



Received: 2 September 2023 | Revised: 14 November 2023 | Accepted: 15 November 2023

## ÇELTİKÇİ HAVZASINDA (BURDUR) YAN YANA GELİŞMİŞ FOSİL VE GENÇ DOLİN TOPOĞRAFYALARI<sup>1</sup>

### *Fossil and Young Doline Topographies Developed Side by Side in the Çeltikçi Basin (Burdur)*

**Fatma ALTIN** 

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
 Sosyal Bilimler Enstitüsü  
 Burdur-Türkiye  
 altin5115@gmail.com

**Kadir TUNCER\*** 

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
 Fen-Edebiyat Fak. Coğrafya Bl.  
 Burdur-Türkiye  
 tunkadir@gmail.com

#### Abstract

A significant part of Turkey consists of landforms belonging to karst geomorphology. The most important region where we can see these karst shapes in different locations and sizes together is the Taurus Mountain Belt region. The study area is within the Western Taurus karst area, which is located in the westernmost part of this belt. One of the most common karst shapes in the Çeltikçi Basin are dolines. These dolines, which developed in different sizes and locations, developed primarily under the control of litho-stratigraphic and structural elements, geomorphological evolution and karst base level. These factors enabled the development of two different doline topographies in the basin. In areas where thrust structures developed in the basin, it was observed that fossil, autochthonous limestones and young doline topographies developed side by side on cracked topographic surfaces. In this study, the formation, development and morphometric properties of these different types of dolines in the area within the Çeltikçi Basin were investigated, and the effective parameters and their degree of influence were revealed. In this context, the 1/10000 scale geology maps obtained from the General Directorate of Mineral Research and Exploration and the 1/25000 scale topography maps obtained from the General Directorate of Maps were digitized with the Geographic Information Systems (GIS) program and geology, geomorphology and karst classification maps of the field were created. As a matter of fact, in the study area with an area of 277 km<sup>2</sup>, 995 dolines and 1 uvala were identified from 1/25000 topographic maps and Google Earth Pro and morphometric analyzes were made. Accordingly, the formal characteristics of these karst depressions were determined and evaluated. According to these analyses; 93% of dolines lost their circular forms; It has been observed that it turns into semi-elliptical, elliptical or elongated dolines at the same rate. This was determined by the lithostratigraphic and structural features in the field, geomorphological evolution, topographic conditions and the location of the karst base level.

**Keywords:** Çeltikçi basin, karst geomorphology, fossil doline, young doline, morphometric analysis

#### Öz

Türkiye'nin önemli bir kısmı karst jeomorfolojisine ait yer şekillerinden oluşmaktadır. Söz konusu karstik şekilleri farklı konum ve boyutlarda, yoğun bir şekilde birlikte görebildiğimiz en önemli bölge Toros Dağ Kuşağı bölgesidir. Çalışma alanı da bu kuşağın en batısında yer alan Batı Toroslar karst alanı içerisinde kalmaktadır. Çeltikçi Havzasında en yaygın olarak görülen karstik şekillerden biri dolinlerdir. Farklı boyut ve konumlarda gelişen bu dolinler, öncelikle lito-stratigrafik ve yapısal unsurların, jeomorfolojik evrim ve karst taban düzeyinin denetiminde gelişmişlerdir. Bu faktörler havzada iki farklı dolin topoğrafyasının gelişmesini sağlamıştır. Havzada bindirmeli yapıların geliştiği alanlarda fosil, otokton kireçtaşlarının ve yarılmış topoğrafya yüzeylerinde genç dolin topoğrafyaları yan yana geliştiği görülmüştür. Bu çalışmayla Çeltikçi Havzası içerisinde kalan sahadaki bu farklı tiplerdeki dolinlerin oluşum ve gelişim özellikleri ile morfometrik özellikleri araştırılarak burada etkili olan parametreler ve bunların etki dereceleri ortaya konulmuştur. Bu bağlamda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/100.00 ölçekli jeoloji ve Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) programıyla sayısallaştırılarak sahanın jeoloji, jeomorfoloji ve karst sınıflaması haritaları oluşturuldu. Nitekim 277 km<sup>2</sup> alana sahip çalışma alanında 1/25.000 topoğrafya haritalarından ve Google Earth Pro üzerinden 995 dolin ve 1 uvala tespit edilerek morfometrik analizleri yapılmıştır. Buna göre bu karstik depresyonların şekilsel özellikleri tespit edilerek ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu analizlere göre; dolinlerin %93'ünün dairesel formlarını kaybettiği; aynı oranda yarı eliptik, eliptik veya uzamış dolinlere dönüştüğü görülmüştür. Bunda sahadaki litostratigrafik ve yapısal özellikler, jeomorfolojik evrim, topoğrafik koşullar ile karst taban düzeyinin konumu belirleyici olmuştur.

