

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

GÜNEYAYLA (BURDUR) ÇEVRESİNDE GENÇ KARSTİK ŞEKİLLERİN (DOLİN VE UVALALARIN) MORFOMETRİK ÖZELLİKLERİ

Morphometric features of young karst formations (dolines and uvalas) around Güneyyayla (Burdur)

Pakize YUKA SANCAR^a, Kadir TUNCER^b, Osman SEVEN^c

^a Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Burdur, TÜRKİYE
pakize.yuka@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8902-5938>

^b Sorumlu Yazar / Corresponding Author

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

^c Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Burdur, TÜRKİYE
osvn.ehys@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-5410-3529>

Makale Tarihçesi

Geliş 30 Haziran 2025

Kabul 11 Eylül 2025

Article History

Received 30 June 2025

Accepted 11 September 2025

Anahtar Kelimeler

Karst Jeomorfolojisi, Dolin,
 Dolin Morfometrisi, Uvala,
 Morfometrik Analiz

Keywords

Karst Geomorphology, Doline,
 Doline Morphometry, Uvala,
 Morphometric Analysis

Atıf Bilgisi / Citation Info

Yuka Sancar, P., Tuncer, K. & Seven, O. (2025) Güneyyayla (Burdur) Çevresinde Genç Karstik Şekillerin (Dolin ve Uvalaların) Morfometrik Özellikleri / Morphometric features of young karst formations (dolines and uvalas) around Güneyyayla (Burdur), Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2025 (15): 73-99.

doi: 10.46453/jader.1731079

ÖZET

Türkiye'nin en iştişamlı yüzey ve derinlik karstına sahip kesimi Toros Dağları karst kuşağıdır. Bu kuşak üzerinde çok sayıda ve değişik boyutlarda dolin bulunmaktadır. Çalışma alanı da bu kuşağın, Batı Toros karst alanı içerisinde kalmaktadır. Güneyyayla (Burdur) çevresinde karstik Őekillerden en yaygın olarak dolinler ve uvalalar görölmektedir. Çalışmanın sahasını yüzey karstı açısından incelemek, sahanın karstik gelişimini açıklamak, dolinlerin alansal dağılımı ve morfometrik özelliklerinin belirlenmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır. 66,40 km²lik alana sahip olan sahada 1/25000 ölçekli topoğrafya haritaları ve arazi çalışmalarında 771 dolin ve 21 uvala bulunmuştur. Sahada belirlenen dolin ve uvalalar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılan poligonlar sonucunda her Őeklin merkez nokta değerleri, yükseklik (m), uzun eksen ve kısa eksen uzunlukları (m), alan (m²), uzun/kısa eksen oranı (uzama oranı), çevre uzunluğu (m), dairesellik indisi, uzun eksen çizgisinin kuzey ile yapmış olduğu açı (°) hesaplanmış ve haritalandırılmıştır. Yapılan haritalama çalışmalarına göre dolinler 1201-1950 metreler arasında dağılış göstermektedir. Maksimum yoğunluğun 163 adete ulaştığı kütlede dolinlerin %21,1'si 1401-1450 metreler arasında bulunmaktadır. 1351-1600 metreler arasında toplamda 611 dolin yer almaktadır. Kernel Yöntemiyle yapılan dolin yoğunluğu sınıflamasına göre düşük dolin yoğunluğuna sahip alanlar %41,1 km² iken orta yoğunluktaki alanlar 20,7 km²lik alan kaplamaktadır. Yüksek ve çok yüksek dolin yoğunluğuna sahip alanlar ise 4 km²lik alan kaplamaktadır. Dolinlerin uzama oranında ortalama değeri 2,29'dur. Uzama oranı sınıflamasına göre dolinlerin %8,8'i dairesel, %8,2'si Yarı dairesel, %53'ü yarı eliptik, %30'u uzamış Şekillere sahiptir. Çalışma alanındaki dolinlerin çukurlaşma oranı 21,7 iken dolin alan oranı 0,04 olarak hesaplanmıştır. Dolin alanlarının ortalama değeri 3965,6 m² ve çevre uzunluklarının ortalama değeri 231,6 m iken çevre uzunlukları 18,9-2162,2 m arasında değişmektedir. Dolinlerin dairesellik indisi değerinin ortalaması 1,82'dir. Dolinlerin uzun eksen yönelimlerinde ise hâkim doğrultu KD-GB'dir. Sahadaki uvalaların kapladığı alan 1,18 km²dir. Uvalaların %76'sı 1351-1500 metreler arasında bulunurken %23,8'i 1501-1650 metreler arasında dağılış göstermektedir. Uvalaların uzama oranları ise 1,37 ile 3,77 arasındadır. Bunların %52,4'ü yarı eliptik Şekle sahiptir. Uvalaların dairesellik indis değerleri 1,88 ile 10,33 arasında değişmektedir. Uvalaların %38,1 biçimsiz ve %33,3 girintili-çukuntulu formlara sahiptir. Dolin ve uvalalar üzerinde elde edilen tüm bu verilere göre çalışma sahası tektonik hareketlerin etkisinde fazlasıyla kalmış, bunların Şekilsel formları bozulmuş ve uzamıştır.

ABSTRACT

The Taurus Mountains karst belt has the most spectacular surface and depth karst in Turkey. There are many dolines of different sizes on this belt. The study area is within the Western Taurus karst area of this belt. Dolines and uvalas are the most common karst formations around Güneyyayla (Burdur). The aim of the study is to examine the study area in terms of surface karst, to explain the karstic development of the area, to determine the areal distribution and morphometric characteristics of the dolines. 771 dolines and 21 uvalas were found in the site, which has an area of 66.40 km², in 1/25000 scale topography maps and field studies. The dolines and uvalas identified in the field were digitized using Geographic Information Systems (GIS). As a result of the digitized polygons, the center point values of

each shape, height (m), long and short axis lengths (m), area (m²), long/short axis ratio (elongation ratio), perimeter (m), circularity index, and the angle between the long axis line and the north (°) were calculated and mapped. According to the mapping studies, dolines are distributed between 1201-1950 meters. In the mass where the maximum density reaches 163, 21.1% of the dolines are located between 1401-1450 meters. There are a total of 611 dolines between 1351-1600 meters. According to the doline density classification made with the Kernel Method, areas with low doline density are 41.1% km², while areas with medium density cover an area of 20.7 km². Areas with high and very high doline density cover an area of 4 km². The average value of the elongation ratio of dolines is 2.29. According to the elongation ratio classification, 8.8% of the dolines are circular, 8.2% are semicircular, 53% are semielliptical, and 30% are elongated. While the depression ratio of the dolines in the study area is 21.7, the doline area ratio is calculated as 0.04. The average value of the doline areas is 3965.6 m² and the average value of the perimeter lengths is 231.6 m, while the perimeter lengths vary between 18.9-2162.2 meters. The mean value of the circularity index of the dolines is 1.82. The dominant direction in the long axis orientation of the dolines is NE-SW. The area covered by the uvalas in the field is 1.18 km². While 76% of the uvalas are located between 1351-1500 meters, 23.8% are distributed between 1501-1650 meters. The elongation ratios of uvalas are between 1.37 and 3.77. 52.4% of them have a semi-elliptical shape. The circularity index values of uvalas vary between 1.88 and 10.33. 38.1% of uvalas have irregular forms and 33.3% have indented-protruding forms. According to all these data obtained on dolines and uvalas, the study area was greatly affected by tectonic movements, and their formal forms were distorted and elongated.

© 2025 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Karstic areas refer to regions with lithological characteristics (especially carbonate and evaporitic rocks) that are prone to dissolution. These areas are more common in the Northern Hemisphere and cover approximately 20% of the Earth's surface. In Türkiye, karstic areas account for about 40% of the surface area, and this figure reaches up to 65% when subsurface karst is included. The study area is located within the "Western Taurus Karst Region" which is the part of "Taurus Mountains Karst Region" in Türkiye. As a result of karstification, surface landforms such as lapies, dolines, uvalas, and poljes, and subsurface features such as sinkholes, ponors, and caves, are formed. While surface landforms are widespread, subsurface and transitional karst forms are limited in occurrence. These features are important for understanding the geomorphological and tectonic structure of the region. In the formation of dolines, tectonic factors (particularly fracture systems) are influential, and morphometric analyses help identify these structures. These analyses are carried out through field studies and the use of Geographic Information Systems (GIS).

Methods and Materials

This study aims to identify the morphological, geological, and tectonic parameters that influence the formation and development of karstic landforms in the Güneyyayla Basin; to reveal the geomorphological evolution of the

region; and to analyze the spatial distribution characteristics of karstic depressions (particularly dolines). Within the scope of the research, 1/25.000 and 1/100.000 scale geological maps obtained from the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) were digitized and analyzed in a Geographic Information Systems (GIS) environment. In addition, surface karstic landforms were identified by using topographic maps and satellite images. A total of 771 dolines and 21 uvalas were identified in the study area and digitized as polygons in the GIS environment. In the morphometric analysis of dolines and uvalas, parameters such as long and short axis lengths, elongation ratio, circularity index values, area, perimeter, and the angle between the long axis and north were used. For the density analysis of dolines, the Kernel density method was applied, and the results were evaluated based on the classification by Faivre and Pahernik (2007). Using the elongation ratio and circularity index values, the geometric characteristics of dolines were determined and categorized into various classes ranging from "circular" to "elongated." In addition, doline elevations were determined using a digital elevation model (DEM) and a histogram of the area was created. To document the surface morphology, field imaging was conducted using a DJI Phantom 4 drone. The data obtained provide important insights into the regional distribution, development process, and tectonic control of karst morphology.

Findings

In the study area, 771 dolines and 21 uvalas were identified. The elevation range of the dolines varies between 1201 and 1950 meters. The highest doline distribution was observed between 1351 and 1600 meters, and a total of 611 dolines (79.2%) are located in this elevation band. The highest number of dolines (21.1%) was found in the 1401–1450 meter range, while the lowest number was identified in the 1901–1950 meter range (3 dolines). The elevations of the uvalas in the area are distributed between 1351 and 1650 meters. Doline density analysis was carried out using the Kernel density method. The obtained density values were evaluated according to the classification by Faivre and Pahernik (2007), and the study area was divided into four density classes: low, medium, high, and very high density. The elongation ratios of the dolines were evaluated according to the classification by Basso et al. (2013). It is observed that most of the dolines are in elliptical and elongated form, while the uvalas have elongated shapes. In terms of circularity index, 48.5% of the dolines fall between 1.5 and 3, and these dolines are considered as completely elongated and irregular shapes. Among the uvalas, 8 are classified as irregular, 7 as those with many indentations and long intrusions, and 6 as those with very many indentations and long length. In order to determine the relationship between the dolines and slope conditions in the study area, a slope map was created using 1/25.000 scale topographic maps. As a result of the analyses, the average slope value of the area was calculated as 16,1°. It was shown that dolines are generally concentrated in moderate slope conditions (especially between 10° and 15°), whereas doline development is limited in areas with steep slopes. The rose diagram created according to the long axis directions of the dolines revealed that the dominant orientation in the area is in the northeast-southwest (NE-SW) direction. This orientation supports the structural control by the faults, fractures, and bedding systems effective in the area.

Results and Discussion

This study has revealed in detail the morphometric, spatial, and structural

characteristics of dolines in the Güneyyayla Basin. The results obtained through the combined evaluation of numerical data analyses, GIS techniques, and field observations indicate that karstification processes develop under both lithological and structural control. The elongation ratios and orientation analyses of the dolines reveal that structural control (faults, fractures, bedding directions) is effective in their formation. In particular, the northeast-southwest (NE-SW) orientation is consistent with the structural directions in the region and indicates that karstification has developed along these directions. The circularity index values show that most of the dolines have elliptical and irregular shapes. This situation reflects both the complexity of the surface geomorphology and the multi-factorial nature of the development processes. As a result of the doline density analysis, the presence of zones ranging from low to very high density in the area is remarkable. In particular, the increase in doline density on stripping surfaces and tectonically controlled plateaus confirms the determining effect of structural features on karstification. The results revealed by morphometric analyses of 771 dolines in the study area and the relationships among the shape characteristics of the dolines (such as long axis, short axis, elongation ratio, circularity index, area, and perimeter) show that the dimensional characteristics of the dolines are significantly related to each other and provide important clues about the formation mechanisms of dolines. Parameters such as area, axis lengths, and perimeter demonstrate that structural and geomorphological factors are effective in the evolutionary processes of dolines. In this context, it has once again been shown that morphometric analyses are an important tool in understanding the formation processes of dolines. In general evaluation, it is seen that the dolines and uvalas in the Güneyyayla Basin developed under the combined effect of lithological suitability, topographic slope, and structural factors, and they offer significant morphological indicators within the regional geomorphological evolution process. In this regard, the study provides important scientific contributions to the understanding of the relationship between karst morphology and structural geology.

1.GİRİŐ

Karstik alanlar, çözünebilen litolojik ve yapısal özelliklere sahip yerleri ifade etmektedir. Dünya üzerinde bu alanlar, Güney Yarımküre'ye göre Kuzey Yarımküre'de çok daha geniş sahalara kaplanmaktadır. Nitekim karasal yüzeylerin %20'si karstik alanlardan meydana gelmektedir (Ford & Williams, 1989). Akdeniz çevresinde karstik alanların oranı artmaktadır (Lewin & Woodward, 2009). Türkiye'de ise çözünebilen karbonatlı ve evaporitik kayaların bulunduğu alanlar tüm yüzey litolojilerinin %40'ını oluşturmaktadır. Ancak yer altı karstlaşması da yüzey karstına dahil edilirse bu oran %65'e kadar ulaşmaktadır (Ekmekçi, 2005; Nazik & Tuncer, 2010; Nazik & Poyraz, 2017; Tuncer, 2021). Çalışma alanı da oldukça karstik özellikler sunan bir alanda yer almaktadır. Saha, Türkiye Karst Bölgeleri sınıflamasında "Toros Dağları Karst Bölgesi" içerisindeki, "Batı Toros karst alanı" (Nazik & Tuncer, 2010; Nazik & Poyraz, 2017) sınırları içerisinde kalmaktadır.

Kireçtaşı, mermer ve dolomit gibi karbonatlı kayalar ile jips, kaya tuzu gibi evaporitik kayalarda meydana gelen çözünme süreçleri sonucunda karstik yüzey şekilleri oluşmaktadır (Erinç, 2001; Williams, 2004). Bu karstlaşma süreçleri sonucunda yüzey karstına ait lapyalar, dolinler, uvala ve polyeler gelişim gösterirken geçiş karstına ait obruklar ile düden ve kaynak mağara girişleri ve nihayet derinlik karstına ait olan mağara galerileri gelişim gösterir. Yüzey karstına ait şekiller, karstik bölgelerde en yaygın görülebilen jeomorfolojik şekiller olurken geçiş ve derinlik karstına ait olanlar çok daha özel durumlarda gelişebildikleri için daha seyrek olarak görülebilmektedirler. Yüzey karstına ait olan şekiller, o bölgenin jeomorfolojik ve tektonik oluşumunu anlamak için önemli delilleri sunmaktadır (Ekmekçi & Nazik, 2004; Öztürk vd., 2017; Öztürk, 2020; Şimşek vd., 2020).

Karstik bölgelerin karakteristik şekillerinden biri olan dolinler (Atayeter & Yayla, 2021), dairesel ya da yarı dairesel şekle sahip olan ve birkaç m ile 1 km aralığında çapları olan depresyonlardır (Ford & Williams, 2007). Dolinler, karstik bölgelerin jeomorfolojik, tektonik, jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin açıklanmasında son derece önemlidir (Jennings

1975, Šušteršič, 1994; Nazik, 1986, 1992; Bondesan vd., 1992; Car, 2001; Denizman, 2003; Öztürk vd., 2015). Bu nedenle, dolin tiplerinin ve sınıflandırmasının yapılması bölgedeki jeomorfolojik ve hidrojeolojik özelliklerin açıklanması için önem taşımaktadır. 1970'lerden önce bazı araştırmacılar (Cvijić, 1893; Erinç, 1958; Roglić, 1972; Gams, 1973; Pekcan, 1995) temelde dolinleri "çökme" ve "çözünme" dolinleri olarak ele almıştır. Ayrıntılı çalışmalarda (Jennings, 1971; Sweeting, 1973; Böglü, 1980; Jennings, 1985; White, 1988; Ford & Williams, 1989; Şahinci, 1991; Lowe & Waltham, 2002; Waltham & Fookes, 2003; Williams, 2004; Doğan, 2004) ise dolinlerin boyutu, geometrik şekli, oluşum kökeni, akaçlanma durumu, litolojik ve tektonik karakteri gibi birçok kriter göz önünde bulundurularak sınıflandırılması yapılmaktadır. Buna göre Jennings (1971) dolinleri 5 tipte ele almıştır. Jennings (1971)'e göre çökme dolini, çözünme dolini, örtü kayası çökme dolini, sübsidans dolini ve alüvyal dolin olarak belirlemiştir. Sweeting (1972) dolinleri çözünme dolini, alüvyal dolin, çökme dolini ve çözünme-sübsidans dolini (örtü kayası çökme dolini anlamında) 4 gruba ayırmıştır. Ford ve Williams (1989) ise dolinleri, çözünme, çökme, alüvyal (örtü sübsidans) ve sübsidans dolini olmak üzere 4 grup altında incelemiştir (Doğan, 2004). Waltham ve Fookes (2003) ise dolinleri çözünme dolini, çökme dolini, alüvyal dolin (örtü sübsidans dolini), örtülmüş dolin, örtü çökme dolini ve örtü kayası çökme dolini olarak sınıflandırmışlardır.

