlatma ve merdivenler, koruma ve çevre

düzenlemelerinden oluşan bu proje; alanında tecrübeli ve uzmanlaşmış gruplarca yapılmalıdır. Ayrıca sahaya daha fazla turist çekmek için saha içerisinde ahşap yürüyüş yolları, bisiklet parkurları, toplu bisiklet turları, trekking etkinlikleri, koniye ve kratere tırmanış alanları, kamp alanları gibi farklı aktiviteler için imkânlar sağlanmalıdır.

Bu çalışma ile araştırma sahasının oluşumu, jeomiras unsurları ve jeoturizm potansiyeli genel olarak ele alınmış olup yapılacak olan diğer çalışmalarda araştırma sahasındaki jeolojik - jeomorfolojik oluşumlar tek tek daha detaylı bir şekilde incelenmeli ve literatüre kazandırılmalıdır.

5. KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Araştırmamıza özellikle drone çekimleriyle vermiş olduğu katkılarından ve esirgemediği desteklerinden dolayı Yüksek Lisans öğrencisi Muhammed KOCAOĞLU'na teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Akbulut, G. ve Ünsal, Ö. (2012). Levent Vadisi'nin (Malatya) Jeopark ve Jeoturizm Potansiyeli. I.Ulusal Coğrafya Sempozyumu içinde (ss. 535–546). Erzurum. Erişim adresi: https://www.academia.edu/37077290/LEVENT_VADISI_VE_JEOPARK_VE_JEOTURIZM_POTANSİYELİ_MALATYA
- Altınay Özdemir, M. ve Kızıllırmak, İ. (2019). Jeolojik Miras Alanlarının Jeoturizm Açısından İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 12(63), 948–956. doi: 10.17719/jjsr.2019.3288
- Atasoy, A. (2016). Hassa (Hatay) Bazalt Platoları'nda Öne Çıkan Tipik Volkanik Şekiller ile Lav Akıntısı Yapıları. Turkish Studies International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic, 11(2), 85–112. doi: 10.7827/TurkishStudies.8971
- Aytaç, A. S. ve Bozdağ, E. (2015). Nemrut Dağı Milli Parkı ve Çevresinin (Adıyaman) Jeopark Potansiyelinin Belirlenmesi. International Science and Technology Conference içinde (ss. 366–379). St. Petersburg. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/290376540>