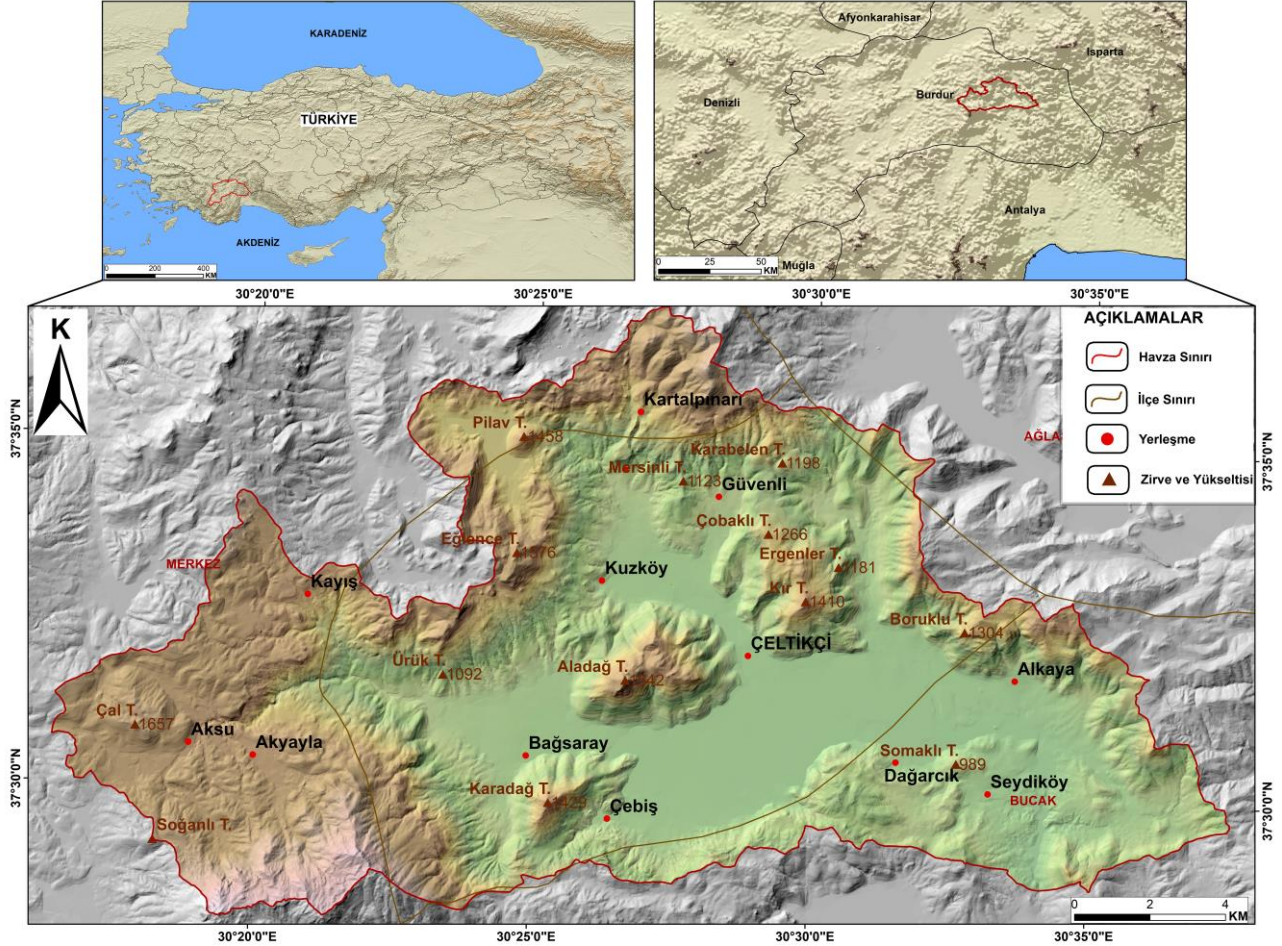
**Anahtar Kelimeler:** Çeltikçi havzası, karst jeomorfolojisi, fosil dolin, genç dolin, morfometrik analiz

<sup>1</sup> Bu çalışma, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde hazırlanan "Çeltikçi Polyesi Havzası'ndaki karstlaşma ve karstik şekillerin oluşum ve gelişim özellikleri" başlıklı lisansüstü tezden yararlanılarak hazırlanmıştır.

\* Sorumlu Yazar/ Corresponding author

## 1. GİRİŞ

Çeltikçi Havzası, Akdeniz Bölgesi'nin Antalya Bölümü'nde ve Burdur il sınırları içerisinde yer alır ve bir polye sistemi havzasıdır. Saha, Toros Dağları Karst Kuşağının Batı Toroslar karst alanı (Nazik & Tuncer, 2010; Nazik & Poyraz, 2017) içerisinde olup Teke Platosu'na doğru uzanan Kestel Polye Siteminin (Güldalı, 1970) kuzey parçasını oluşturmaktadır. Çeltikçi Havzası, coğrafi konum olarak  $37^{\circ} 28' 10''$  K ve  $37^{\circ} 37' 0''$  K enlemleri ile  $30^{\circ} 16' 25''$  D ve  $30^{\circ} 37' 36''$  D boylamları arasındadır. Saha toprakları, büyük çoğunlukla Çeltikçi ilçe sınırları içerisinde yer almakta olup, kuzey ve batısı Burdur Merkez, kuzeydoğusu Ağlasun, güney ve güneydoğusu Bucak ilçe sınırları içerisinde kalmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1- Çeltikçi Havzası'nın lokasyon haritası