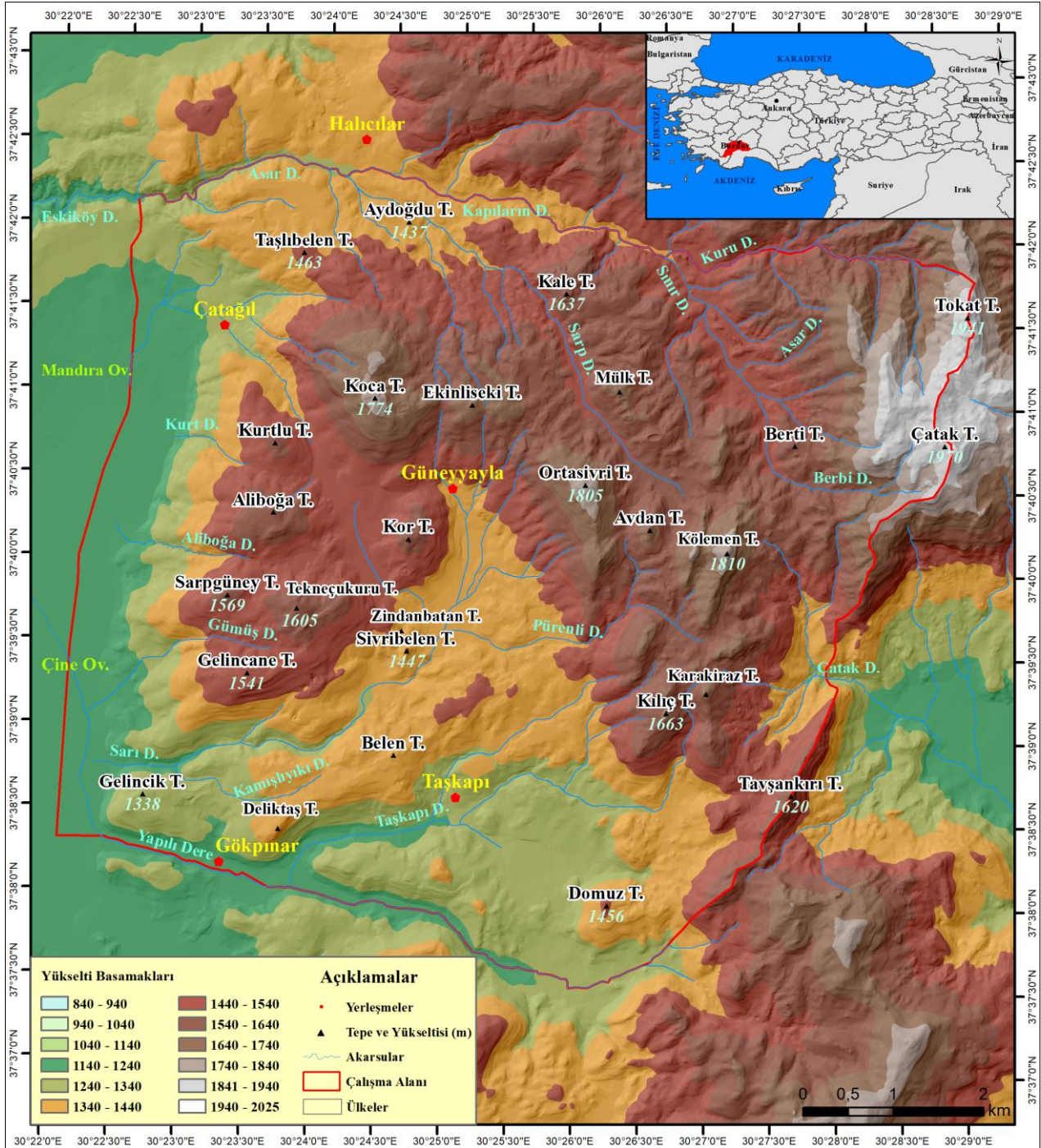
Karstik alanlarda çözünme dolinleri en yaygın dağılıma sahip dolin tipidir. Çözünme dolinlerinin morfolojisi ve dağılışı üzerinde tektonik olayların özellikle de dolin üzerinde bulunan çatlakların sıklık ve doğrultularının büyük etkisi söz konusudur. Bu sebeple dolinlerin sıralanışı ve uzanımı, karstik sahadaki fay ve çatlak sistemlerinin varlığı ve uzanımları hakkında bilgiler sağlamaktadır. Bundan dolayı dolinler üzerinde yapılan morfometrik özelliklerinin belirlenmiş olması, karstik alanların morfotektonik özellikleri hakkında bilgiler vermektedir (Jennings, 1975; Jeanpierre vd., 2016). Fakat dolinlerin morfometrik

özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi arazi çalışmaları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile mümkündür.

1.1. Çalışma Alanı

Araştırma sahası, 30°22'09" - 30°28'37" D boylamları ile 37°39'46" - 37°40'42" K enlemleri arasında yer almakta olup, 66,40 km² alan kaplamaktadır. Saha; Akdeniz Bölgesinin Antalya Bölümünde Burdur il sınırları

içerisindeki Çatağıl, Halıcılar, Gökpınar (Çine), Taşkapı köyleri arasında kalmaktadır. Çalışma alanı sınırı, kuzeyde Asar Dere ve onun yukarı kesimleri olan Kapıların ve Kuru derelerin, güneyde Yapılı Derenin talveg hatlarından geçmektedir. Doğuda Yeşilbaşköy Ovasını ayıran ve Akdağın batıdaki uzantılarının yüksek zirvelerinden geçen sınır, batıda Mandıra ve Çine ovalarının orta kesiminden geçmektedir.



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

Bu sınırlar belirlenirken morfolojik bütünlüğü sağlayan ve çevresine göre farklı şekiller barındıran kütle dikkate alınmıştır. Burdur il

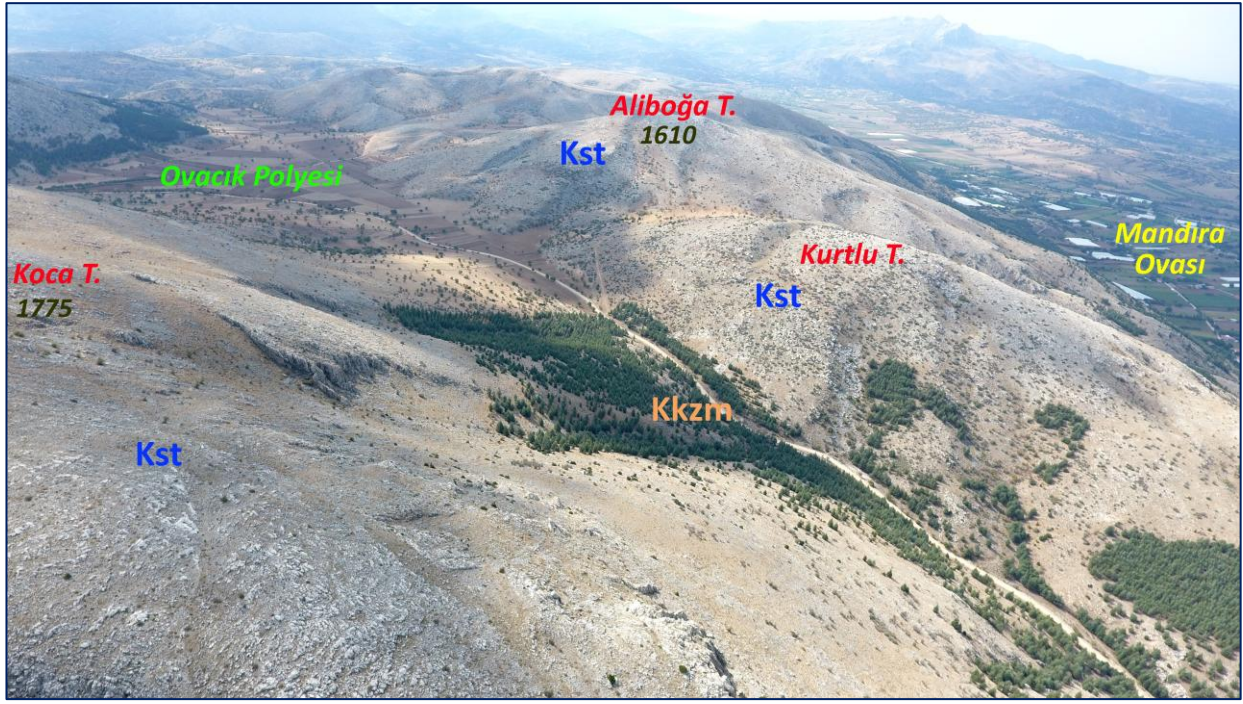
merkezinin güneydoğusundaki engebeli ve yüksekçe bir sahada bulunan araştırma sahasının en yüksek noktasını sahanın

doğusunda bulunan Kölemen Tepe (1810 m) oluşturmaktadır. Diğer yüksek tepeler, Koca Tepe (1774 m), Kılıç Tepe (1663 m), Kale Tepe (1637 m), Sarpğüney Tepe (1569 m), Gelincane Tepe (1541 m)'dir (Şekil 1). Burdur Meteoroloji İstasyonunun (957 m) 1950-2021 yılları arasındaki verilerine göre araştırma alanının iklim özellikleri değerlendirildiğinde; Burdur merkezde yıllık ortalama sıcaklık 13,3°C, yıllık maksimum sıcaklık ortalaması 25,5°C ve yıllık minimum sıcaklık ortalaması 2°C'dir. Burdur merkez istasyonunun yıllık toplam yağış miktarı ise 427,3 mm'dir.

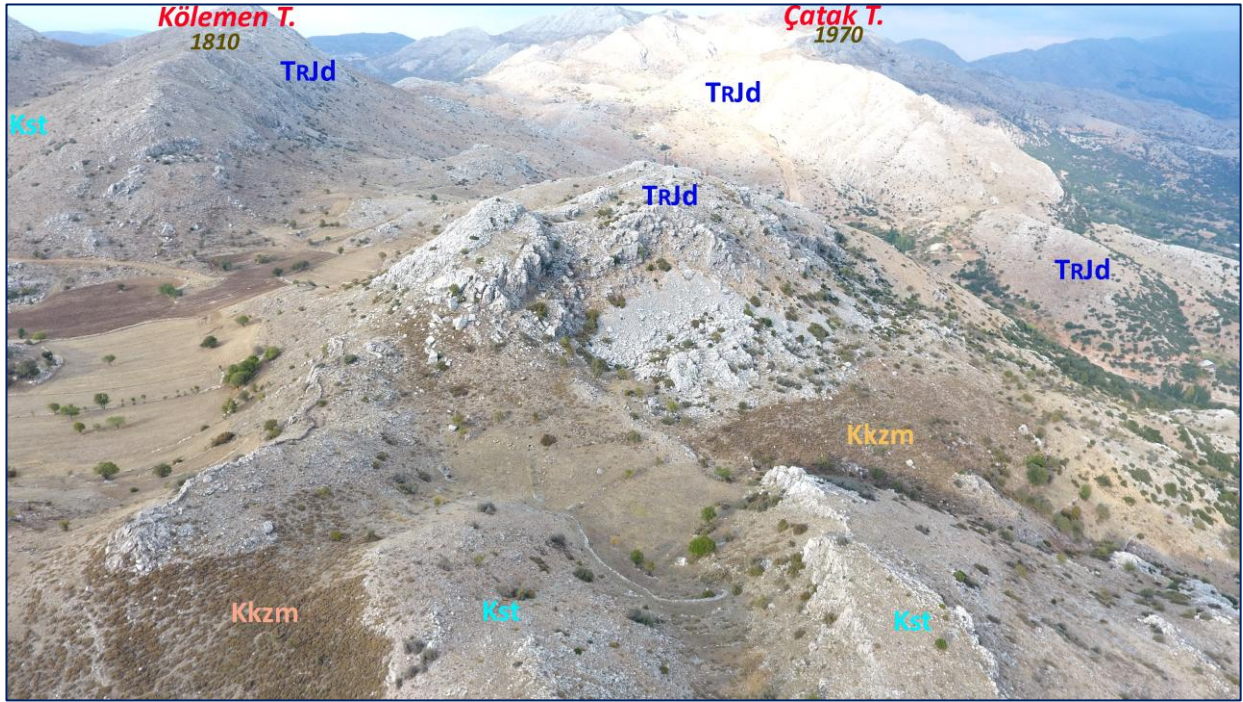
1.2. Jeolojik Özellikler

Tektostratigrafik özellikler bakımından oldukça karmaşık bir bölgede yer alan çalışma alanı, farklı dönemlere ait otokton, paraotokton, neotokton ve allokton konumlu birimlerden meydana gelmiştir. Çalışma alanı içerisindeki farklı litolojik ve yapısal unsurlara sahip olan bu tektonik birimler; Güneyayla Paraotoktonu, Yeşilbarak Napı, Marmaris Ofiyolit Napı, Domuzdağ Napı ve Pliyo-Kuvaterner örtü birimleridir. Paraotoktonluğu konusu tartışmalı olan Üst Kretase yaşlı Güneyayla Paraotoktonu, genellikle Yeşilbarak Napı ile Kızıladağ Melanj ve Olistostromu üzerinde yer alır. Ancak bazen bu birimin üzerine Kızıladağ Melanj ve Olistostromu bindirmeli olarak gelmiştir. Bu paraotoktonun yapısal özellikleri, Likya Naplarına ait olduğunu göstermektedir (Şenel, 1997). Çalışma alanında Güneyayla Paraotoktonu'na ait üç kaya birimi yer almaktadır. Bunlardan birincisi en fazla 750 m kalınlık gösteren Adlanmamış Senomaniyen-Turoniyen Kireçtaşı (Kst), orta-kalın tabakalı, yer yer rudistli kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve yarı pelajik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Diğerleri ise sahada bu birimin üzerinde küçük parçalar halinde kalmış olup, Adlanmamış Senoniyen Kireçtaşı (Kse) ile Adlanmamış Eosen (Eo) killi-kumlu kireçtaşı, kireçtaşı ve marnlardan oluşan birimdir. Çalışma sahasında en geniş alanı %40,9 ile Kst kaplar. Üst Kretase yaşlı Kse ise sahasının %2,17'sini kaplarken Orta Eosen yaşlı Eo çalışma sahasının %0,8'ini kaplamaktadır. Yeşilbarak Napının Gömbe Birimi'ne ait olan Orta Eosen-Alt Miyosen yaşlı Elmalı Formasyonu (Te) ince-orta-kalın tabakalı kumtaşı ve şeyllerden oluşmaktadır. Birim içerisinde kısmi karstik özelliğe sahip kumlu-

killi kireçtaşı ve kalkarenit seviyeler de bulunur (Şenel, 1997; Aslan & Tuncer, 2024). Bu formasyon, sahada %1,57'lik alan kaplamaktadır. Çalışma alanında Taşkapı köyünün doğu kesiminde genişçe bir klip şeklinde yüzeylenmektedir. Sahada Elmalı Formasyonu üzerine Marmaris Ofiyolit Napına ait Kızıladağ Melanj ve Olistostromu (Kkzm) yerleşmiştir (Poisson, 1977). Bu formasyon bazik volkanit, neritik kireçtaşı, pelajik kireçtaşı, çört, dolomit, radyolarit vb. blokludur. Serpantin hamur içerisine makaslanarak yerleşen yabancı bloklar karmaşık bir yapı oluşturmuştur. Ofiyolitli melanjlardan ayırt edilemeyen bu olistostromlar da bu birime eklemiştir. Kızıladağ Melanj ve Olistostromu genel olarak Gülbahar Napı ve Domuzdağ Napına ait kütleler içermektedir. Çalışma alanının %22,21'ini kapsayan Kızıladağ Melanj ve Olistostromu İnsuyu Fayına takiben dağ yamacı boyunca ve sahanın geri kalan yerlerinde parçalar halinde klipler şeklinde görülmektedir. Sahada Orta Triyas-Liyas Dutedere Kireçtaşı'nın (TRJd) temsil ettiği Domuzdağ Napı, Likya Naplarının en üst yapısal birimini oluşturmaktadır. Orta-kalın tabakalı, bazı kısımlarda masif özellik kazanmış birim, yersel megalodontlu ve algli rekristalize kireçtaşlarından meydana gelmiştir (Ersoy, 1992). Birim genel olarak orta-kalın tabakalı yapıya sahip olup gri ve krem renkli kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Bu kireçtaşlarının üzerinde ise çörtlü, ammonitli ve yumrulu kireçtaşları görülmektedir. Yaklaşık 700 m kalınlığa ulaşan formasyonun alt ilişkisi tektonik şekilde gelişmiştir (Şenel, 1997). Birim, çalışma alanının doğu kesimlerinde geniş olarak yüzeylenirken en güneyde ince bir şerit halinde uzanmaktadır. Bu birim, çalışma alanının %11,9'unu kapsamaktadır. Çalışma alanında neotokton örtü birimleri; Pliyosen ve Kuvaterner yaşlarındaki Çameli (Burdur) Formasyonu (plç), Gölcük Formasyonu (plQg) ve Volkanit Üyesi (plQgv), traverten (plQt), konglomera (plQko) ve alüvyonlardan (Qal) oluşmaktadır. Bunlardan Çameli Formasyonu Pliyosen yaşlı olup ince-orta-kalın tabakalı kıltaşı, kumtaşı, marn, konglomera ve siltaşlarından oluşur (Şenel, 1997). Birim içerisinde gözenekli karbonat düzeyleri mevcuttur. Birimin üst kesimlerinde tabakalı kireçtaşı ve travertenler yer alır. Çalışma



Şekil 3: Çalışma sahasının orta ve batı kesimlerinin yaygın yzey birimi st Kretase kireçtaşı (Kst) ve onun üzerinden sıyırılma artığı olarak kalmış Kızılcaadağ melanj ve olistostromu (Kkzm) / **Figure 3:** The common surface unit of the central and western parts of the study area is the Upper Cretaceous limestone (Kst) and the Kızılcaadağ melange and olistostrome (Kkzm) that remained as a detachment residue on it.