- Aytaç, A. S., Bozdağ, E. ve Şahap, A. (2015). Nemrut Dağı Milli Parkı'nda (Adıyaman) Jeolojik Miras Açısından Öne Sahip Bir Rota (Jeoyol 1). Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi içinde (ss. 587–594). Ankara: Gazi Üniversitesi. Erişim adresi: https://www.academia.edu/20217793/Nemrut_Dağı_Milli_Parkı%27nda_Adıyaman_Jeolojik_Miras_Açısından_Öne_Sahip_Bir_Rota_Jeoyol_1_A_Newly_Discovered_Geoway_Significant_for_the_Geological_Heritage_of_the_Nemrut_Mount_Natural_Park_Geoway_1
- Aytaç, A. S., Çağlak, S., Bozdağ, E. ve Çiftçi, C. (2014). Karacadağ'da (Şanlıurfa-Diyarbakır) Kış Turizmi Potansiyelini Belirleyen Fiziki Coğrafya Etmenleri. *Turkish Studies*, 9(5), 293–305. doi: 10.7827/TurkishStudies.6915
- Aytaç, A. S. ve Bozdağ, E. (2017). Nemrut Dağı ve Çevresinin Potansiyel Jeomiras Alanları. İstanbul. Kriter Yayınevi.
- Aytaç, A. S. ve Demir, T. (2019). Kula UNESCO Global Jeoparkı'nda Yerbilimleri ve Jeomiras Açısından Uluslararası Öne Sahip Üç Yeni Jeosit Önerisi. *Mediterranean Journal of Humanities*, 125–140. doi: 10.13114/MJH.2019.480
- Aytaç, A. S., Demir, T., Maddy, D. ve Bridgland, D. (2022). The Kula–Salihli UNESCO Geopark: Spectacular records of Quaternary volcanism, fluvial and landscape evolution and Quaternary environmental change. *Proceedings of the Geologists' Association* içinde (ss. 1–16). doi: 10.1016/j.pgeola.2022.06.008
- Bakırcı, E. ve Soykan, A. (2021). Milenyum Sonrası UNESCO Dünya Küresel Jeoparklar Ağı ve Türkiye'nin Jeoparklardaki Durumu. *Global Challenges–Scientific Solutions III*, 121–129. Erişim adresi: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45776511>
- Canpolat, E. (2005). Karacadağ (Diyarbakır) Volkanı Jeomorfoloji (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Çiftçi, Y. ve Güngör, Y. (2021). Nemrut - Süphan öneri jeopark alanında (Bitlis - Türkiye) doğal ve kültürel miras bütünleşmesi ile jeokoruma önerileri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 165, 191–215. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/354022786_Nemrut_Suphan_öneri_jeopark_alanında_Bitlis_-_Türkiye_dogal_ve_kulturel_miras_bütünleşmesi_ile_jeokoruma_önerileri
- Demir, T. ve Aytaç, A. S. (2018). Kula UNESCO Global Jeoparkı: Türkiye'nin UNESCO Tescilli İlk ve Tek Global Jeoparkı. *TÜCAUM* 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu içinde (ss. 1238–1243). Erişim adresi: http://tucaum.ankara.edu.tr/wpcontent/uploads/sites/280/2018/12/30.Y%C4%B1l.TamMetin93Tuncer-DEM%C4%B0R_Ahmet-Serdar-AYTA%C3%872.pdf
- Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi. (2021). Karacadağ'a "Kerem ke". Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi. Erişim adresi: <https://www.diyarbakir.bel.tr/haberler/4499-buyuksehir-belediyesi-nden-300-minibuse-denetim.html#!prettyPhoto>
- Dowling, R. (2013). Global Geotourism- An Emerging Form of Sustainable Tourism. *Czech Journal of Tourism*, 2(2), 59–79. doi: 10.2478/cjot-2013-0004
- Emekli, G. (2006). Coğrafya, Kültür ve Turizm: Kültürel Turizm. *Ege Coğrafya Dergisi*, 15, 51–59. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ece/issue/4877/66925>
- Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, J. I., Notsu, K., Tokel, S. ve Ui, T. (1990). Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner Volkanitlerine İlişkin Yeni Jeokimyasal, Radyometrik ve İzotopik Verilerin Yorumu. *MTA Dergisi*, 143–164. Erişim adresi: <https://dergi.mta.gov.tr/article/show/454>
- Ercan, T., Şaroğlu, F., Matsuda, J., Notsu, K., Tokel, S. ve Tadahide U. (1991). Karacadağ Volkanitlerinin Jeolojisi ve Petrolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, (6), 118–133. Erişim adresi: <https://eurekamag.com/research/019/264/019264148.php>
- Eriş, S. (2001). Jeomorfoloji II (Güncelleştirilmiş 3. Basım). İstanbul: Der Yayınları.
- Explorer, E. (2014). SRTM1N37E040V3. Erişim adresi: <https://earthexplorer.usgs.gov>
- Haksal, A. (1981). Petrographie und Geochemie des Schildvulkans Karacadağ. Hamburg University.
- Hose, T. A. (1995). Selling the Story of Britain's Stone. *Environmental Interpretation*, 10(2), 16–17. doi: 10.4236/jep.2014.512106
- Hose, T. A. (2012). Editorial: Geotourism and Geoconservation. *Geoheritage* 4, 1-5. doi: 10.1007/s12371-012-0059-z
- Karacadağ Kalkınma Ajansı. (2021). Karacadağ Jeopark UNESCO Yolunda. Erişim adresi: <https://www.karacadag.gov.tr/haber/11988/karacadag-jeopark-unesco-yolunda/>
- Karadeniz, E., Er, S., Boyraz, Z. ve Coşkun, S. (2022). Evaluation of Potential Geotourism of Levent Valley and Its Surroundings Using GIS Route Analysis. *Geoheritage*, 14(77), 1–20. doi: 10.1007/s12371-022-00710-y
- Kavak, O. (2013). Diyarbakır ve Çevresinde Yer Alan Karacadağ Volkanitinin Genel Özellikleri. Karacadağ içinde (ss. 361–372). Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/293476956_Diyarbakir_Ve_Cevresinde_Yer_Alan_Karacadag_Volkanitinin_Genel_Ozellikleri