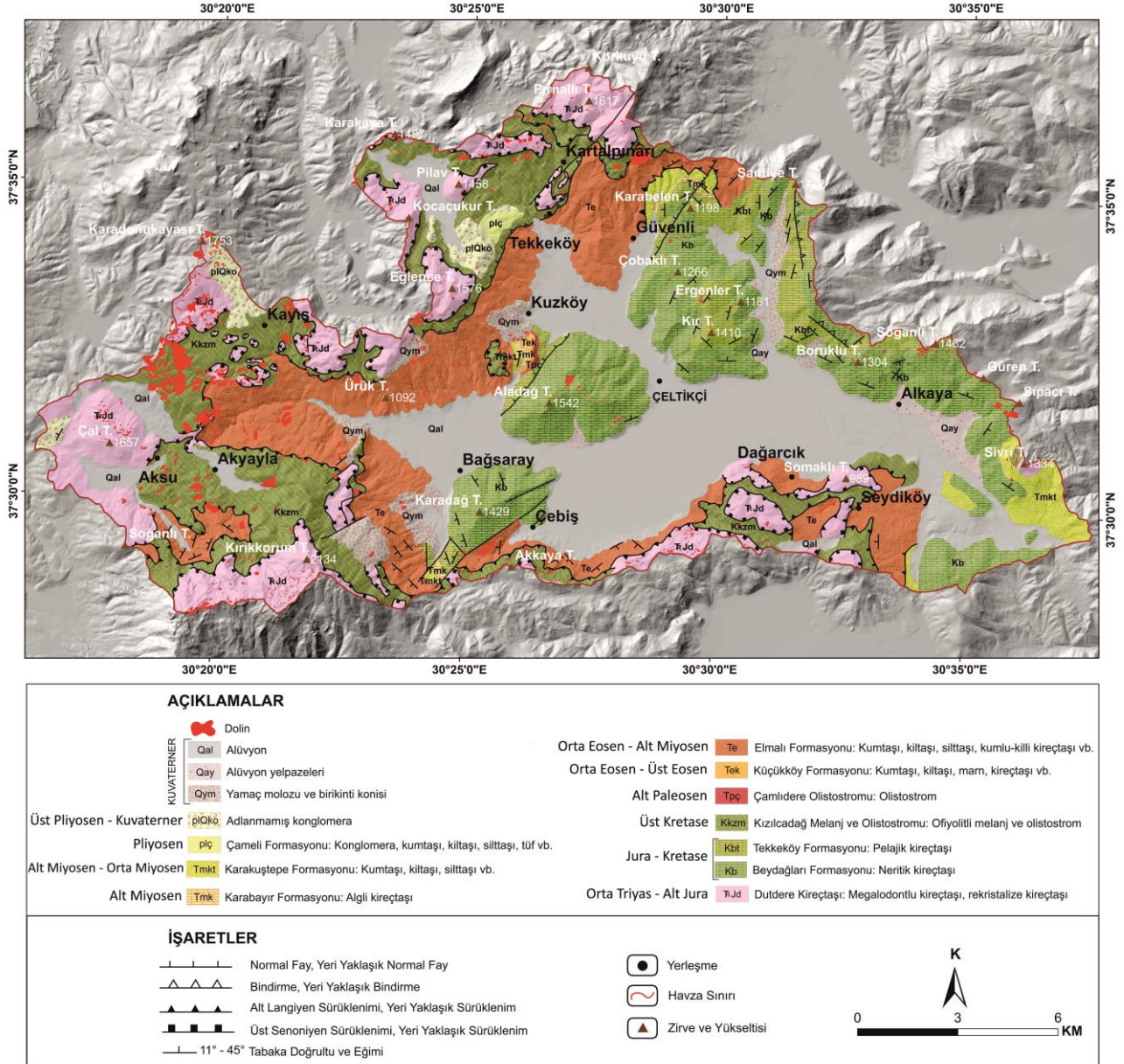
Figure 1- Location map of the Çeltikçi Basin

Su bölümü çizgisi esas alınarak sınırlandırılan araştırma sahasının toplam yüzölçümü yaklaşık olarak 277 km<sup>2</sup>'dir. Araştırma sahasının en yüksek noktasını sahanın güneybatı sınırında bulunan Kestel Dağının kuzey uzantısı olan 2331 m ile Rahatkaya Tepe oluştururken en alçak noktasını 810 m ile Çeltikçi Polyesi ile Bucak Polyesi'ni birbirine bağlayan Onaç Çayı vadisinin (Hökez Boğazı) tabanı oluşturmaktadır. Havzanın ortalama yükseltisi ise 1571 metredir.

Araştırma sahasında Mesozoyik'e ait karbonatlı kayaların yanı sıra karstlaşma bakımından oldukça elverişli değişik yaş aralıklarında ve farklı fasiyelerde çökelmiş allokon konumlu Likya Napları (Graciansky, 1968; Becker-Platen, 1970; Brunn vd., 1970; Ersoy, 1989 ve 1990; Okay, 1989; Şenel, 1997; Rimmelé vd., 2003) adı verilen kayaç toplulukları hâkimdir. Sahada birbirlerinin üzerine itilmiş olan bu nap birimleri; en alta Jura-Kretase Beydağları Otoktonu'na ait birimlerle onların üzerinde ara zon olarak gelen Yeşilbarak Napı'na, onun üzerine Marmaris Ofiyolit Napı'na ve son olarak onun da üzerine karstlaşma bakımından en uygun özelliklere sahip Domuzdağ Napı'na ait birimlerdir. Tektonik hareketlere maruz kalmış bu birimlerden sahada en yaygın olanları; Beydağları (Kb) ve Elmalı (Te) formasyonları, Kızılcadağ Melanj ve Olistostromu