Şekil 4: alışma sahasının doğu kesimlerinin yaygın yzey birimi Dutdere kiretaőı (TRJd) ve onun üzerine gelmiő Kızılcaadağ melanj ve Olistostromu (Kkzm) / **Figure 4:** The common surface unit of the eastern part of the study area is Dutdere limestone (TRJd) and the overlying Kızılcaadağ melange and Olistostrome (Kkzm).

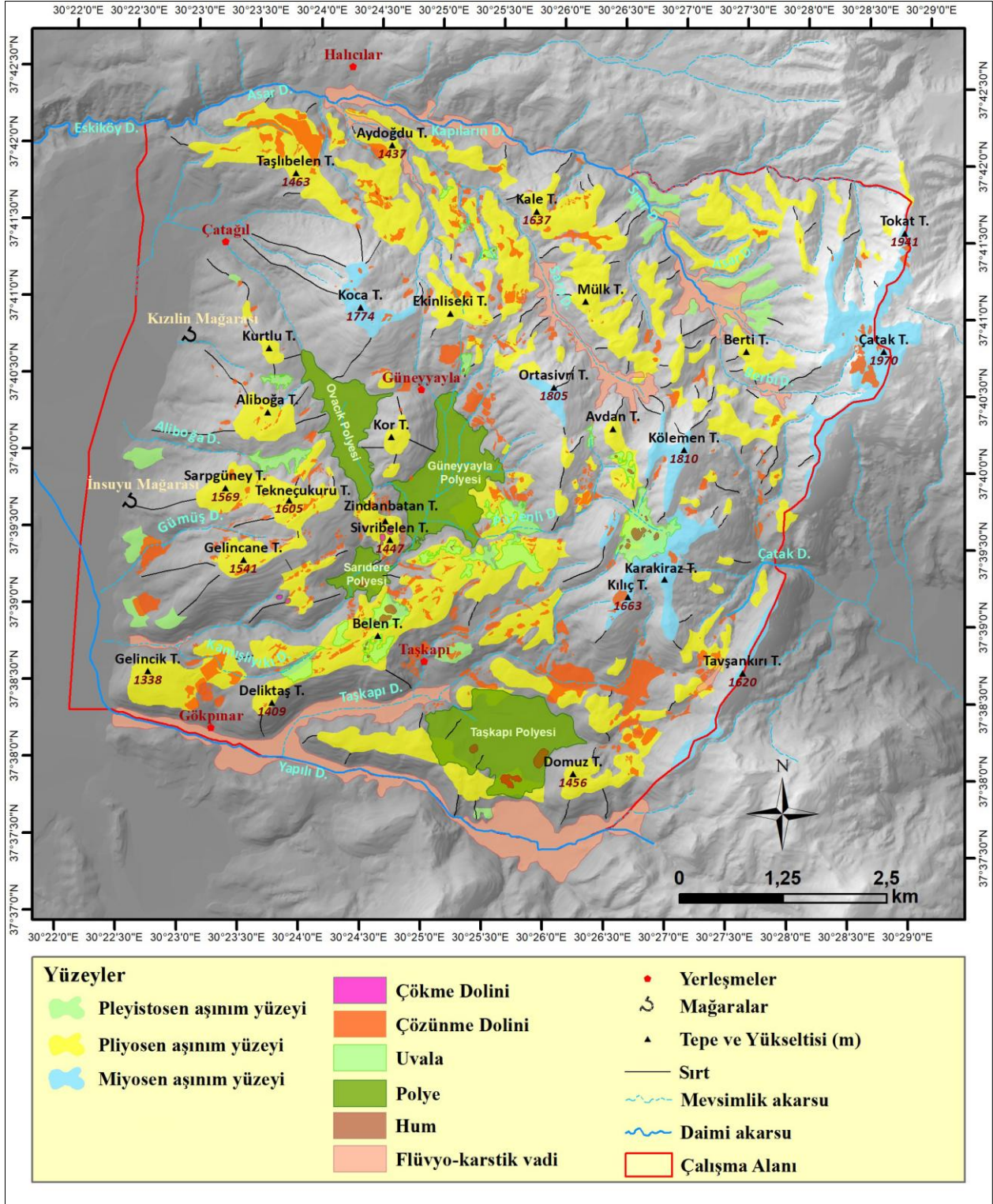
1.3. Jeomorfolojik zellikler

st Kretase başlarında bölgeye yerleşen paraotokton kireçtaşları ile bunların üzerine farklı dönemlerde bindiren ve sürüklenen karbonatlı veya ofiyolitik birimlerin etkisiyle çalışma sahasının jeolojik yapısı oldukça karmaşık bir hal sunar. Bu durum sahada

karstlaőmaya uygun olan birimlerde ezilmeler, kırık ve çatlak sistemlerinin oluőumu veya yoęunlaőması gerçekleőmiő; daha sonraki dönemlerdeki örtü kütlelerinin sıyırılması ve epirojenik hareketlerle havzaların parçalanıp farklı yükseltilere çıkması sahadaki yzey ve derinlik karstının evrimi üzerinde belirleyici olmuştur.

Çalışma sahasının jeomorfolojik evrimi; Üst Kretase'de Torosların su yüzeyi üzerine çıkmasıyla başlamış olup Miyosen sonlarına kadar süren bindirmelerle yer yer kesintilere uğramış (Ketin, 1959), yeni karstik ve flüvyal süreçlerle saha yeniden şekillenmiş, Pleyistosen'deki blok faylanmalarla bu morfolojiler yeni görünümler kazanmış veya aktüel jeomorfolojik oluşum ve gelişim süreçlerine girmişlerdir. Bu son durum

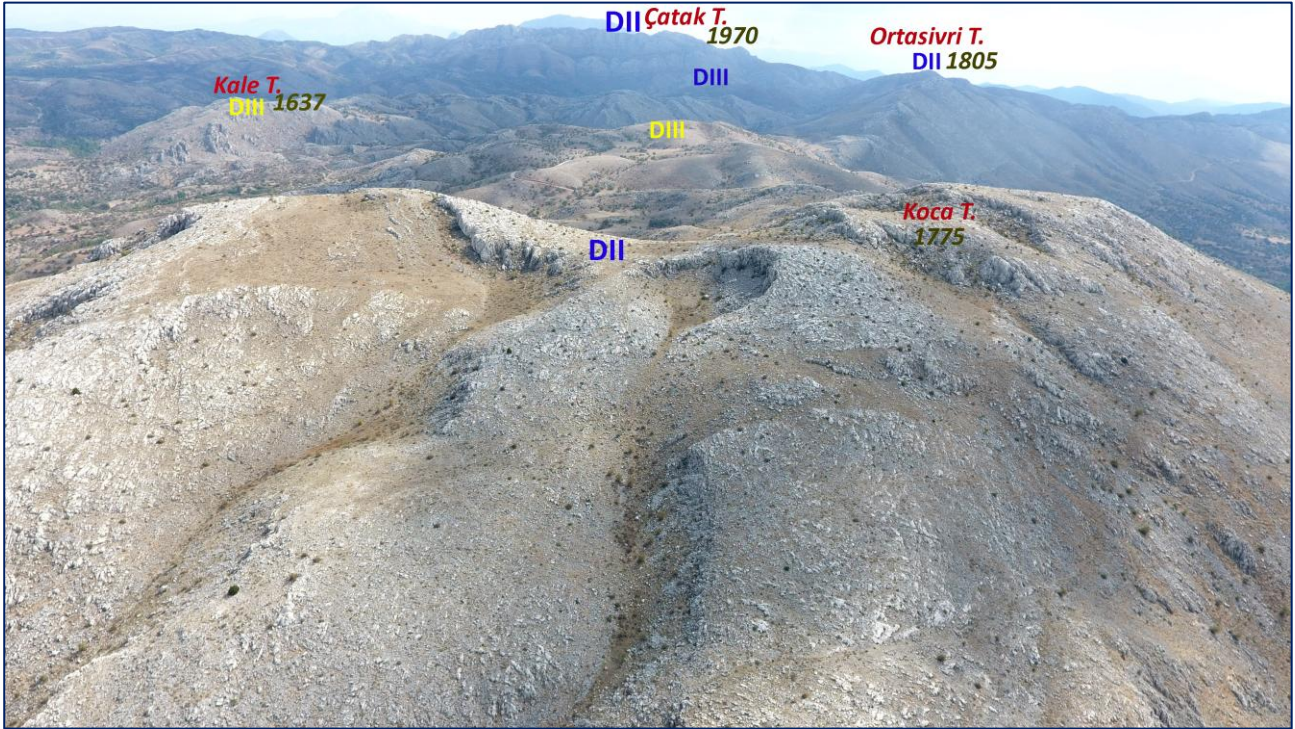
günümüzde de sürmektedir. Bu gelişim süreçleri boyunca başlangıçta orojenik hareketler etkili olmakla birlikte bunları daha sonra aşınım ve son dönemin kratojenik hareketleri takip etmiştir. Bu süre zarfında, sahanın yaşamış olduğu orojenez, tektonizma, iklimsel değişimler, akarsu faaliyetleri ve karstlaşma gibi birçok etmen bugünkü nihai jeomorfolojiyi oluşturmuştur.



Şekil 5: Çalışma alanının jeomorfoloji haritası / Figure 5: Geomorphology map of the study area.

Çalışma sahasının en yüksek zirvelerini doğu kesimdeki Akdağların batı uzantıları oluşturur. Bunlardan Çatak Tepe 1970 m ile en yüksek zirvedir. Sahanın en alçak kesimleri ise batıdaki travertenler üzerinde gelişmiş Çine ve Mandıra ovalarıdır (1200 m). Farklı tepeler tarafından çevrenmiş olan Ovacık, Güneyyayla, Taşkapı polyeleri ve bu tepeler üzerinde gelişmiş dolinler, uvalalar, paleo vadiler sahanın başlıca jeomorfolojik unsurlarını oluşturur. Bu jeomorfolojik unsurlar başta aşınım yüzeyi parçaları üzerinde, paleo vadi içlerinde, tektonik hatlar üzerinde ve orojenik hatlar arasında gelişim göstermişlerdir. Jeomorfolojik unsurların yoğunlukta görüldüğü sahalardan olan aşınım yüzeyleri üzerinde farklı dönemlere ait ve farklı yükseltilerde dolinler ve flüvyokarstik vadiler bulunur (şekil 5).

Çalışma sahasındaki tepeler sahanın aşınım alanlarını ifade ederken Ovacık Polyesi ve Mandıra Ovası alüvyal birikim alanlarını ifade eder. Aşınım alanları Üst Miyosen (DII), Pliyosen (DIII) ve Pleyistosen (DIV) dönemlerine ait şekiller barındırmaktadır. Bunlardan Üst Miyosen dönemine ait rölyef sistemine ait aşınım yüzeyi parçaları, asılı vadiler ve dolinler sahanın en yüksek kesimleri olan 1600-1970 m yükseklikler arasında gelişmiş olup litostratigrafik ve tektonik faktörler başta olmak üzere flüviyal süreçlerin ve karstlaşmanın etkisiyle farklı yönlerde eğim kazanmışlardır. Bu dönemin yüzeyleri, yer yer flüvyal ve karstik süreçlerce parçalanmıştır (şekil 5 ve 6).



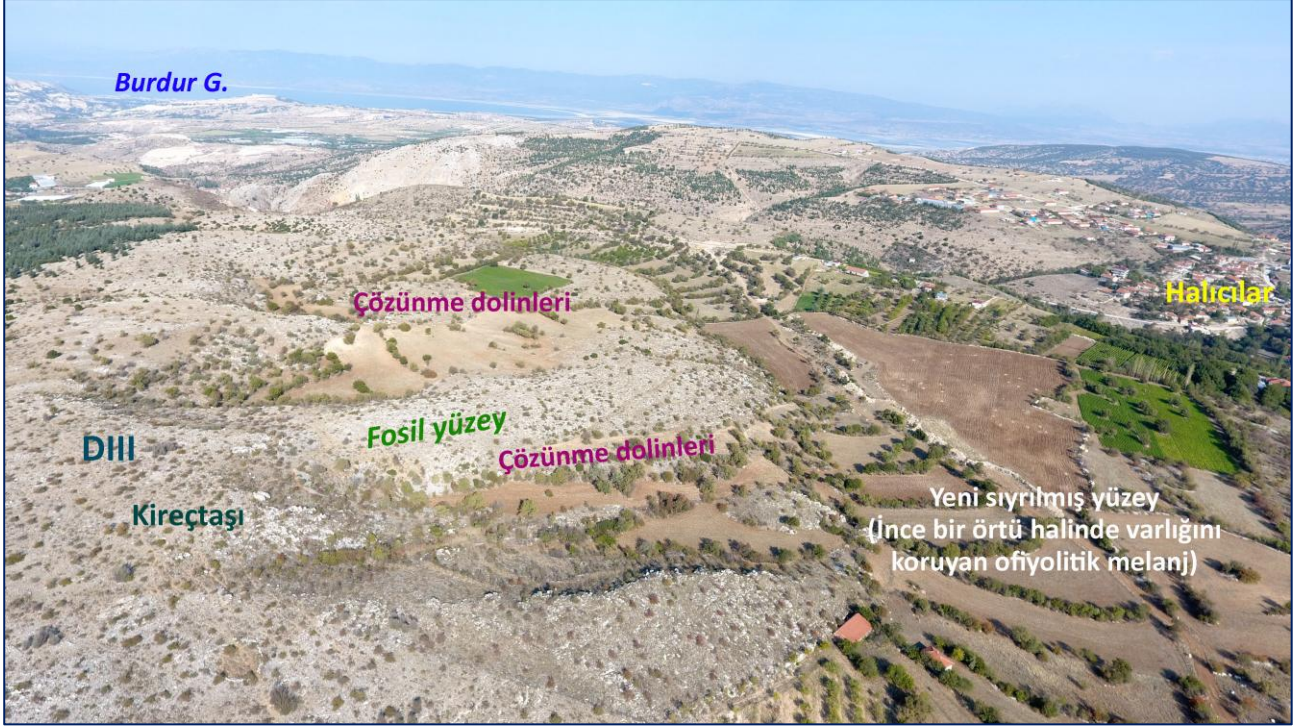
şekil 6: Koca Tepe ve doğusundaki aşınım yüzeyi parçaları ve üzerinde gelişmekte olan genç dolinler / **Figure 6:** Koca top and the erosional surface fragments to the east and the young dolines developing on them.

Pliyosen rölyef sistemine ait şekiller, Üst Miyosen dönemine ait olan aşınım yüzeylerinden daha alt yükseltilerde (1300-1550 metreler arasında) yüzeylenmiş durumdadır. Bu sistemlerin en yaygın şekilleri aşınım yüzeyi parçaları dolinler, uvalalar, fosil yüzeyler, asılı vadiler ve polyelerdir. Bu dönemin yüzeyleri, genel olarak Burdur havzasının gelişiminde etkili olan blok faylanmaların etkisiyle doğudan batıya doğru eğim kazanmışlardır. Pliyosen yüzeyler tıpkı Üst Miyosen yüzeylerinde olduğu gibi yer yer karstik

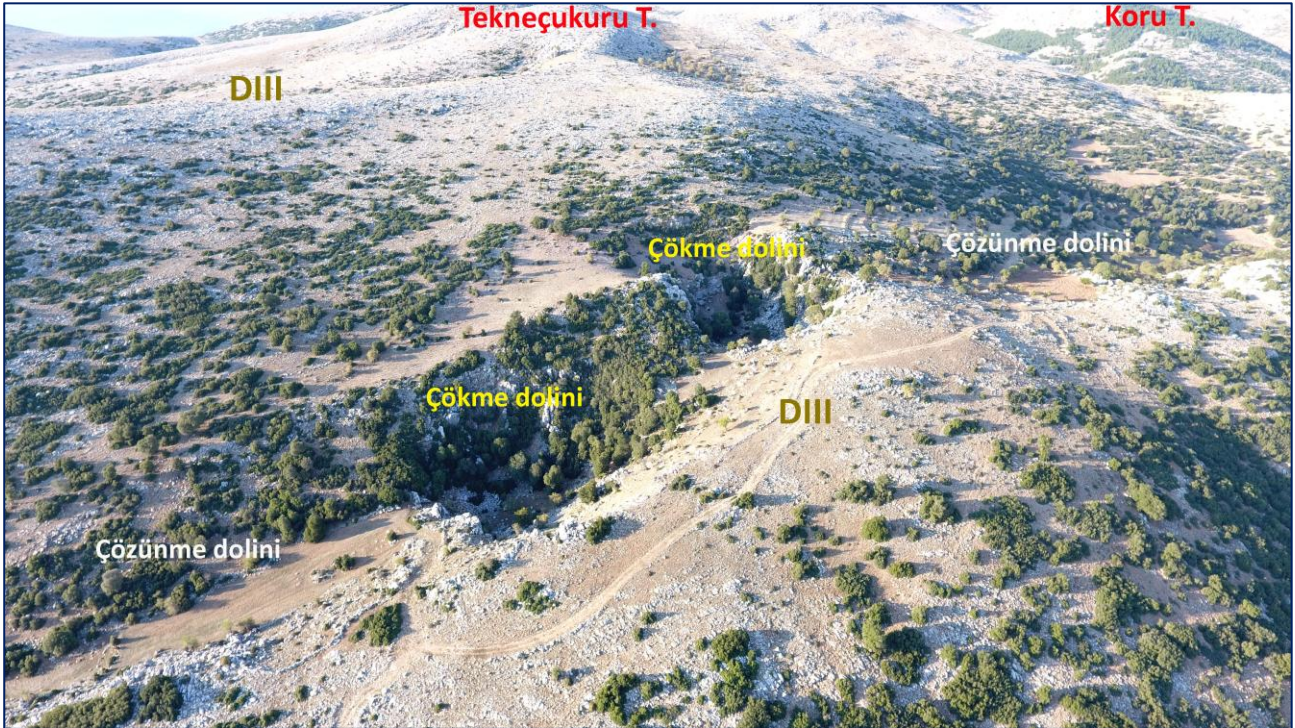
süreçlerce parçalanmış olup birbirinden ayrılmıştır. Bu yüzeylerin üzerinde tabaka başlarında, belirgin kırıklar boyunca ve asılı vadi içlerinde dolinler ve uvalalar gelişmiştir. Gerek neotektonik dönemin gerekse antitetik faylanmaların etkisi altında kalan Pliyosen yüzeyleri parçalanmış olup, birbirinden vadilerle ayrılmıştır. Pliyosen yüzeyleri karstlaşma için uygun karakterli olan Üst Kretase paraotokton kireçtaşları ile bindirmeli Dutdere kireçtaşları üzerinde gelişmiştir. Bunlar çoğu yerde fosil yüzeylere karşılık gelir ve yer

yer sıyrılmış veya ince bir karstik olmayan birimce örtülü haldedirler. Sıklıkla dolin ve uvala yapıları barındıran bu yüzeyler sahada en yaygın aşınım yüzeyleridir. Bunlara ek olarak

flüvyokarstik karstik vadiler de aynı döneme ait olup bu aşınım yüzeyi parçaları arasında konumlanmıştır (şekil 5, 6, 7 ve 8).