- Kazancı, N. (2007). Milli Parklarda Jeolojik Miras 1, Soğuksu Milli Parkı (Kızılcahamam-Ankara). Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu, 66.
- Kazancı, N. ve Gürbüz, A. (2014). Jeolojik Miras Nitelikli Türkiye Doğal Taşları. Türkiye Jeoloji Bülteni, 57(1), 19–44. doi: 10.25288/tjb.298752
- Kazancı, N. ve Suludere, Y. (2020). Kapadokya'nın Litolojik Yapısı ve Sınırları, Türkiye. Türkiye Jeoloji Bülteni, 63(3), 373–380. doi: 10.25288/tjb.695327
- Keskin, M., Chugaev, A. V., Lebedev, V. A., Sharkov, E. V., Oyan, V. ve Kavak, O. (2012). The Geochronology and Origin of Mmantle Sources for Late Cenozoic Intraplate Volcanism in the Frontal Part of the Arabian Plate in the Karacadağ Neovolcanic Area of Turkey. Part 1. The Results of Isotope-Geochronological Studies. Journal of Volcanology and Seismology, 6(6), 352–360. doi: 10.1134/S0742046312060036
- Kırańşan, K. ve Şengün, M. T. (2017). Karahasan Lav Tüneli'nde (Muş-Malzgirt) Buz Oluşumları. Journal of World of Turks/Zeitschrift für die Welt der Türken, 9(2), 165–181. Eriřim adresi: <https://diwelttertuerken.org/admin/files/issues/957-3959-1-PB.pdf>
- Koçan, N. (2012). Ekoturizm ve Sürdürülebilir Kalkınma: Kızılcahamam-Çamlıdere (Ankara) Jeopark ve Jeoturizm Projesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 3(2), 69–82. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/207004>
- MTA. (2002). Türkiye Jeoloji Haritası, 1/500.000'lik Diyarbakır Paftası. MTA. Erişim adresi: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/DIYARBAKIR.pdf>
- Nazik, L. (2008). Mağaraların Araştırılma, Koruma ve Kullanım İlkeleri. Ankara: MTA Yayını, Yerbilimleri ve Kültür Serisi.
- Nazik, L. (2018). Yeraltı Karanlıklar Dünyasının Gizemli Oluşumları: Mağaralar. Mavi Gezegen Popüler Yerbilim Dergisi, 24, 20–36. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/profile/Luetfi-Nazik/publication/327039225_Yeraltı_Karanliklar_Dunyasinin_Gizemli_Olusumlari_Magaralar/links/5b7418c145851546c907f237/Yeraltı-Karanliklar-Duenyasinin-Gizemli-Olusumlari-Magaralar.pdf
- Ólafsdóttir, R., & Tverijonaite, E. (2018). Geotourism: A Systematic Literature Review. Geosciences 8(7), 2-16. doi: 10.3390/geosciences8070234
- Saygılı, R. (2015). Türkiye Fiziki Bölge Haritaları. <http://cografyaharita.com>. Erişim adresi: http://cografyaharita.com/haritalarim/4mguneydogu_anadolu_bolgesi_fiziki_haritasi2.png
- Siler, M. ve Şengün, M. T. (2022). Karaleylek ve Saklıkapı Kanyonu'nun (Elazığ) Jeopark Potansiyeli. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 32(2), 409–426. doi: 10.18069/firatsbed.1054801
- Sür, Ö. (1994). Türkiye'de Volkanizma ve Volkanik Yerşekilleri. Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Dergisi, 3, 29–52. Erişim adresi: http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/tucaum3_2.pdf
- Şengün, M. T., Kılıçarslan, M. ve Göktaş, Y. (2022). Bırkleyn Mağaraları (Diyarbakır) ve Turizm Potansiyeli. Mavi Atlas, 10(1), 219-234. doi: 10.18795/gumusmaviatlas.1084872
- Turoğlu, H. (2020). Karasu Grabeni (Hatay, Türkiye) Bazalt Morfolojisinde Volkanik Jeomorfofit Değerlendirmesi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, (4), 62-80. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jader/issue/53577/712413>
- Viranşehir'i Keşfet. (2020). Viranşehir-Diyarbakır Arası/Karacadağ Krateri ve Lav Mağaraları. Facebook. Erişim adresi: https://www.facebook.com/KesfetV/posts/855785218528709/?paipv=0&eav=AfYYiPeTcyuT9VrTHpD7eWvm13y8vEHe7my41BUhBlphrWsQrP7Z_ByTNgnlD4aZfHc&_rdr
- Vural, A. ve Külekçi, G. (2021). Zenginleştirilmiş Jeoturizm Güzergahı: Gümüşhane-Bahçecik Köyü. Euroasia Journal of Mathematics Engineering Natural and Medical Sciences, 8(19), 1–23. doi: 10.38065/euroasiaorg.894
- Yakupoğlu, T. ve Selçuk, G. Ö. (2020). Nemrut Kalderası'nın (Bitlis/TÜRKİYE) Jeopark Potansiyeli. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 25(1), 1–12. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1080209>
- Yetiş, Ş. A. (2022). Kapadokya Bölgesinin Jeoturizm Açısından Mevcut Durumunun Belirlenmesi. Journal of Gastronomy, Hospitality and Travel, 5(2), 702–709. doi: 10.33083/joghat.2022.162
- Yıldırım, A. ve Karadoğan, S. (2010). Derik (Mardin) Güneyinde Korunması Gereken Jeolojik-Jeomorfolojik Bir Doğal Miras: Kuşçu Krateri. Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi, 14, 119–133. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/787100>