(Kkzm) ile Dutdere Kireçtaşı (TRJd) dır. Bu birimlerden Orta Triyas-Alt Jura'ya ait yersel Megalodonlu ve rekristalize kireçtaşlarından oluşan Dutdere Kireçtaşı (TRJd) (Ersoy, 1989) ile Jura-Kretase yaşlı neritik ve pelajik kireçtaşlarından oluşan Beydağları Formasyonu (Kb) (Günay vd., 1982) litolojik ve yapısal özellikler bakımından tam karstik (holokarst) alanları oluştururlar. Bu karstik birimlerin yüzey alanı tüm sahanın %34,4'ünü oluşturur. Orta Eosen-Alt Miyosen yaşlı ince-orta-kalın tabakalı kumtaşı, şeyllerden ve kumlu-killi kireçtaşı, kalkarenit vb. seviyelerden meydana gelen Elmalı Formasyonu (Te) (Önal, 1979; Şenel, 1997) kısmen karstik özelliklere sahiptir (Foto 1). Bu birim ise tüm sahanın %17,6'sını oluşturmaktadır. Bunların dışında karstik depresyon tabanlarında ise Kuvaterner alüvyonları (Qal) önemli kalınlıklardadır ve geniş yayılışlar gösterirler (Şekil 2).



Şekil 2- Çeltikçi Havzası'nın jeolojisi haritası (Şenel, 1997'den çizilmiştir) ve dolinleri dağılışı

Figure 2- Geological map of the Çeltikçi Basin (drawn from Şenel, 1997) and the distribution of its dolines

Anadolu'nun tektono-orojenik gelişimine bağlı olarak Çeltikçi Polye Sistemi, kuzeyindeki gerilme ve doğusundaki sıkışma tektoniğinin arasında yer almaktadır. Dolayısıyla yüksek alanlarla çevrili çalışma sahası, doğudaki Isparta Kıvrımı (Dumont, 1976; Dumont vd., 1979) ile kuzeybatıdaki Burdur-Fethiye Fay Zonu'nun arasında kalmaktadır. Paleotektonik birliklerden Toridler (Ketin, 1966) kuşağının en batı kesiminde yer alan bu saha, Toros karbonat kuşağının ve ofiyolitik napların bindirmeli yapılar oluşturduğu bir bölgede gelişim

göstermiştir. Polye sistemi, Beydağları Otoktonu'na ait birimler ile Yeşilbarak Napı birimlerinin kontak bölgesinde ve napın sıyrılma yüzeyleri boyunca gelişim göstermiştir.



Foto 1- Kayış köyü batısında Duttur Kireçtaşı (TRJd) ve Aladağ Tepe güney yamaçlarında Beydağları Formasyonu (Kb)

*Photo 1- Duttur Limestone (TRJd) in the west of Kayış village and Beydağları Formation (Kb) on the southern slopes of Aladağ hill*

Karst topoğrafyasının en yaygın ve en karakteristik şeklini oluşturan dolinler (Erinç, 2012), değişik çap ve derinlikte olup daire veya elips şeklinde, çeperleri dik, karstik çanak veya depresyonlar olarak tanımlanmıştır (Alagöz, 1944). Dolinlerin bazılarının derinlikleri ve çapları birkaç metredir hatta derinliği bir metreye ulaşmayan dolinler de vardır. Bu küçük dolinlerin yanı sıra boyutları çok büyük olan dolinler de vardır. Bunların çapları birkaç yüz metreyi ve hatta bir kilometreye kadar ulaşabilir ve derinlikleri de bununla orantılı olarak artabilir (Erinç, 2012; Huggett, 2017; Pekcan, 2019). Dolinlerin bazıları geçici veya daimî gölleri, bazıları da düdenleri barındırabilirler (Aydın & Tuncer, 2021). Bu nedenle herhangi bir karstik sahanın jeomorfolojik ve hidrojeolojik gelişiminin ortaya konmasında dolin türlerinin iyi kavranması ve doğru bir şekilde sınıflandırılmasının yapılması gerekmektedir. Şekil olarak basit jeomorfolojik birimler gibi bir görünüme sahip olsalar da aslında oluşum mekanizmaları bakımından karmaşık yapılara sahiptirler (Şimşek, 2018). Hafif eğimli yüksek karstik platolarda tektonik yapı, özellikle kırık yoğunluğu ve yönelimi, dolin gelişimi, yoğunluğu ve dağılımı üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir (Çar, 2001; Jemcov vd., 2001; Doctor & Doctor, 2012; Öztürk vd., 2017). Çözünmeye uygun karstik yüzeylerde temelde çözünme, çökme ve sübidans mekanizmalarıyla gelişen dolinler, yatay veya yataya yakın, bazen de kıvrımlı kalkerler üzerinde iyi gelişim gösterirler. Karst topoğrafyasının en yaygın şekillerinden olan dolinlerinin sık olarak bulunduğu alanlar, “dolin karstı alanı” veya “dolin topoğrafyası” olarak tanımlanabilir. Dolinler, sahadaki jeomorfolojik evrimin gençlik evresinde belirmeye başlamış; olgunluk evresinde ise dolinler, karst bölgesinin polyelerle birlikte, en karakteristik şekilleri olurlar. Bu evrede dolinlerin bazıları birleşerek uvalaları oluştururlar. Jeomorfolojik evrimin ihtiyarlık evresindeki dolinler, temeldeki geçirimsiz taban yüzlek verdiği için dereceli olarak parçalanırlar. Bu evredeki topoğrafyada dolinler, “fosil (artık) dolinlere” dönüşürler. Çeltikçi Havzası da orta hidrografik zonda polyelerin geliştiği, üst hidrografik zonda ise dolin topoğrafyasının gelişim gösterdiği bir sahayı ifade etmektedir. Çalışmaya konu olan dolinler havzada, gelişim dönemlerine göre genç ve fosil dolinler şeklinde görülmektedir. Sahanın orta ve doğu kesimlerinde Beydağları otokton kireçtaşları üzerinde genç dolinler gelişim gösterirken, güney, batı ve kuzeybatısındaki bindirme bölgesinde fosil dolinler yoğunluktadır. Hatta alttan karst taban düzeyinin ortaya çıktığı bindirme sahalarında fosil dolinlerle birlikte fosil uvalalar da görülmektedir. Sonuç olarak havzanın bir bölümünde flüvyal süreçlerle parçalanmış, aynı zamanda eğim değerleri fazla çıplak karst yüzeylerinde genç dolinler gelişim gösterirken, karst taban düzeyinin yer yer ortaya çıktığı ve düşük eğimli yüzeyler sunan sığ karst bölgesinde fosil dolin topoğrafyası gelişim göstermiştir.