şekil 7: Çalışma sahasının kuzeybatı kesiminde sıyrılmış Pliyosen (DIII) yüzeyleri üzerinde gelişmekte olan dolinler. **Figure 7:** Dolines developing on the stripped Pliocene (DIII) surfaces in the northwestern part of the study area.



şekil 8: Sahanın güneybatısında Pliyosen aşınım yüzeyine belirgin bir kırık boyunca gelişmiş çökme ve çözünme dolinleri / **Figure 8:** Collapse and dissolution dolines developed along a distinct fracture in the Pliocene erosional surface in the southwest of the field.

Pleyistosen rölyef sistemine ait olan şekiller ise aktüel vadi içlerinde, Mandıra ve Çine ovalarının kenarlarında, polyelerin kenarlarında

eğimlenmiş aşınım yüzeyleri ve taraçalar şeklinde rastlanmaktadır. Diğer aşınım yüzeylerine göre daha alt seviyelerde yer alan

yüzeyler beşerî tahribatlar ve akarsu faaliyetleri ile işlenmiştir (Şekil 5).

Çalışma sahasındaki akarsu şebekesi ilk olarak Üst Miyosen döneminde kurulmuş olup Burdur Gölü Havzası yönünde (GD-KB) akaçlanmıştır. Ancak ilerleyen dönemlerde akarsuyun akaçlama yönü çalışma sahasının tekrar yükselmesi ve karstik süreçlerle parçalanması sonucunda GD-KB yönlü olan akaçlama bazı kesimlerde iç havzalara (polyelere) doğru gelişim göstermiştir. Sahada bulunan en önemli akarsular; çalışma sahasının kuzey sınırını oluşturan Eskiköy-Asar-Kapıların Dere, orta kesimleri akaçlayan Sarı-Pürenli Dere ile çalışma sahasının güney sınırını oluşturan Yapılı-Taşkapı Deredir. En doğu kesimindeki birkaç dere ise Yeşil Başköy Ovasına akaçlanırlar (Şekil 1 ve 5). Kuaterner'de son şeklini alan saha, yer yer dolinlerin yanı sıra, obruk, uvala, flüvyokarstik vadiler, paleo vadiler ve derinlik karstı olarak mağaralardan oluşur.

2. AMAÇ, MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı Güneyyayla köyü (Burdur) çevresinde bulunan yüzey karstına ait morfolojilerin oluşum ve gelişimlerinde belirleyici olan parametreleri belirlemek, sahanın jeomorfolojik evrimini ortaya çıkarmak ve karstik depresyonların alansal dağılışı özelliklerini belirleyip bu dağılışı üzerinde etkili olan faktörleri açıklamaktır. Bu amaç doğrultusunda çalışma alanının jeolojik ve tektonik unsurlarını haritalamak için Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nden 1/25.000 ölçekli M24c1 ve M24c2 ve 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları temin edilmiştir. Elde edilen haritalar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) programı yardımıyla sayısallaştırılarak jeoloji haritası oluşturulmuştur. Ayrıca CBS programı yardımıyla lokasyon ve jeomorfoloji haritaları da hazırlanmıştır.

Çalışma alanındaki yüzey karstına ait şekillerin belirlenebilmesi için 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları ve Google Earth Pro görüntülerinden yararlanılarak 771 dolini ve 21 uvala tespit edilmiştir. Tespit edilen çökme ve çözünme dolinleri, uvalalar ile polyeler CBS programında poligon olarak sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılan poligonlar aracılığıyla her bir doline ait merkez nokta değerleri, yükseklik (m), uzun ve kısa eksen uzunlukları (m), alan (km²),

uzama oranı, uzun eksen hattının kuzey ile yapmış olduğu açı (°) ve dairesellik indisi değerlerini içeren veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri setlerine istatistiksel analizler uygulanarak her bir parametrenin dağılışı haritası yapılmıştır.

Bu çalışmada dolinlere ait poligonların merkez noktaları bulunup, bunlar sayısal yükselti modeli ile karşılaştırılarak dolin yükseklikleri belirlenmiştir. Böylece alana ait dolin histogramı oluşturulmuştur. Dolinlerin yükselti basamaklarına göre dağılışı gösteren histogramlar, dolin morfometrisi çalışmalarında kullanılan temel parametrelerden biridir. Bu parametre oluşturulurken dolinin en üst kapalı izohips eğrisinin yükselti değeri dikkate alınmaktadır (Öztürk, 2018b). Sahadaki dolinlerin yükselti basamaklarına göre dağılışı, 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturularak elde edilmiştir. Sahadaki toplam 771 dolinin yükselti basamaklarına göre frekanslarının hesaplanması ile dolinlerin histogramı oluşturulmuştur. Böylece oluşturulan histogram ile dolinlerin yükselti basamaklarına göre dağılışı açıklanmıştır.

Çalışma alanında dolin yoğunluğunu, alandaki toplam dolin sayısının karstlaşma alanına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Dolin yoğunluğunu belirlemek için Kernel yoğunluk metodu tercih edilmiştir. Kernel yönteminde dolinlerin her bir merkezi noktası etrafına dairesel bir alan çizilir ve bu noktadan dairesel alan sınırına doğru 1'den 0'a doğru giden matematiksel hesaplama uygulanır. Böylece merkez daire ile çevresindeki dairelerdeki yoğunluklar hesaba katılarak metod uygulanmış olur. Kernel yoğunluk yönteminde km²deki dolinlerin sayısını belirlemek adına dolinlerin yarıçap değeri 656 m olarak belirlenmiştir (Poyraz, 2021; Poyraz vd., 2021). Yoğunluk değerinin hesaplanmasının ardından dolin alanları Faivre ve Pahernik (2007)'in yapmış olduğu sınıflamaya göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflamaya göre dolin/km² 10'dan küçükse "düşük yoğunlukta", 10-40 arası "orta yoğunlukta", 40-70 arası "yüksek yoğunlukta" ve 70'den büyükse "çok yüksek yoğunlukta" doline sahip alanlar olarak kabul edilmiştir (Faivre & Pahernik, 2007).

Karst jeomorfolojisine ait Şekillerin belirlenmesinde uzun eksen (U) ve kısa eksen (K) kullanılan diğer parametrelerdir. Uzun eksen (uzunluk), doline ait poligon içerisinde dolinin en uzun yatay mesafe (Denizman, 2003), kısa eksen (genişlik) ise dolinin uzun eksenine 90°'lik açıyla kesen en uzun yatay mesafe olarak tanımlanmaktadır (Bondesan vd., 1992; Şimşek vd., 2021; Öztürk, 2018a, 2018b). Uzun eksenin kısa eksene bölünmesi sonucunda uzama oranı (RE) elde edilmektedir (Day, 1983; Ferrarese, vd., 1998; Bondesan vd., 1992; Basso vd., 2013; Şimşek vd., 2019a, 2019b). Bunun sonucunda değerin 1'e yaklaşması Őeklin dairesel olduğunu yani uzama oranının düşük olduğunu gösterir. Değerin 1'den uzaklaşması ise Őeklin eliptik özellikte olduğunu göstermektedir. Nitekim değerin 1'den uzaklaşması uzama oranının da yüksek olduğunu göstermektedir (Altın & Tuncer, 2023). Basso vd. (2013) tarafından yapılan dolinlerin uzama oranı sınıflandırmasına göre RE; 1,21'den küçükse "dairesel, yaridairesel", 1,21 ile 1,65 arasında ise "yarı eliptik", 1,65 ile 1,8 arasında ise "eliptik" ve 1,8'den büyükse "uzamış" dolin olarak değerlendirilmektedir (Basso vd., 2013; Öztürk, 2018a, 2018b).

Dolinlerin geometrik Şekilleri hakkında bilgi edinebilmek için depresyonların alanı (A) ve evre uzunluk (P) değerleri kullanılarak dairesellik indisi değerleri (I_C) hesaplanmaktadır. Dairesellik indisi hesaplamasında aşağıda verilen formül (Goudie, 1994) uygulanmıştır.

$$I_C = \frac{A}{\pi \left(\frac{P}{2}\right)^2} \quad (1)$$

Hesaplama sonucuna göre değerin 1'e yakın olması Őeklin daireye yakın olduğunu gösterirken 1'den uzak olması da Őeklin dairesellikten uzaklaştığını göstermektedir (Goudie, 1994; Denizman, 2003; Öztürk, 2018a, 2018b). Dairesellik indisi değerinin 1.1'den küçük olması dolinlerin dairesel Şekilde olduğunu göstermektedir. Değerin 1.1 ile 1.2 arasında olması dolinlerin daireselliklerinin bozulmaya başladığını, 1.2 ile 1.3 arasındaki dolinlerde de birden fazla çıkıntının olduğunu ve dairesel Şeklini kaybettiğini göstermektedir. 1.3-1.4 arasındaki değere sahip dolinler ise çıkıntı sayısının arttığı ve belirgin uzamaların meydana geldiğini gösterir. Dolinlerin Şekilsel

durumunun 1.4 ile 1.5 arasında olması ise Şekilsel olarak karmaşık biçimde olduğunu ve 1.5 ile 3 arasında indise sahip dolinlerinde tümüyle uzamış ya da biçimsiz Şekilde olduğunu ifade etmektedir. Dairesellik değerinin 3'ten büyük olması durumunda ise dolinlerdeki girinti çıkıntının çok ve girintiler uzun hal almış durumdadır. Eğer dairesellik değeri 5'ten büyükse dolinlerdeki girinti çıkıntı sayısının çok daha fazla olduğunu ve ayrıca uzunlukların da arttığı anlamına gelmektedir (Goudie, 1994; Bondesan vd., 1992; Denizman, 2003; Öztürk, 2018a, 2018b).

Dolinlerdeki çukurlaşma oranı (R_), yüzey karstının görüldüğü toplam alanın dolinlerin toplam alanına bölünmesiyle elde edilmektedir (Day, 1976; Williams 1971; Öztürk, 2018a, 2018b). Dolin alan oranı (R_d) ise dolinlerin toplam alanının yüzey karstının görüldüğü toplam alana bölünmesiyle elde edilmektedir (Bondesan, 1992; Öztürk, 2018a, 2018b). 1 km²'deki dolinlerin toplam alanının 1 km²'ye bölünmesiyle de korasyon yoğunluğu oranı (R_k) elde edilir. Ayrıca dolinlerin gelişimine bağlı olarak çeşitli parametrelerde meydana gelen değerimlerin, bu jeomorfolojik birimlerin boyut ve Şekil özellikleri ile olan ilişkisini ortaya koymak amacıyla korelasyon analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda bazı parametreler arasında anlamlı düzeyde pozitif korelasyonlar tespit edilmiş; bu durum dolinlerin gelişim dinamiklerinin sayısal verilerle desteklenmesine olanak sağlamıştır. Çalışma alanına ait morfolojik unsurlarının fotoğraflandırılması için ise DJI Phantom 4 Drone kullanılmıştır.

3. BULGULAR

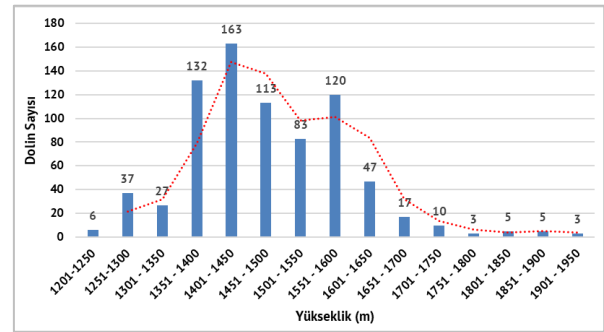
Karstik bölgelerin en karakteristik Şekillerinden olan dolinler, bu alanların morfotektonik ve morfojenetik gelişimlerinin belirlenmesinde kullanılan önemli parametrelerden biridir. Bu yüzden dolinlerin morfometrik analizlerinin yapılması, yüzey karstı çalışmalarında kullanılan en yaygın yöntemlerdendir (Williams, 1972; Goudie, 1994; Bondesan vd., 1992; Denizman, 2003; Telbisz vd., 2009; Basso vd., 2013; Pardo-Igúzquiza vd., 2016; Cafaro vd., 2016; Wall vd., 2016; etu vd., 2017; Őegina vd., 2018; Chen, vd., 2018; Şener & Öztürk, 2019;

Şimşek vd., 2019a; Aydın & Tuncer, 2021; Atayeter & Yayla, 2021; Rodriguez-Castillo vd., 2022; Lončar & Grcič, 2022; Şener vd., 2023; Şener, 2024; Duran & Taştan, 2024; Seven vd., 2025). Çalışma sahasının 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından ve arazi çalışmalarında 771 dolin ile 21 uvala tespit edilmiştir. Bu çalışmada dolin ve uvalaların yükselti basamaklarına göre dağılışı, yoğunluk analizi, uzama oranları, çukurlaşma, dolin alanı ve korasyon yoğunluğu oranları, dairesellik indisi, yönelim özellikleri ile dolin dağılımları-eğim ilişkisi değerlendirilmiştir.

3.1. Dolinlerin Yükselti Basamaklarına Göre Dağılışı

Araştırma sahasındaki toplam 771 dolinin yükselti basamaklarına göre dağılışı incelendiğinde en alçak ve en yüksek yükseltilere sahip alanlarda eğim koşullarına bağlı olarak dolin sayısının az olduğu görülmektedir. Sahadaki dolinler, 1201-1950 metreler arasındaki yükseltilerde dağılışı göstermektedir. Dolinlerin 70'i (%9,1) 1201-1350 m aralığında bulunmaktadır. Dolinlerin 132'si (%17,1) 1351-1400 metreler arasında dağılışı gösterirken, 163 dolin (%21,1) 1401-1450 metreler arasında yayılışı göstermektedir.

113 dolin (%14,7) 1451-1500 m, 83 dolin (%10,8) 1501-1550 m, 120 dolin (%15,6) 1551-1600 m, 47 dolin (%6,1) 1601-1650 metre arasında dağılışı göstermektedir. 1651-1700 m arasında 17 dolin bulunurken 1701-1750 m arasında da 10 dolin, 1751-1900 m arasında ise 13 dolin bulunmaktadır. Sahanın en yüksek kesiminde (1901-1950 m) ise 3 dolin yer almaktadır. Nitekim 1351-1600 metreler arasında toplamda 611 dolin bulunmaktadır (Şekil 5, 7, 8, 9 ve 10). Dolin yoğunluğunun çok olduğu bu yükseltiler arası, Pliyosen rölyef sisteminde ait aşınım yüzeyi parçalarına, paleo vadilerine ve fosil yüzeylerine karşılık gelmektedir (Şekil 5).



Şekil 9: Çalışma sahasındaki dolin sayısının yükseltiye göre değişimi / Figure 9: Change in the number of dolines in the Güneyyayla Basin according to elevation.



Şekil 10: Sivribelen ve Zindanbatan tepelerindeki Pliyosen yüzeyleri üzerinde gelişmiş çökme dolinleri / Figure 10: Collapse dolines developed on Pliocene surfaces in Sivribelen and Zindanbatan hills.

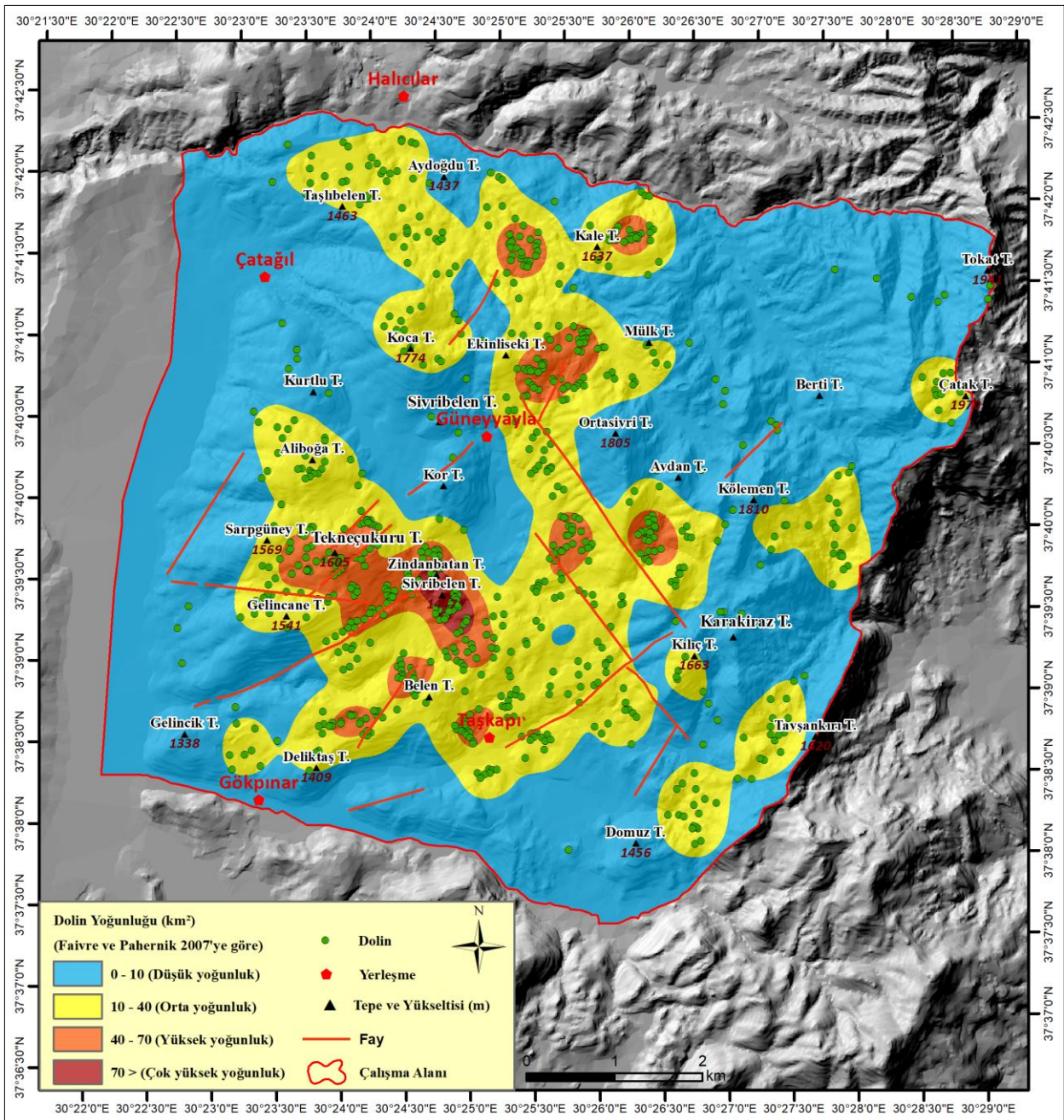
3.2. Dolinlerin Yoğunluk Analizi (D_v)

Bu çalışmada sahada tespit edilen 771 dolinin merkez koordinat değerleri kullanılarak Kernel yoğunluk yöntemiyle dolin yoğunlukları

hesaplanmıştır. Elde edilen dolin yoğunluk değerlerine göre dolin yoğunluk sınıfları, Faivre ve Pahernik (2007) tarafından yapılan sınıflandırmaya uyarlanmıştır. Buna göre

arařtırma sahasında dūřuk, orta, yūksel ve çok yūksel yoęunluklu dolin sınıfları tespit edilmiřtir. Arařtırma alanının 41,4 km²'si 10 dolin/km²'den dūřuk olup dūřuk yoęunluk sınıfına girmektedir. Dūřuk dolin yoęunluęuna sahip alanlar; Adlanmamıř Senomaniyen-Turoniyen kireçtařının yūzeylendięi Kurtlu, Kor, Avdan ve Ortasivri tepelerindedir. Orta derecede dolin yoęunluęuna sahip alanlar ise Tařkapı kōyünün kuzeybatısı (Sarpgūney Tepe, Aliboęa Tepe, Gelincane ve Belen Tepe kōtlelerinde) ve Gūneyayla kōyünün kuzey ve kuzeydoęusundaki (Koca Tepe, Ekinliseki Tepe ve Tařlıbelen Tepe) alanlarda parçalar halinde daęılıř gōstermektedir (řekil 5 ve 11). Orta dolin

yoęunluęuna sahip alanlar ise çalıřma alanının 20,7 km²'sini kaplamaktadır. Yūksel yoęunlukta dolinler ise çalıřma sahasının gūneyinde yer alan Tekneçukuru Tepede, Belen Tepe kuzeybatı ve batısındaki Pliyosen plato yūzeylelerinde, Tařkapı kuzeybatısındaki yūzeylelerde, Avdan ve Ortasivri tepelerinin gūneyindeki sıyrılma yūzeylelerinde, Ekinliseki Tepe doęusunda, Kale Tepe yūzerinde ve onun batısındaki sıyrılma yūzeylelerinde geliřtięi gōr÷lmektedir. Yūksel dolin yoęunluęuna sahip alanlar ise 3,8 km² alan kaplamaktadır. Çok yūksel dolin yoęunluęu ise Sivribelen ve Zindanbatan Tepelerinde gōr÷lmekte olup çalıřma alanında 0,2 km² yer kaplamaktadır.

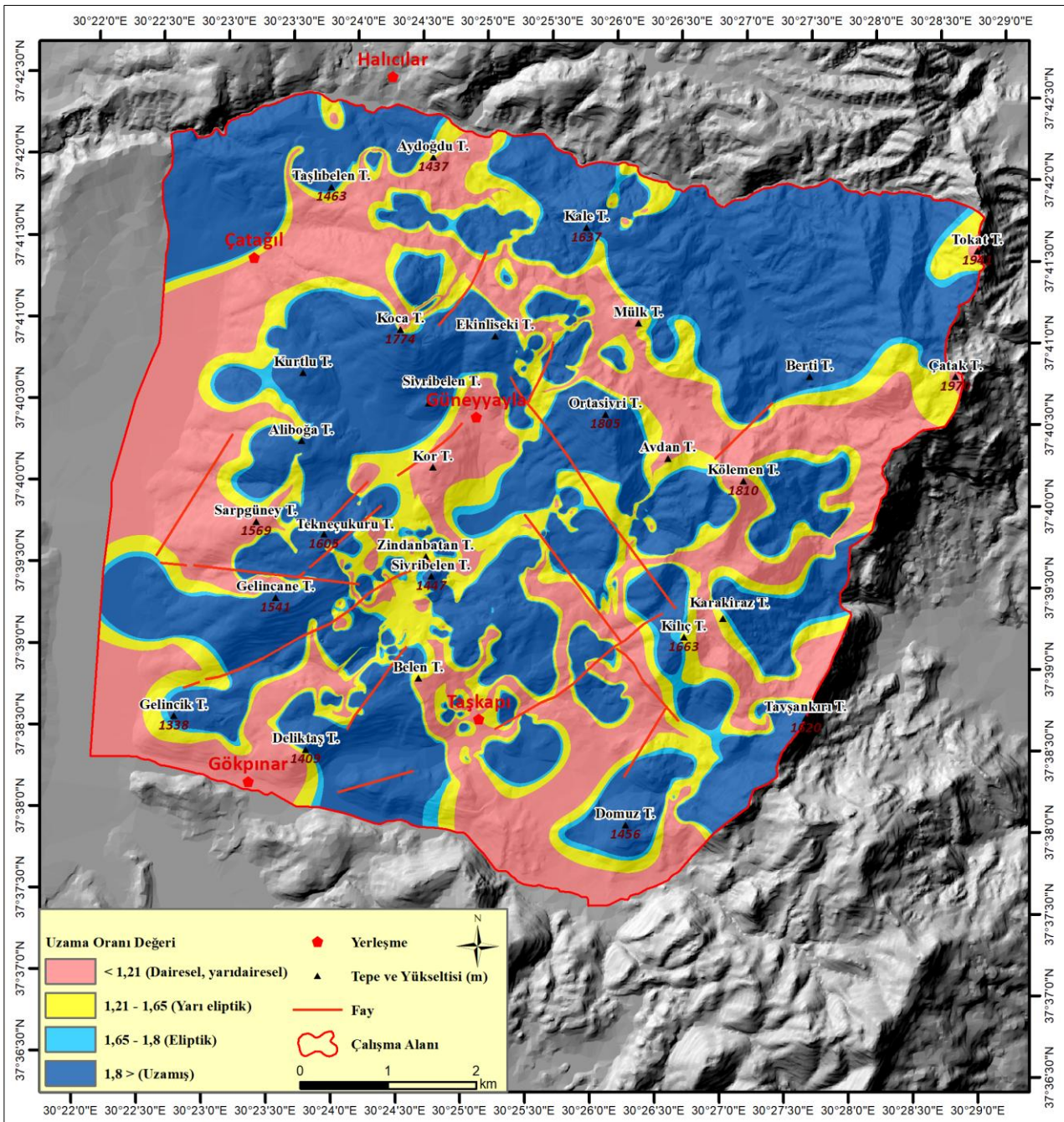


şekil 11: Çalışma sahasında dolin yoğunluklarının alansal dağılışı / **Figure 11:** Spatial distribution of doline densities in the study area.

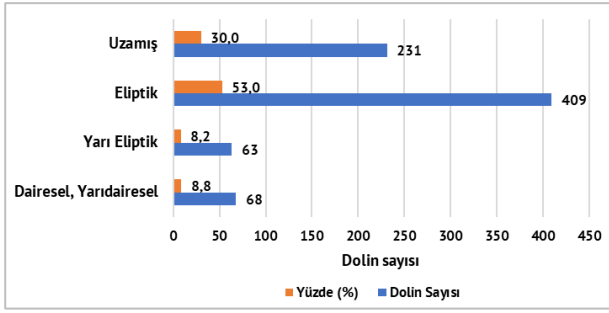
3.3. Dolinlerin Uzun Eksen (U), Kısa Eksen (K) ve Uzama Oranı (R_E)

Araştırma sahasındaki 771 dolinin uzun eksen ve kısa eksen değerleri kullanılarak her bir dolinin uzama oranı (R_E) hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerle dolinler, Basso vd. (2013) tarafından yapılan dolin uzama oranı değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Buna göre; sahadaki dolinlerin kısa eksen değerleri 5,3 m ile 529,7 m arasında, uzun eksen değerleri ise 6,4 m ile 804,5 m arasında değişiklik göstermektedir. Çalışma sahasındaki dolinlerin kısa eksen ortalama uzunlukları 41,9 m iken

uzun eksen ortalama uzunlukları 85,8 m'dir. Dolinlerin uzama oranlarına bakıldığında ise bu oranların 0,9 ile 17,3 arasında değiştiği grlmektedir. Dolinlerin ortalama uzama oranı değeri 2,29'dur. Dolinlerin 68'i (%8,8) dairesel, yarıdaireseel, 63' (%8,2) yarı eliptik, 409'u (%53) eliptik ve 231'i (%30) uzamış dolin sınıflandırmasına girmektedir (şekil 12 ve 13). Dolinlerin eliptik olanları eğim değerleri düşük Pliyosen aşınım yüzeyi parçaları ve sıyrılmış fosil yüzeyler üzerinde yoğunluk kazanmışken uzamış dolinler yine bu dönemin paleo vadileri içerisinde ve eğim değerlerinin kısmen arttığı yüzeyler üzerinde gelişim göstermiştir.



şekil 12: Çalışma sahasındaki dolinlerin uzama oranı değerinin dağılışı / Figure 12: Distribution of the elongation ratio values of dolines in the study area.



Şekil 13: Çalışma sahasında geometrik özelliklerine göre dolin sayıları ve oranları (%) / **Figure 13:** Doline numbers and rates (%) according to geometrical features in the study area.

3.4. Dolinlerin Çukurlaşma Oranı (R_c), Dolin Alanı Oranı (R_D) ve Korasyon Yoğunluğu Oranı (R_k)

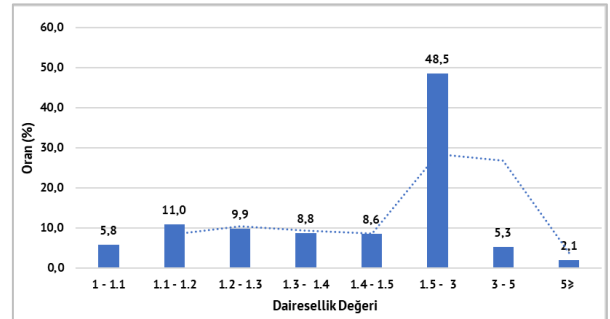
Sahadaki dolinler üzerinden elde edilen çukurlaşma oranı (R_c), dolin alan oranı (R_D) ve korasyon yoğunluğu oranı (R_k) indislerine göre çalışma alanındaki dolinlerin çukurlaşma oranı 21,7 iken dolin alan oranı 0,04 olarak hesaplanmıştır. En düşük çukurlaşma oranı değeri 1 iken dolin alan oranı ve en yüksek korasyon yoğunluk oranı değeri 1 olarak karşımıza çıkmıştır. Bu üç indiste değerlerin 1'e yaklaşması yüzey sularının tamamının dolinler aracılığıyla yer altı sistemine aktarıldığını ve yüzeysel drenajın yeteri kadar gelişmediğini göstermektedir. Değerin 1'den uzaklaşması ise yüzeysel drenajın gelişmiş olduğunu ve dolinlerin kaplamış olduğu alanın az olduğunu gösterir. Çukurlaşma oranı yüksek olan değerler, sahanın güneydoğusunda Pliyosen yüzeyinde belirgin bir kırık boyunca gelişen çökme dolinlerine aittir. Dolinler için bulunan indis değerlerinin 1 veya 1'e yakın olarak bulunması, kireçtaşlarının çok kırıklı-çatlaklı yapısal özelliğinden ve aynı zamanda sıyrılmış (ezilmiş) yüzeyler olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 1: Çalışma sahasında dolinlerin dairesellik indis değerlerine göre sayıları ve şekilsel durumları / **Table 1:** Numbers and shape of dolines in the study area according to circularity index values.

Dairesellik Değeri	Dolin Sayısı	Oran (%)	Dolinlerin Şekilsel Durumu
$1 \geq I_c > 1.1$	45	5,8	Dairesel dolinler
$1.1 \geq I_c > 1.2$	85	11,0	Dolinlerde dairesellik bozulmaya başlamış
$1.2 \geq I_c > 1.3$	76	9,9	Dolinlerde birden fazla çıkıntı oluşmuş, dairesel şeklini kaybetmiş
$1.3 \geq I_c > 1.4$	68	8,8	Dolinlerde çıktılar artmış, belirgin uzamalar görülür
$1.4 \geq I_c > 1.5$	66	8,6	Dolinler karmaşık biçimler almaya başlamış
$1.5 \geq I_c > 3$	374	48,5	Dolinler tamamen uzamış, biçimsiz dolinler
$3 \geq I_c > 5$	41	5,3	Dolinlerde girinti- çıkıntı çok ve girintiler uzun
$5 \geq I_c$	16	2,1	Dolinlerde girinti- çıkıntı çok fazla ve uzunluğu fazla dolinler
Toplam	771	100,0	

3.5. Dolinlerin Alan (A), Hacim (V), Çevre Uzunluğu (P) ve Dairesellik İndisi (I_c)

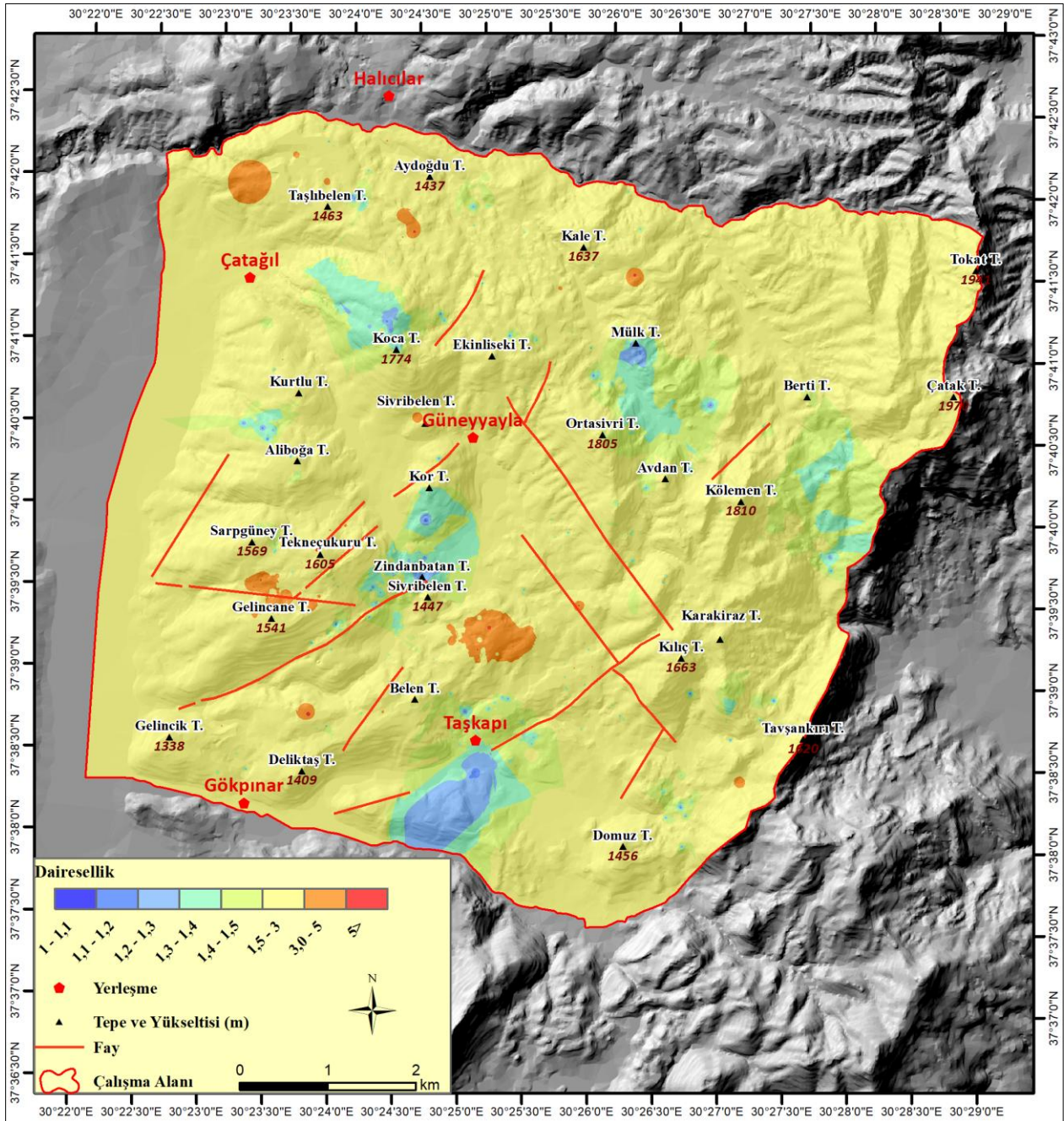
Çalışma alanındaki dolinlerin alan ve çevresel uzunlukları hesaplandıktan sonra dairesellik indisi (I_c) hesaplanmıştır. Buna göre en küçük dolin $27,4 \text{ m}^2$ alana sahip iken en büyük dolinin alanı 182967 m^2 'dir. Dolinlerin ortalama alanı ise $3965,6 \text{ m}^2$ 'dir. Dolinlerin çevre uzunluk özelliklerine bakıldığında; dolinlerde en kısa çevre uzunluğu $18,9 \text{ m}$ olarak ölçülmüşken en uzun çevre uzunluğu $2162,2 \text{ m}$ olarak ölçülmüştür. Dolinlerin ortalama çevre uzunluğu ise $231,6 \text{ m}$ olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki dolinlerin dairesellik indis değerleri 1.03 ile 9.02 arasında değişmektedir. Dolinlerin ortalama dairesellik indisi değeri ise $1,82$ 'dir. Sahadaki dolinlerin 374 'ü ($\%48,5$) 1.5 - 3 arasındaki indis değerine sahipken 57 'si ($\%7,4$) 3 ve üzeri indis değerine sahiptir. Sahada 45 dolin ($\%5,8$) dairesel özelliğini korurken 85 dolinin ($\%11,0$) daireselliği bozulmaya başlamıştır. Dairesel şeklini kaybetmiş ve girinti-çıkıntıları artmış ve karmaşık biçimler almaya başlamış (1.2 - 1.5) dolin sayısı 210 ($\%27,3$)'dur (Şekil 14; Tablo 1).