## 2. AMAÇ, MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada litolojik olarak karstik özelliklere sahip sahanın karst morfolojisine ait şekillerin oluşum ve gelişimlerinde etkili olan parametreleri ve bunların etki derecelerini belirlemek, karstik depresyonların morfometrik özellikleri ve dağılımlarını belirleyip bunlarda etkili olan faktörleri açıklamaktır. Bu amaçlar ışığında Çeltikçi Polyesi Havzası'nın 1:25.000 ölçekli M24c3-c4, M25d3-d4, N24b1-b2, N25a1-a2 paftaları



topoğrafya haritaları CBS programlarıyla sayısallaştırılarak bunlardan lokasyon, jeomorfoloji, karst sınıflaması ve dolin yoğunluk haritaları üretilmiştir. Ayrıca elde edilen sayısal yükselti modeli üzerinden veriler PCI Geomatica programına aktarılarak sahanın çizgisellik analizleri yapıp araştırma sahasının çizgisellik haritası üretilmiştir. Çizgisellikler ile dolinlerin yönelimlerini gösteren gül diyagramları ise GeoRose programı yardımıyla yapılmıştır. Bunun yanında sahanın jeoloji haritası oluşturulurken Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nün ilgili jeoloji paftalarından (M24-25 ve N24-25) yararlanıldı. Jeoloji haritası, DEM altlığı üzerine CBS programlarıyla sayısallaştırılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan jeoloji haritası kullanılarak da karstik kaya sınıflandırma haritası yapılmıştır. Ayrıca sahanın jeolojik ve litostratigrafik özelliklerini ortaya koyacak şekilde jeolojik kesitler çıkartılmıştır.

Bu çalışma için araştırma sahasında; 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından ve Google Earth Pro'dan toplam 995 dolin ve 1 uvala tespit edilmiştir. Dolinlerin sahadaki dağılımlarında etkili olan faktörler ve morfolojik özelliklerinin ortaya konulması amacıyla taban yükseltisi, derinlik, yoğunluk, eğim, merkez X ve Y koordinat değerleri, uzun ile kısa eksen değerleri, uzama oranları, dairesellik indis değerleri, alanları, çevre uzunlukları, uzun eksenin kuzeye yaptığı açı (°) ve litolojik özellikleri hesaplanmıştır. Uvalanın ise yükselti, uzun eksen, kısa eksen, uzama oranları, dairesellik indis değerleri, alanları ve çevre uzunlukları hesaplanmıştır. Dolinler ve uvala çizilen jeoloji ve jeomorfoloji haritalarında dış (üst) kenar morfolojileriyle gösterilmiş, karst sınıflaması haritasında ise nokta olarak gösterilmiştir.

Dolinlerin sahada hangi litolojik birimler üzerinde dağılım gösterdiğini ortaya koymak adına, tespit edilen dolinler 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası üzerinde gösterilerek dolinlerin litolojik formasyonlar üzerindeki frekansları elde edilmiştir.

Sahaya ait 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından oluşturulan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) haritası yardımıyla karstik depresyonların merkez noktalarına karşılık gelen yükselti değerleri tespit edilmiş; elde edilen bu verilerden yola çıkılarak dolinlerin yükseltilere göre dağılımlarına ulaşılmıştır.

Dolinlerin en dış kontur değeri ile en derin noktasının yükselti değeri arasında farkın bulunmasıyla dolin derinlik analizi (Telbisz, 2004; Telbisz vd, 2009) yapılmıştır. Bu yöntemle sahadaki dolinlerin derinleşme eğilimleri ve derin karst sistemleri ile ilişkileri ortaya konmaya çalışılmıştır.

Dolinler için oluşturulan gül diyagramları ile dolin geometrik merkezlerinin kayma yönleri yani uzama yönleri, dolinlerin uzun eksen doğrultuları ortaya çıkarılarak bunda belirleyici olan faktörlerin neler olduğu açıklanmaya çalışılmıştır.

En genel ifadeyle dolin sayısının karstlaşma alanına bölünmesiyle dolin yoğunluk değeri elde edilir (Panno vd, 2008; Telbisz vd, 2009; Öztürk, 2018a ve 2018b). *Dolin yoğunluğunun* ( $Dy=dolin/km^2$ ) alsanal dağılımını elde edebilmek amacıyla ise  $km^2$ 'ye düşen dolin sayısına ulaşmaya çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda  $1 km^2$ 'lik eşit boyutta alana sahip ve homojen olarak dağılım gösteren gridler oluşturulmuştur (Öztürk, 2018a). Dolin yoğunluk analizinden ( $Dy$ ) elde edilen veriler sonucunda dolinlerin yoğunluğu Faivre ve Pahernik (2007)'in yapmış oldukları sınıflandırmaya göre değerlendirilmiştir. Bu sınıflamaya göre  $Dy$ ; 10'dan küçükse "düşük yoğunlukta", 10-40 arasındaysa "orta yoğunlukta", 40-70 arasındaysa "yüksek yoğunlukta", 70'den büyük ise "çok yüksek yoğunlukta" doline sahip alanlar anlamına gelmektedir (Faivre & Pahernik, 2007).

Depresyonların alan (A) ve çevre uzunluğu (P) bilgileri ile hesaplanan *dairesellik indis değeri* ( $Ic$ ) şekillerin geometrik özellikleri hakkında fikir vermektedir (Goudie, 2003; Öztürk, 2018a). Hesaplama sonucuna göre indis değerinin 1'e yakın olması şeklin dairesele yakın olmasını, değer 1'den uzaklaşması durumunda ise şeklin dairesellikten uzaklaştığını ve biçimsel olarak bozulduğu anlamına gelmektedir (Öztürk, 2018a). Öztürk (2018a), hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan dairesellik indis değerlerini farklı tanımlamalarda bulunmuştur. Buna göre indis değerinin 1.1'den küçük olması, dolinlerin dairesel biçimlerde olduğunu gösterirken değer 1.1 - 1.2 arasındaki olması, dolinlerin dairesel biçimlerinin bozulmaya başladığını göstermektedir. 1.2 - 1.3 arasında değerlere sahip dolinler, içerisinde birden fazla çıkıntı gelişmesinden dolayı dairesel formlarını tamamen kaybederken bu değer 1.3 - 1.4 arasında olursa bu çıkıntıların hem sayısı artmakta hem de çıkıntılar iyice belirginleşmekte ya da dolinlerde belirgin bir uzama egemen olmaktadır. 1.4 - 1.5 arasında indise sahip dolinler gittikçe karmaşık biçimler almaya başlar. 1.5 - 3 arasında indise sahip dolinler tamamen uzamış ya da biçimsiz bir hal almış durumdadır. 3'ten büyük indis değerindeki dolinler ise girinti sayısı çok fazlalaşmakta ve bu girintilerin uzunlukları da artmaktadır.

Basso vd. (2013)'ne göre, uzun eksenin dik ( $90^\circ$ ) kesen kısa eksene bölünmesiyle *dolin uzama oranı* ( $R_E$ ) elde edilir. Uzun eksen, depresyonun en üst kapalı eğrisinde birbirine en uzak iki nokta arasındaki mesafe

iken kısa eksen, uzun ekseni dik bir şekilde kesen birbirine en uzak iki noktayı ifade etmektedir. Bu hesaplamada çıkan sonucun 1'e yaklaşması, şeklin dairesel olarak yakın olduğunu, yani uzama oranının düşük olduğunu ifade eder. Sonucun 1'den uzaklaşması şeklin uzama oranının arttığını, yani şeklin dairesellikten uzaklaştığını ve şeklin eliptik özellikte olduğunu gösterir. Basso vd. (2013) tarafından depresyonların uzama oranına göre sınıflandırılmıştır (Basso vd., 2013; Öztürk, 2018a). Bu sınıflamaya göre  $R_E$ ; 1.21'den küçükse dolin "dairesele veya yarı dairesele", 1.21-1.65 arasındaysa dolin "yarı eliptik", 1.65-1.80 arasındaysa dolin "eliptik", 1.80'den büyük ise dolin "uzamış" olarak nitelendirilmektedir (Basso vd., 2013; Öztürk, 2018a).

Dolinlerin yönelim özelliklerinin belirlenmesi için ise uzun eksenin kuzey ile yaptığı açı (azimut açısı- $\alpha$ ) hesaplanmıştır. Daha sonra gül diyagramı yardımıyla uzanımların genel yönelimlerine ulaşılmıştır.