Şekil 14: Çalışma sahasındaki dolinlerin dairesellik değerlerine göre yüzdelik dağılımları / **Figure 14:** Percentage distribution of dolines in the study area according to their circularity values.

Sahada; dairesellik indis değeri 1-1,2 arasında olan dairesel ve daireselliği bozulmaya başlamış dolinler Tařkapi gúneyindeki yúzeylerde, Zindanbatan ve Sivribelen tepelerde, Koca Tepe kuzeyinde ve Múlk Tepe úzerinde górlürken dairesellik indis değeri 1,3-1,5 arasında olan çıkıntılara sahip ve karmaşık formlar kazanmış dolinler bu tepe ve alanları çevresinde, Kurtlu-Aliboęa tepeler arasında, Kólemen Tepe doğusundaki dalgalı yúzeylerde górlmektedir. Dairesellik indis değeri 1,5-5 arasında olan tamamen uzamış, biçimsiz, çok

sayıda girinti-çıkıntıya sahip dolinler ise Gelincane Tepe kuzeyinde ve Gúneyayla Polyesinin gúneyindeki sıyrıma yúzeylerinde, ayrıca sahanın farklı yerlerindeki kúük alanlarda górlmektedir (şekil 15). Dairesel şeklini kaybetmiş ve girinti-çıkıntılı artmış dolinler, sahada ózellikle yeni sıyrılmış veya henüz sıyrıma tam anlamıyla sonlanmadığı düze yakın ve az eğimli yúzeylerle ilişkilidir. Dairesel ózellięini koruyanlar ise örtölmemiş veya örtüden çok önceleri (belki Pleyistosen ortalarında) kurtulmuş fosil yúzeylerde gelişim göstermişlerdir.



şekil 15: Çalışma sahasındaki dolinlerin dairesellik indis değerinin dağılışı / **Figure 15:** Distribution of circularity index values of dolines in the study area.

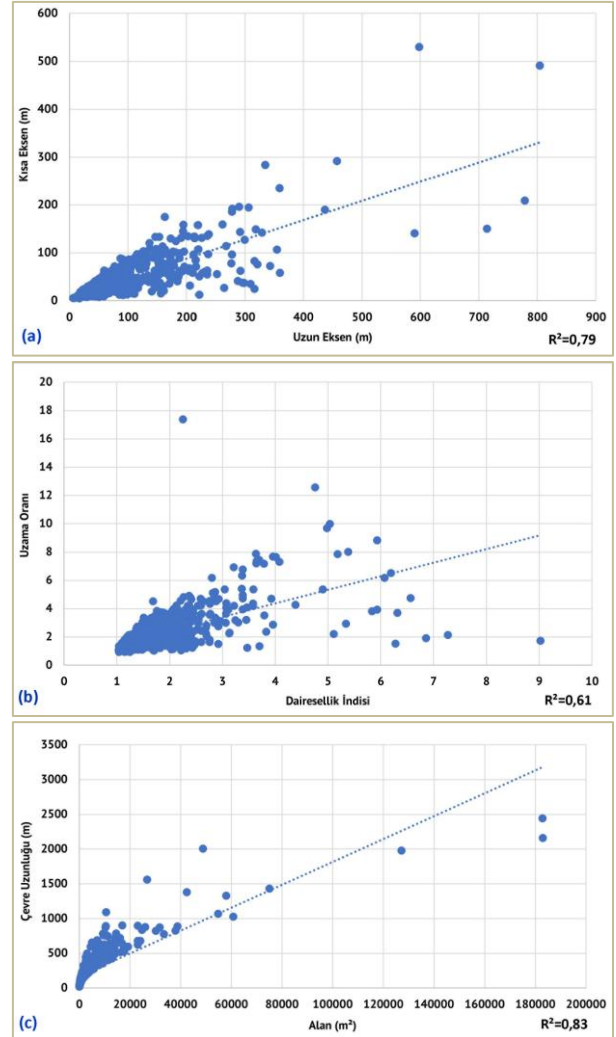
Çalışma alanındaki 771 doline ait morfometrik veriler, dolinlerin şekilsel özellikleri arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. şekil 16'da sunulan grafikler, uzun eksen, kısa eksen, uzama oranı, dairesellik indisi, alan ve çevre uzunluğu gibi temel ölçütler arasındaki korelasyonları göstermektedir. Buna göre, dolinlerin uzun eksen değerleri büyüdükçe kısa eksen değeri de büyümektedir. Dolinlerin alan değerleri arttıkça çevre uzunluk değerlerinde de artış yaşanmaktadır. Bunlara bağlı olarak ise uzama oranı arttıkça dairesellik indis değerinde de artış görölmektedir. Yani bu indisler arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır (şekil 16).

şekil 16a'da (uzun eksen ve kısa eksen ilişkisi), dolinlerin uzun ve kısa eksen değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Uzun eksen değeri arttıkça kısa eksende de anlamlı bir artış gözlemlenmiştir ($R^2=0,79$). Bu yüksek korelasyon, dolinlerin boyutsal büyümesinin orantılı olarak gerçekteşiğini göstermektedir. Başka bir ifadeyle, daha uzun dolinler genellikle daha geniş de olmaktadır ve bu durum dolinlerin geometrik yapısının büyüklük arttıkça korunma eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır.

şekil 16b'de (daireellik indisi ve uzama oranı ilişkisi), dairesellik indisi ile uzama oranı arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Dairesellik indisi arttıkça uzama oranında da artış görölmektedir. Bu durum, dolinlerin belirli bir şekilsel evrim sürecine tabi olduğunu ve dolinlerin hem daha dairesel hem de uzamış formlar gösterebildiğini düşündürmektedir. Bu bulgu, dolinlerin oluşum sürecinde etkili olan jeomorfolojik (fosilize olma, sıyrılma, morfolojik gençleşme, çok dönemli gelişim) ve jeolojik (litiolojik farklılıklar, bindirmeli yapı, kırıklı-çatlaklı yapı, petrografik özellik, tektonizma) faktörlerin şekilsel çeşitliliğe yol açtığını göstermektedir.

şekil 16c'de (alan ve çevre uzunluğu ilişkisi) ise dolinlerin yüzey alanı ile çevre uzunluğu arasındaki ilişkiyi sunmaktadır. Alan arttıkça çevre uzunluğunun da paralel olarak arttığı tespit edilmiştir ($R^2=0,83$). Bu yüksek korelasyon, daha geniş alan kaplayan dolinlerin aynı zamanda daha karmaşık ya da uzun çevrelere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, dolinlerin büyüklüğü ile kenar

geometrileri arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ve bu ilişkinin dolin gelişimiyle paralel seyrettiğini göstermektedir. Bu durum, dolinlerin büyüdükçe girintili-çıkıntılı bir forma dönüştüğünü göstermektedir. Bu da özellikle yeni sıyrılmış veya halen ince bir ofiyolitik melanjla örtölü yüzeylerde çok belirgindir. Hatta buralardaki bazı dolinler uvalalara dönüşme aşamasına gelmişlerdir.

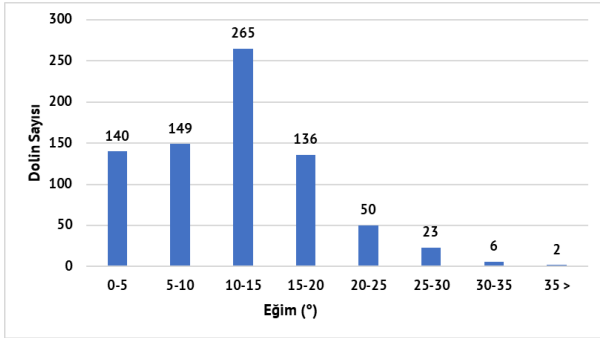


şekil 16: Çalışma sahasındaki 771 doline ait (a) uzun eksen ve kısa eksen, (b) uzama oranı ve dairesellik indisi, (c) alan ve çevre uzunluğu değerleri / **Figure 16:** Long axis and short axis (a), elongation ratio (b) and circularity index (c), area and perimeter values of 771 dolines in the study area.

3.6. Dolin Dağılışının Eğim Özellikleri ile İlişkisi

Araştırma sahasındaki dolinlerin dağılışları ile eğim koşulları arasındaki ilintiyi açıklayabilmek için 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritasından yararlanılarak eğim haritası oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre saha ortalama $16,1^\circ$ eğim değerine sahiptir. Dolin sayısının en fazla olduğu eğim aralığı $10^\circ-15^\circ$ dir. Bu eğim aralığındaki dolin sayısı 265'tir. İkinci en fazla

dolinin (149) geliştiği eğim değeri aralığı 5°-10°'dir. En az sayıda dolin ise 35°'den yüksek eğim değerlerine sahip topoğrafyalarda, yani yüksek eğimli alanlarda görölmektedir. Sahanın eğim değerleri 0°-5° arası yüzeylelerinde 140 dolin, 15°-20° arası yüzeylelerinde 136 dolin ve 20°-25° arası yüzeylelerinde 50 dolin gelişim göstermiştir. Bu sonuçlara göre, dolinlerin az ve orta eğim koşullarına sahip alanlarda yani yüzey sularının yavaş hareket edebildiği (kayaları çözebilecek kadar oyalanabildiği) yüzeylerde gelişim gösterdiği dikkat çekmektedir (şekil 17).

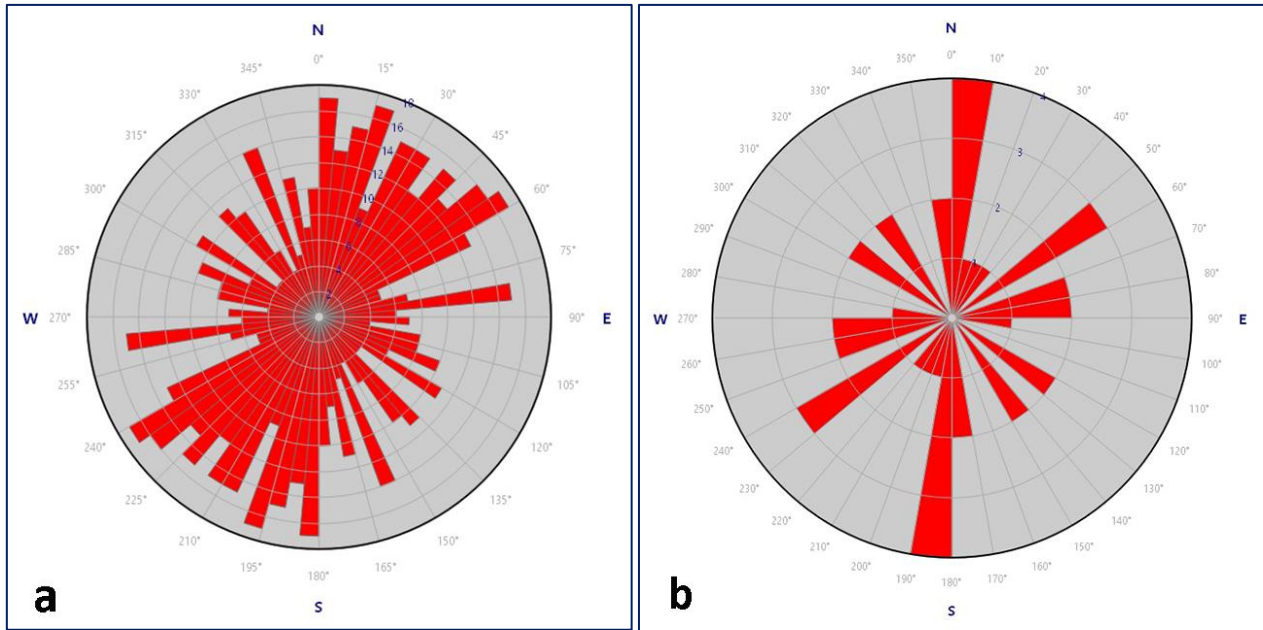


şekil 17: Çalışma sahasındaki dolin sayısının eğim koşullarına göre değişimi / **Figure 17:** Change in the number of dolines in the study area according to the slope conditions.

3.7. Dolinlerin Yönelim Özellikleri

Karstlaşmanın şekillenmesinde ve karstik şekillerin gelişimlerinde fay, çatlak, yarık sistemleri ile monoklinal ve dik eğimli

tabakaların uzanımlarının oluşturduğu yapısal durumlar, askıda kalmış paleo vadiler ve bunların uzanımları etkili olmaktadır. Dolin ve uvalaların gelişimleri ve yönelimleri de bu fay, çatlak ve yarık sistemleri ile uyumlu olarak karşımıza çıkmaktadır. Yani bunların sahadaki yönelimleri, sahanın sahip olduğu fay, çatlak, yarık ve tabaka sistemleri hakkında önemli ipuçları vermektedir (Nazik, 1986; Tuncer, 2018; Aydın & Tuncer, 2021). Buna göre sahadaki dolin yönelim özelliklerinin tespit edilmesi, alana ait yapısal özelliklerle ilgili verilerin elde edilmesi ve bunların yorumlanmasında önemli bir parametredir (Faivre & Reiffsteck, 1999; Öztürk, 2020; Çetinkaya vd., 2023). Dolin yönelimleri, dolin uzun eksen hattının kuzeyle yapmış olduğu açının (azimut açısı) hesaplanmasıyla belirlenmektedir. Buna göre GeoRose programı kullanılarak dolin uzun eksen doğrultularını gösteren gül diyagramı hazırlanmıştır. 771 dolin için yapılan bu gül diyagramı incelendiğinde uzun eksen doğrultularında hâkim yönün 0-60° arasında KD-GB olduğu görölmektedir (şekil 18a). Dolinleri bu yönelim özelliklerinde paleo vadi uzanımları, bindirmeler hatlarının, fayların ve kırık sistemlerinin gösterdiği uzanımlar ile topoğrafyanın genel eğim (paleo drenaj) yönelimi belirleyici olmuştur.