Araştırma sahasında bulunan dolinlerle eğim özellikleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları üzerinden eğim haritası oluşturulmuştur. Daha sonra bu eğim haritasından 1 km<sup>2</sup>lik gridler oluşturularak sahanın ortalama eğim değerleri (°) bulundu ve bu haritadan da sahadaki dolinlerin ortalama eğimleri hesaplandı.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

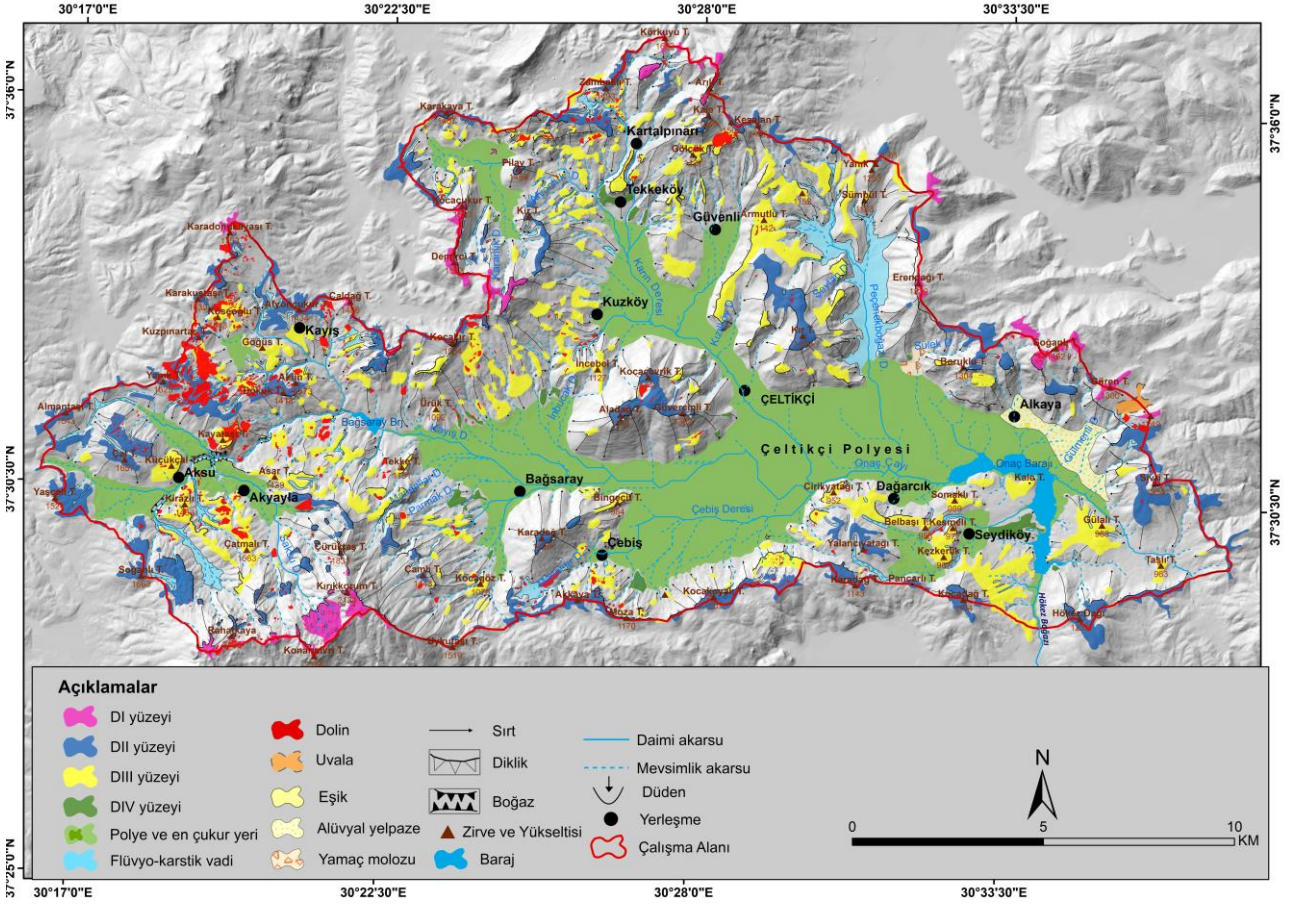
Çalışma alanının jeomorfolojik özellikleri, Orta Miyosen'den itibaren süregelen neotektonik dönem tektonik hareketlerin etkisiyle oluşan yapılar üzerinde gelişim göstermiştir. Bu yapılar iklimik değişimler, flüvyal aşınım ve birikimin yanı sıra karstlaşma etken ve süreçlerinin etkisiyle şekillenmeye devam etmektedir.