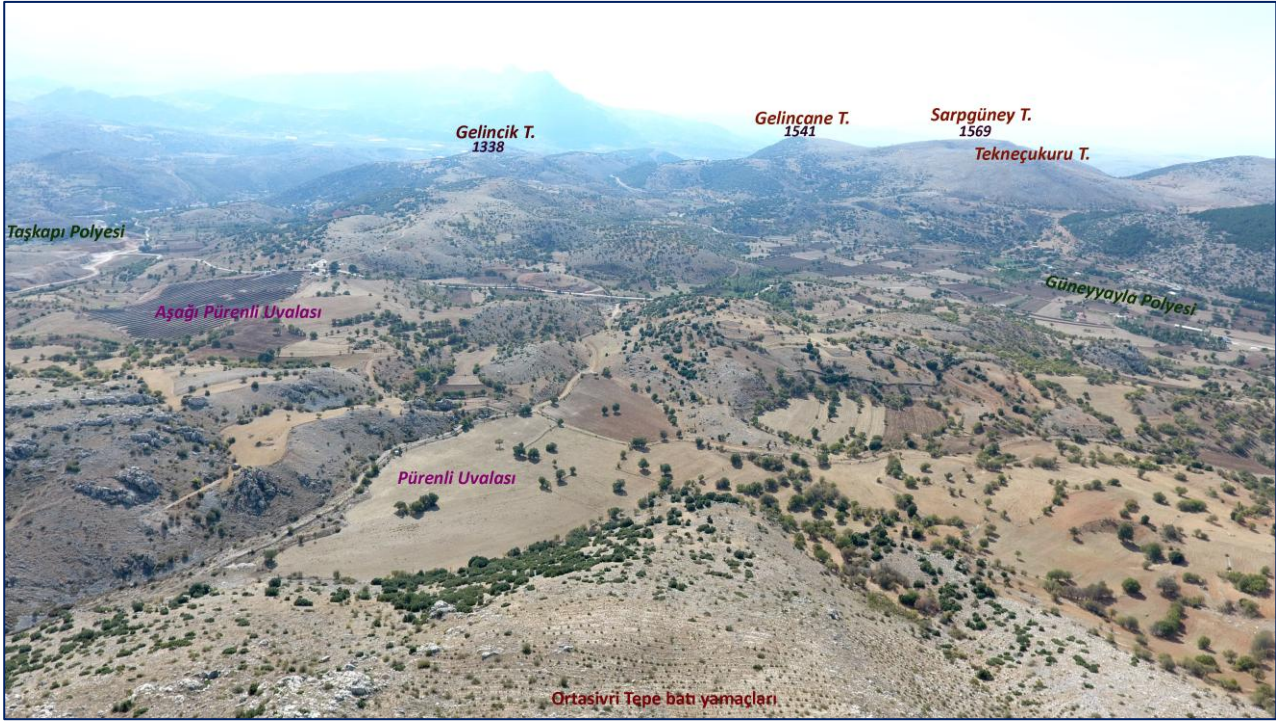


şekil 18: Çalışma alanındaki dolin (a) ve uvalaların (b) uzun eksen yönelimlerini gösteren gül diyagramı. **Figure 18:** Rose diagram showing the long axis orientations of dolines (a) and uvalas (b) in the study area.

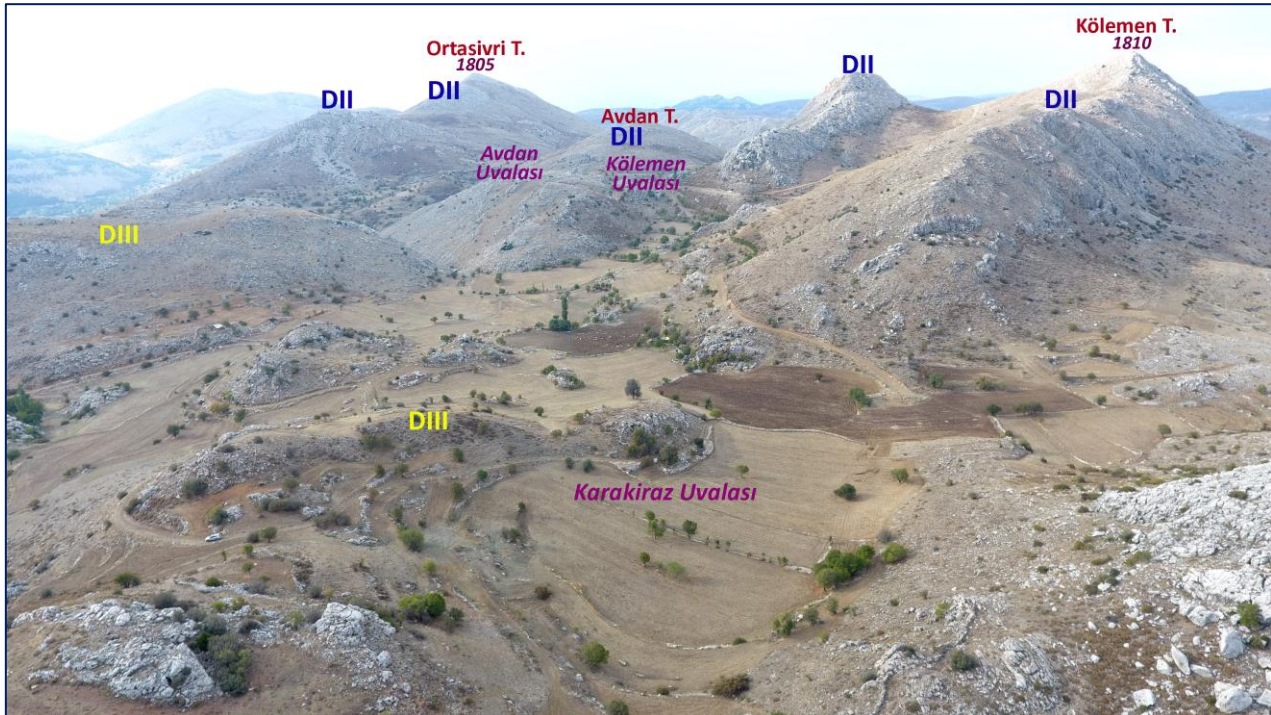
3.8. Uvalalar

Çalışma sahasındaki karstik depresyonların yaklaşık 1,18 km²'sini oluşturan uvalalar, dolinler kadar çok sayıda olmasa da sahanın karst jeomorfolojisine ait ikinci en önemli ünitesidir. Güneyyayla çevresinde 21 adet uvala tespit edilmiş olup, bunlar oluşum ve gelişim özelliklerine bağlı olarak farklı büyüklükte dirler. Araştırma sahasındaki

uvalaların yükseltisi 1351-1650 metreler arasında dağılış göstermektedir. Uvalaların 16'sı (%76) 1351-1500 m aralığında bulunmaktadır. Uvalaların 5'i (%23,8) ise 1501-1650 m arasında dağılış göstermektedir. Uvala gelişiminin yoğun olduğu alanlar, eğimin düşük olduğu Pliyosen sıyrılma yüzeylerine (halen parçalar halinde ince bir örtünün var olduğu) karşılık gelmektedir (şekil 5, 19 ve 20).



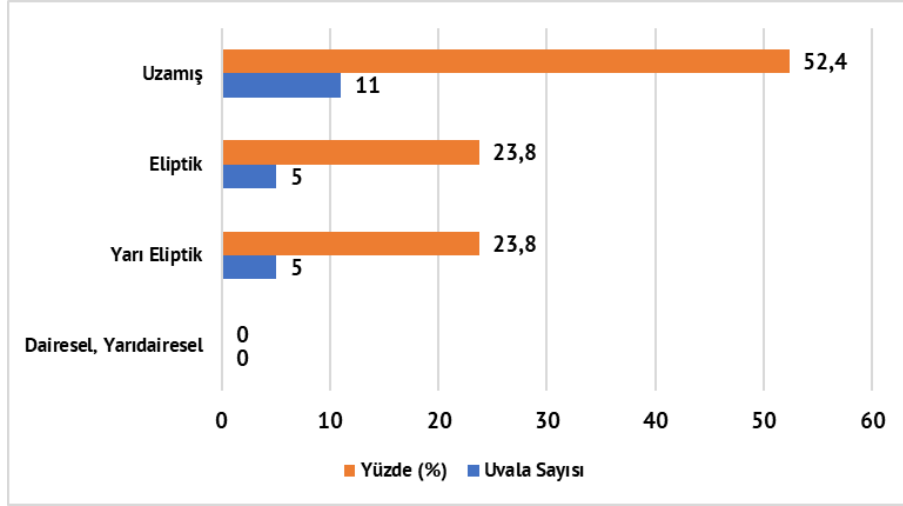
şekil 19: Güneyyayla Polyesi güneyinde fosil yüzeylerde gelişmiş uvalalar / **Figure 19:** Uvalas developed on fossil surfaces in the south of Güneyyayla Polje.



şekil 20: Çalışma sahasının doğusunda sıyrılma yüzeyinde gelişmiş Avdan, Kölemen ve Karakiraz uvalaları. / **Figure 20:** Avdan, Kölemen and Karakiraz uvalas developed on the exhumed surface in the east of the study area.

Uvalalardan alınan uzun eksen ve kısa eksen değerleri incelendiğinde; kısa eksen uzunluk değerleri 47,2 m ile 424 m arasında değişiklik göstermektedir. Uzun eksen değerleri ise 83,8 m ile 924,4 m arasındadır. Çalışma alanındaki uvalaların ortalama uzunlukları kısa eksende 222,8 m, uzun eksende 405,9 m'dir. Uvalalardan elde edilen uzun eksen ve kısa eksen değerleri ile uzun eksenin kısa eksene bölünmesi sonucunda uzama oranı elde edilmiştir.

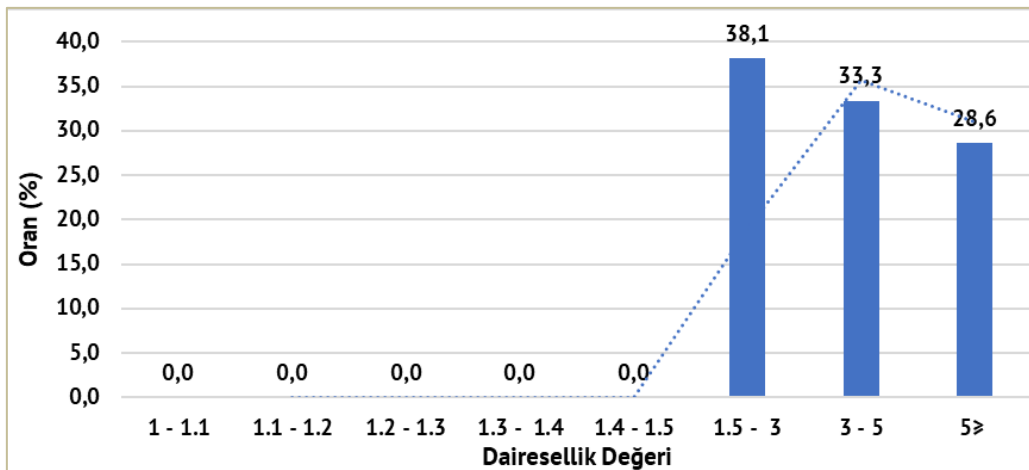
Uvalaların uzama oranları incelendiğinde ise bu oranların 1,37 ile 3,77 arasındadır. Uvalaların ortalama uzama değeri ise 1,99'dur. Uvalaların 5'i (%23,8) yarı eliptik, 11'i (%52,4) uzamış ve 5 adeti (%23,8) eliptik şekle sahiptir (şekil 21). Uzamış uvalaların varlığı, az veya orta eğimli fosil yüzeylerde sıyrılmanın halen devam etmesi ile ilişkilidir. Eliptik ve yarı eliptik olanlar ise rtlmemiş yüzeylerde veya örtüden sıyrılmanın sonrasında gelişmiş olanlardır.



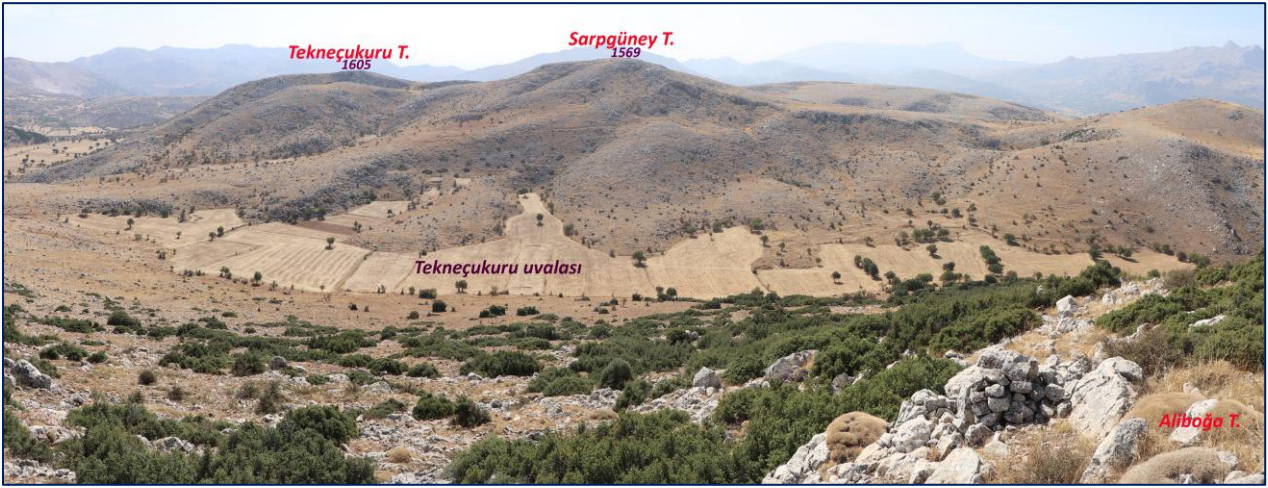
şekil 21: Çalışma alanında geometrik özelliklerine göre uvala sayıları ve oranları (%) / **Figure 21:** Numbers and rates of uvala according to geometrical features in the study area (%).

Uvalalar arasında en küçük alana sahip 0,0019 km² ile Kale Uvalası (Kale T. batısı) zerinde yer almaktadır. En fazla alana sahip olan uvala ise 0,301 km² ile Karakiraz Uvalası'dır (Karakiraz T. kuzeyi). Uvalaların ortalama alanı ise 0,562 km²'dir. Uvalalarda en kısa evre uzunluk değeri 337,5 m iken en uzun evre uzunluk değeri 3837,6 m'dir. Uvalaların ortalama evre uzunluğu ise 1532 m'dir. Uvalaların alan ve evre uzunluk değerleriyle hesaplanan dairesellik indisine göre uvalaların dairesellik

değeri 1,88 ile 10,33 arasında değişmektedir. Uvalaların şekilsel durumu incelendiğinde daireselliğe en yakın olan 1,88 değeri ile Kale Uvalası'dır. şekilsel olarak dairesellikten en çok uzaklaşan ise Kölemen Uvalası'dır (Kölemen T. batısı). Uvalaların 8'i (%38,1) biçimsiz uvala, 7'si (%33,3) girinti-çıkıntı çok ve girintiler uzun, 6'sı (%28,6) ise girinti-çıkıntı çok fazla ve uzunluğu fazla uvala kategorisindedir (şekil 5, 21, 22 ve 23).



şekil 22: Çalışma alanında uvalaların dairesellik değerleri ve oranları (%) / **Figure 22:** Circularity values and ratios (%) of uvalas in the study area.



Şekil 23: Doğu-Batı uzanımlı bir paleo vadide gelişmiş Tekneçukuru uvalası / **Figure 23:** Tekneçukuru uvala developed in an east-west oriented paleo valley

Uvalaların yönelimleri, uzun eksen hattının kuzeyle yapmış olduğu açının (azimut açısı) hesaplanmasıyla belirlenmektedir. GeoRose programı kullanılarak uvala uzun eksen doğrultularına göre hazırlanmış olan gül diyagramı, 21 uvalanın uzun eksen doğrultularında hâkim yönün 360-10° arasında K-G olduğu, ikinci ağırlıklı yönelimin ise KD-GB olduğu görülmektedir (Şekil 18b). Uvalalarda diğer uzun eksen yönelimleri dağınıklık gösterdiği dikkat çekmektedir. Bunda sahadaki geniş bir alanın genç bir sıyrılma yüzeyi özelliği göstermesinin rolü büyük olsa gerek. Uvalalar özellikle sahanın batı kesiminde tamamen sıyrılmış karstik yüzeylerde ve paleo vadiler içerisinde gelişim gösterirken batı, kuzey ve güney kesimlerinde kireçtaşları üzerinde yer yer henüz ince bir melanaj örtüsünün var olduğu aşınım yüzeyi parçaları üzerinde veya paleo vadi içlerinde gelişim göstermiştir.

4. SONUÇ

Çalışmada Güneyayla (Burdur) çevresinde gelişmiş genç karstik şekiller (dolin ve uvalalar) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı olarak incelenmiştir. İnceleme sürecinde topoğrafya haritaları, uydu görüntüleri ve arazi gözlemlerinden elde edilen veriler değerlendirilmiş; bu doğrultuda söz konusu karstik şekillerin dağılışı ve morfometrik özellikleri belirlenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışma alanı tektostratigrafik açıdan değerlendirildiğinde oldukça karmaşık bir bölgede olduğu görülmüştür. Bölgede farklı

dönemlere ait otokton, paraotokton, neotokton ve allokton konumlu birimler bulunduğu görülmüştür. Karstik şekillerin dağılışı ve morfometrik özelliklerini belirleyen Güneyayla Paraotoktonu, Yeşilbarak Napı, Marmaris Ofiyolit Napı, Domuzdağ Napı ve Pliyo-Kuvaterner tektonik örtü birimleri bulunmaktadır.

Saha çalışmalarında ve sahanın 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları üzerinden 771 dolin ve 21 uvala olmak üzere toplam 792 karstik depresyon belirlenmiştir. Sahadaki dolinler 1201-1950 metreler arasında dağılım göstermektedir. Şekillerin büyük bir bölümü (%79,3'ü) 1351-1600 metreler arası yükseklikte yer alır. Sahada çok yüksek dolin yoğunluğuna sahip alanlar (>70 dolin/km²) oldukça az yer (0,2 km²) kaplamaktadır. Düşük dolin yoğunluğuna sahip alanlar ise çalışma alanında %41,1 km² alan kaplar. Dolin yoğunluğu homojen olmayıp yüksek dolin yoğunluğu Pliyosen aşınım yüzeyleri üzerinde görülmektedir. Bununla beraber Üst Kretase paraotokton kireçtaşları ile bindirmeli Dutdere kireçtaşları üzerinde gelişen pliyosen aşınım yüzeyi parçaları arasında kalan flüvyokarstik vadileri bulunmaktadır.

Tüm dolinlerin uzun eksen/kısa eksen oranı ortalama 2,29'dur. Dolinlerin büyük bir bölümü yarı eliptik, dairesel ve yarıdairesel şekillere sahiptir. Dolinlerin ortalama alanı 3965,6 m², ortalama çevre uzunluğu 231,6 metredir. Dolinlerin alan ve çevre uzunluklarına göre bulunan dairesellik indisi değerinin ortalaması 1,82'dir. Dairesellik indisi değerlerine göre dolinlerin %48,5'i 1.5-3 değerleri arasında yer alır. Bu durum dolinlerin tamamen uzamış,

biçimsiz dolin olduklarını göstermektedir. Dolinlerin tamamen uzamış, biçimsiz hale gelmesinde fay, çatlak ve yarık sistemleri ve litolojik koşullar etkili olmuştur. Çalışma sahasında bulunan dolinlerin uzun eksen uzanımlarında hakim doğrultu KD-GB'dır. Dolinlerin eğim ile olan ilişkisi incelendiğinde ise en fazla dolinin (265 adet) 10°-15° arasındaki eğim aralıklarında bulunduğu görülmüştür.

Çalışma alanındaki 771 doline ait morfometrik analizler ile dolinlerin şekilsel özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek için yapılan hesaplamaların (uzun eksen, kısa eksen, uzama oranı, dairesellik indisi, alan ve çevre uzunluğu gibi temel ölçütler arasındaki korelasyonların) ortaya koyduğu morfometrik değerler, dolinlerin boyutsal özelliklerinin birbirleriyle anlamlı ilişkiler içerisinde olduğunu ve bu ilişkilerin dolinlerin oluşum mekanizmaları hakkında önemli ipuçları sunduğunu göstermektedir. Alan büyüklüğü, eksen ve çevre uzunlukları gibi parametreler dolinlerin evrimsel süreçlerinde yapısal ve jeomorfolojik faktörlerin etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, sahadaki dolinlerin; bindirmeli yapılarda gelişen erozyonal faaliyetlerle sıyrılmanın tamamlanmadığı veya sıyrılmanın son aşamaya ulaştığı alanlarda şekilsel bozukluklara sahip olduğu, sıyrılmış yüzeylerde ise paleo vadiler içerisinde uzamış ve sıralı dolinler şeklinde dağılışı gösterdiği ortaya çıkarılmıştır. Uzanımlarında ve şekilsel bozunumlarında litolojik sınırların, fay ve çizgisel uzanımların ve aşınım yüzeylerindeki eğim koşullarının da etkili olduğu belirlenmiştir. Buna göre yapısal, litolojik ve paleo ve aktüel jeomorfolojik özelliklerin dolin gelişimi, dağılışı ve morfometrik özellikleri üzerinde belirleyici olduğu söylenebilir. Dolayısıyla saha, birden fazla etken ve süreçlerden etkilenmesi nedeniyle polijenik bir topoğrafyaya sahiptir.

Çalışma alanında dolinlerden sonra sahanın karst jeomorfolojisine ait ikinci en önemli unsuru uvaladır. Uvalalar çalışma alanında bulunan karstik depresyonların 1,18 km²'sini oluşturmakta olup toplamda 21 adettir. Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında uvalaların 1351-1650 metreler arasında ve farklı büyüklüklerde olduğu belirlenmiştir.

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Arazi çalışmalarında drone kullanarak fotoğraf çekimlerinde yardımcı olan M. Cihat SANCAR'a, teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Atayeter, Y., & Yayla, O. (2021). Morphometric analysis of dolines on Kestel (Burdur) Mountain. In: V. Krystev, S. Çelik Uğuz, R. Efe & E. Kapluhan (Eds.), *Tourism Studies And Social Sciences*, (pp. 503-517).
- Aydın, S., & Tuncer, K. (2021). Bozdağ'da (Denizli) dolinlerin morfometrik özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 33-48. <https://doi.org/10.17211/tcd.1013232>
- Altın, F., & Tuncer, K. (2023). Çeltikçi havzasında (Burdur) yan yana gelişmiş fosil ve genç dolin topoğrafyaları. *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(2), 231-251. <https://doi.org/10.51800/ecd.1354400>
- Aslan, A., & Tuncer, K. (2024). Kestel Dağı (Burdur) batısında flüvyokarstik kökenli polyelerin jeomorfolojik özellikleri, oluşum ve gelişimleri. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (12), 14-36. <https://doi.org/10.46453/jader.1379095>
- Basso, A., Bruno, E., Parise, M., & Pepe, M. (2013). Morphometric analysis of sinkholes in a karst coastal area of southern Apulia (Italy). *Environmental Earth Science*, (70), 2545-2559. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2297-z>
- Bondesan, A., Meneghel, M., & Sauro, U. (1992). Morphometric analysis of dolines. *International Journal of Speleology*, 21(1), 1-55.
- Bögli, A. (1980). *Karst hydrology and physical speleology*. Springer Verlag, Berlin.
- Cafaro, S., Gueguen, E., Parise, M., & Schiattarella, M. (2016). Morphometric analysis of karst features of the Alburni Mts, southern Apennines, Italy. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 39(2), 121-128. <https://doi.org/10.4461/GFDQ.2016.39.11>
- Car, J. (2001). Structural bases for shaping of dolines. *Acta Carsologica*, 30(2), 239-256.
- Çetu, T., Šegina, E., & Gosar, A. (2017). Geomorphological dating of Pleistocene conglomerates in central Slovenia based on spatial analyses of dolines using LiDAR and Ground Penetrating Radar. *Remote Sensing*, 9(12), 1213. <https://doi.org/10.3390/rs9121213>
- Chen, H., Oguchi, T., & Wu, P. (2018). Morphometric analysis of sinkholes using a semi-automatic approach in Zhijin County, China. *Arabian Journal*

- of Geosciences, (11), 412.
<https://doi.org/10.1007/s12517-018-3764-3>
- Cvijić, J. (1893). Das Karstphänomen: Versuch einer morphologischen monographie. Geographische Abhandlungen, 5(3), 217–329.
- Çetinkaya, G., Şimşek, M., & Öztürk, M. Z. (2023). Doğu Toroslar'daki çözünme dolinlerinin morfometrik özellikleri. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, (10), 20-33.
<https://doi.org/10.46453/jader.1201290>
- Day, M. (1976). The morphology and hydrology of some Jamaican karst depressions. Earth Surface Processes and Landforms, 1(2), 111–129.
<https://doi.org/10.1002/esp.3290010203>
- Day, M. (1983). Doline morphology and development in Barbados. Annals of the Association of American Geographers, 73(2), 206-219.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1983.tb01408.x>
- Denizman, C. (2003). Morphometric and spatial distribution parameters of karstic depressions, Lower Suwannee River Basin, Florida. Journal of Cave and Karst Studies, 65(1), 29-3.
- Doğan, U. (2004). Dolin sınıflamasında yeni yaklaşımlar. Gazi Ün. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24(1), 249–269.
- Duran, C. & Taştan, B. (2024). Küre Dağları kütlesindeki dolinlerin coğrafi dağılımı. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, (12), 1-13.
<https://doi.org/10.46453-jader.1363704-3422176>
- Ekmekçi, M., & Nazik, L. (2004). Evolution of Golpazari-Huyuk karst system (Bilecik-Turkey): Indications of morpho-tectonic controls. International Journal of Speleology, 33(1/4), 49-64.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.33.1.5>
- Ekmekçi, M. (2005). Karst in Turkish Thrace: Compatibility between geological history and karst type. Turkish Journal of Earth Sciences, 14(1), 73-90.
- Erinç, S. (1958). Morfoloji II. Baha Matmaası, İstanbul.
- Erinç, S. (2001). Jeomorfoloji II (Güncelleştirilmiş 3. Basım). Der Yayınları.
- Ersoy, Ş. (1992). Dirmil (Burdur) ve güneyindeki tektonik ve neotokton birimlerin stratigrafisi ve ortamsal yorumu. Türkiye Jeoloji Bülteni, (35), 9-24.
- Faivre, S., & 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
- Faivre, S., & Pahernik, M. (2007). Structural influences on the spatial distribution of dolines, Island of Brac, Croatia. Zeitschrift für Geomorphologie, 51(4), 487-503.
<https://doi.org/10.1127/0372-8854/2007/0051-0487>
- Ferrarese, F., Sauro, U., & Tonello, C. (1998). The Montello Plateau: Karst evolution of an Alpine neotectonic morphostructure. Zeitschrift für Geomorphologie Supplement Band, (109), 41-62.
- Ford, D. C., & Williams, P. W. (1989). Karst geomorphology and hydrology. Springer Netherlands
- Ford, D. C., & Williams, P. W. (2007). Karst hydrogeology and geomorphology. John Wiley & Sons Ltd., England.
- Gams, I. (1973). Slovenska Kraska Terminologia. Zveza Geografskih Institucij Jugoslavije, Kraska Terminologija Jugoslavanskih Narodo.
- Goudie, A. S. (1994). Geomorphological techniques (2nd edition). Routledge, London and New York.
- Jeanpert, J., Genthon, P., Maurizot, P., Folio, J-L., Vendé-Leclerc, M., Sérino, J., Join, J-L., & Iseppi, M. (2016). Morphology and distribution of dolines on ultramafic rocks from airborne LiDAR data: The case of southern Grande Terre in New Caledonia (SW Pacific). Earth Surface, Processes and Landforms, 41(13), 1854–1868.
<https://doi.org/10.1002/esp.3952>
- Jennings, J. N. (1971). An introduction to systematic geomorphology (Vol. 7): Karst. Australian National University Press, Canberra.
- Jennings, J. N. (1975). Doline morphometry as a morphogenetic tool: New Zealand examples. New Zealand Geographer, (31), 6–28.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-7939.1975.tb00793.x>
- Jennings, J. A. (1985). Karst geomorphology (2nd edition). Basil Blackwell, Oxford.
- Ketin, İ. (1959). Türkiye'nin orojenik gelişmesi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, (53), 78-86.
- Lewin, J., & Woodward, J. (2009). Karst geomorphology and environmental change. In: J. C. Woodward (Ed.), The Physical Geography of the Mediterranean, (pp. 287-317).
- Lončar, N., & Grcič, I. (2022). GIS-Based analysis of doline density on Miljevci Karst Plateau (Croatia). Acta Carsologica, 51(1), 5-17.
<https://doi.org/10.3986/ac.v51i1.10465>
- Lowe, D., & Waltham, T. (2002). Dictionary of karst and caves (2nd edition). BCRA Cave Studies Series 10, Lancaster.

- Nazik, L. (1986). Beyşehir Gölü yakın güneyi karst jeomorfolojisi ve karstik parametrelerin incelenmesi. *Jeomorfoloji Dergisi*, (14), 65-77.
- Nazik, L. (1992). Beyşehir Gölü güneybatısı ile Kembos Polyesi arasının karst jeomorfolojisi (Yayın no: 21819). [Doktora Tezi, İstanbul Ün. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü], İstanbul Üniversitesi Kütüphanesi.
- Nazik, L., & Tuncer, K. (2010). Türkiye karst morfolojisinin bölgesel özellikleri. *Türk Speleoloji Dergisi Karst ve Mağara Araştırmaları*, 1(1), 7- 19.
- Nazik, L., & Poyraz, M. (2017). Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları karst kuşağı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (68). <https://doi.org/10.17211/tcd.300414>
- Öztürk, M. Z., şimşek, M., & Utlı, 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., Utlı, M., & 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. <https://doi.org/10.3906/yer-1702-3>
- Öztürk, M. Z. (2018a). Karstik kapalı depresyonların (dolinlerin) morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, (36), 1-13. <https://doi.org/10.26650/JGEOG371149>
- Öztürk, M. Z. (2018b). Orta Toroslar'da dolinlerin dağılışı ve morfometrik özellikleri. *Kriter Yayınevi*.
- Öztürk, M. Z. (2020). Fluvio-karstic evolution of the Taşeli Plateau (Central Taurus, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(5), 733– 746. <https://doi.org/10.3906/yer-1908-1>
- Pardo-Igzuiza, E., Pulido-Bosch, A., López-Chicano, M., & Durán, J.J. (2016). Morphometric analysis of karst depressions on a Mediterranean karst massif. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, (20), 1–17. <https://doi.org/10.1111/geoa.12135>
- Pekcan, N. (1995). Karst Jeomorfolojisi (1. Baskı). Filiz Kitapevi.
- Poisson, A. (1977). Recherches geologiques dans les Taurides Occidentales (Turquie). These, L'Universite de ParisSud, Orsay.
- Poyraz, M. (2021). Yukarı Kızılırmak Havzası jips karstının morfometrik ve morfojenetik özellikleri (Yayın no: 687949). [Doktora tezi, Balıkesir Ün. Sosyal Bilimler Enst.], YÖK Dökümantasyon Merkezi.
- Poyraz, M., Öztürk, M. Z., & Soykan, A. (2021). Sivas jips karstında dolin yoğunluğunun CBS tabanlı analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (6), 67-80. <https://doi.org/10.46453/jader.863090>
- Rodríguez-Castillo J. F., Frausto-Martínez, O., Uhu-Yam W. D., & Colín-Olivares, O. (2022). Carac terización morfométrica de depresiones kársticas: Zona costera nororiente de la penín sula de Yucatán, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(2), e3216. <https://doi.org/10.19136/era.a9n2.3216>
- Roglič, J. (1972). Historical review of morphological concepts. In: M. Herak & V. T. Stringfield (Eds.), *Karst: Important Karst Regions of the Northern Hemisphere*, (pp. 1–18), Elsevier, Amsterdam.
- şegina, E., Benac, ř., Rubinic, J., & Knez, M. (2018). Morphometric analyses of dolines – The problem of delineation and calculation of basic parameters. *Acta Carsologica*, 47(1), 23-33. <https://doi.org/10.3986/ac.v47i1.4941>
- Seven, M., Öztürk, Y., Gürgöze, S., Ege, İ., & Tonbul, S. (2025). Engizek Dağı'nda karstik depresyonların jeomorfik özellikleri ve morfotektonik gelişimleri (Kahramanmaraş, Doğu Toroslar). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, (68), 259-286. <https://doi.org/10.25288/tjb.1647807>
- şuşterşiş, F. (1994). Classic dolines of classical site. *Acta Carsologica*, 23(10), 123–54.
- Sweeting, M. M. (1972). *Karst landforms*. Macmillan, London.
- Sweeting, M.M. (1973). *Karst landforms*. Columbia University Pres, New York.
- şahinci, A. (1991). *Karst*. Reform Matbaası.
- şenel, M. (1997). 1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Isaprtı J10 (M24) paftası. MTA Genel Müdürlüğü.
- 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. <https://doi.org/10.4311/2018ES0111>
- şener, M. F., şimşek, M., Utlı, M., Öztürk, M. Z., & Sözbilir, H. (2023). Morphotectonic development of surface karst in Western Taurus (Türkiye). *Carbonates and Evaporites*, 38(4), 78. <https://doi.org/10.1007/s13146-023-00900-x>
- şener, M. F. (2024). Bozdağ (Karaburun Yarımadası) kütlesi üzerinde dolinlerin morfotektonik gelişimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, (67),153-168. <https://doi.org/10.25288/tjb.1389043>
- şimşek, M., Utlı, M., Poyraz, M., & Öztürk, M. Z. (2019a). Geyik Dağı kütlesinin yüzey karstı

- jeomorfolojisi ve kütle üzerindeki karst buzul jeomorfolojisi ilişkisi. Ege Coğrafya Dergisi, 28(2), 97–110.
- şimşek, M., Öztürk, M. Z., & Turoğlu, H. (2019b). Geyik Dağı üzerindeki dolin ve uvalaların morfotektonik önemi. Türk Coğrafya Dergisi, (72), 13–20. <https://doi.org/10.17211/tcd.501724>
- şimşek, M., Utlu, M., & Öztürk, M. Z. (2020). Gidengelmaz Dağları'nın yüzey karstı özellikleri (Orta Toroslar). İçinde: S. Birinci, Ç. K. Kaymaz & Y. Kızılkın (Eds.), Coğrafi Perspektifle Dağ ve Dağlık Alanlar (Sürdürülebilirlik-Yönetim-Örnek Alan İncelemeleri), (ss. 1–18). Kriter Yayınevi.
- şimşek, M., Öztürk, M. Z., Doğan, U., & Utlu, M. (2021). Toros polyelerinin morfometrik özellikleri. Coğrafya Dergisi, (42), 101-119. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-834461>
- Telbisz, T., Draguşica, H., & Nagy, B. (2009). Doline morphometric analysis and karst morphology of Biokovo Mt (Croatia) based on field observations and digital terrain analysis. Hrvatski Geografski Glasnik, 71(2), 5-22. <https://doi.org/10.21861/hgg.2009.71.02.01>
- Tuncer, K. (2018). Sakarya Nehri-Göynük Çayı-Çatak Çayı arasındaki sahanın karst jeomorfolojisi. Kriter Yayınevi.
- 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>
- Wall, J., Bohnenstiehl, D. R., Wegmann, K. W., & Levine, N. S. (2016). Morphometric comparisons between automated and manual karst depression inventories in Apalachicola National Forest, Florida, and Mammoth Cave National Park, Kentucky, USA. Natural Hazards, (85), 729-749. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2600-x>
- Waltham, A. C., & Fookes, P. G. (2003). Engineering classification of karst ground conditions. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, (36), 101–118. <https://doi.org/10.1144/1470-9236/2002-33>
- Williams, P. W. (1971). Illustrating morphometric analysis of karst with examples from New Guinea. Zeitschrift für Geomorphologie, (15), 40–61.
- Williams, P. W. (1972). Morphometric analysis of polygonal karst in New Guinea. Geological Society of America Bulletin, (8), 761-796.
- Williams, P. W. (2004). Doline. In: J. Gunn (Ed.), Encyclopedia of Cave and Karst Science, (pp. 304–310).
- White, W. B. (1988). Geomorphology and hydrology of karst terrains. Oxford University Press, Oxford.