#### 3.1. Jeomorfolojik Özellikler ve Dolin Topoğrafyası

Beydağlarının kuzeydoğu uzantısını oluşturan dağlar ve sırtlarla çevrelenmiş olan çalışma alanı; 810 m (Çeltikçi Polyesi) ile 2331 m (Kestel Dağı) arasında değişim gösteren bir rölyefe sahiptir (Şekil 1 ve 3). Bu yükselti aralığında çalışma alanı Alt-Orta Miyosen (DI), Üst Miyosen (DII), Pliyosen (DIII) ve Alt Pleistosen (DIV) rölyef sistemine (Erol, 1979, 1983, 1993) ait yapı ve şekillerden oluşmaktadır (Şekil 3). Bu dönemlerde gelişen ve morfolojik gelişimde zaman zaman kesinti ve karışıklıklara yol açan tektonizma ve Akdeniz'in seviyesindeki değişimler sahadaki karstlaşmayı şekillendirerek, oluşan karstik şekillere morfolojik karakterler kazandırmıştır. Sahada DI rölyef sistemi şekilleri olarak aşınım yüzeyi parçaları ve vadi omuzları görülebilmektedir. Bunlar havzayı çepeçevre sınırlayan ve naplaşma hareketleriyle örtülmemiş su bölümü hatlarında zirveler şeklinde görülebilmektedir. Bu yapılar üzerinde günümüzde sığ ve genç dolinler gelişim göstermektedir. En geniş DI yüzeyleri güneydoğudaki Kestel Dağı üzerinde görülebilmektedir. Sahadaki bu en eski rölyef sistemleri etrafındaki daha alçak kesimlerde ise Üst Miyosen rölyef sistemine ait şekil ve yapılar görülebilmektedir. Sahada askıda kalmış aşınım yüzeyleri, paleo vadiler, dolinler, flüvyo karstik vadilerden oluşan bu şekiller, genellikle tektonik hareketlerin etkisiyle 1150-1700 metreler arasında görülmektedir. Sahadaki en geniş alanları kaplayan rölyef sistemi ise Pliyosen'e (DIII) aittir. Bu sistemin şekilleri olarak sahadaki; aşınım yüzeyleri, parçalanmış veya açılmış polyeler ve dolinler ile uvalalar, fosil yüzeyler ve bunlar üzerinde gelişmiş fosil dolinler, uvalalar, flüvyo karstik vadiler gelişim göstermişlerdir. Sahanın en alçak kesimlerini oluşturan polyelere inen yükseltilerin etek kesimlerinde ise DIV rölyef sistemi şekilleri olan aşınım yüzeyi parçaları görülebilmektedir (Şekil 3).

Türkiye karst literatürüne bakıldığında gerek jeomorfoloji gerekse karst jeomorfolojisi ile ilgili kaynaklarda dolinler genel olarak çözünme ve çökme dolini şeklinde sınıflandırılmıştır. Yine Sür (1994), Pekcan (2019), Doğan (2004), Erinç (2012), Hoşgören (2003) oluşumları bakımından dolinleri, "çözünme ve çökme dolinleri" olarak iki gruba ayırmışlardır. Uluslararası karst literatürüne bakıldığında ise 1970'li yıllardan itibaren dolinler 4, 5 veya 6 gruba ayırarak incelenmiştir (Jennings, 1971 ve 1985; Sweeting, 1972; Bögl, 1980; White, 1988; Ford ve Williams, 1989 ve 2007; Waltham, 1989; Lowe ve Waltham, 2002; Waltham ve Fookes, 2003; Doğan, 2004). Son yapılan araştırmalara göre dolinler; *çözünme dolini*, *çökme dolini*, *örtü kayası çökme dolini*, *örtü çökme dolini*, *alüvyal dolin (örtü sübsidans dolini)* ve *örtülmüş dolin* olmak üzere 6 gruba ayrılmıştır (Lowe ve Waltham 2002; Waltham ve Fookes, 2003; Doğan, 2004). Araştırma sahasında bu dolin çeşitlerinden sadece çözünme dolinleri bulunmaktadır (Şekil 3). Çözünme dolinleri karstik sahalarda en çok yayılış gösteren ve tanımlanması bakımından en kolay olanıdır. Araştırma sahasında karstlaşmaya uygun birimler üzerinde daha çok yüksek alanlarda gelişmiş bu çözünme dolinleri, genellikle sığ ve küçük çapta, genç (yamaç) dolinler veya fosil ve şekilleri bozulmuş dolinler şeklinde görülmektedir. Farklı genişlik ve derinliklerde oluşan bu dolinlerin yamaçları genellikle bitki örtüsü ile tabanları ise terra rosa veya kırmızı Akdeniz topraklarıyla kaplıdır (Foto 2). Dolin tabanlarındaki bu topraklar üzerinde yoğun bir şekilde

tarımsal faaliyetler sürdürülmektedir. Bazı dolinlerin içerisinde ise geçici göller oluşup zaman zaman bataklık olabilmektedir (Foto 2).



Şekil 3- Çeltikçi Havzası'nın jeomorfoloji haritası ve dolinlerin dağılışı  
Figure 3- Geomorphology map of Çeltikçi Basin and distribution of dolines



Foto 2- Aladağ Tepe'den (solda) ve Kestel Dağı kuzey yamaçlarından (sağda) çözünme dolinleri  
Photo 2- Dissolution dolines from Aladağ Tepe (left) and the northern slopes of Kestel Mountain (right)

### 3.2. Dolinlerin Morfometrik Analizleri

Yapısal özellikler, dolinlerin oluşum ve gelişiminin yanı sıra onların şekil geometrisi, yoğunluğu ve dağılımı üzerinde oldukça etkilidir (Şimşek vd., 2019). Bu bağlamda makro karstik yüzey şekillerinden olan dolinlerin morfometrik analizleri karstik yeryüzü şekilleri üzerinde niceliksel analizler yapmamızı sağlar (Bondesan vd., 1992; Keskin & Yılmaz, 2016). Bu morfometrik analizlerde kullanılan birbirinden farklı parametrelerin sonuçlarının karşılaştırılarak değerlendirilmesi sahanın karstik evrimi hakkında bilgiler vermektedir (Bondesan vd., 1992). Bondesan vd. (1992) birbirinden farklı 65 morfometrik analiz parametresi



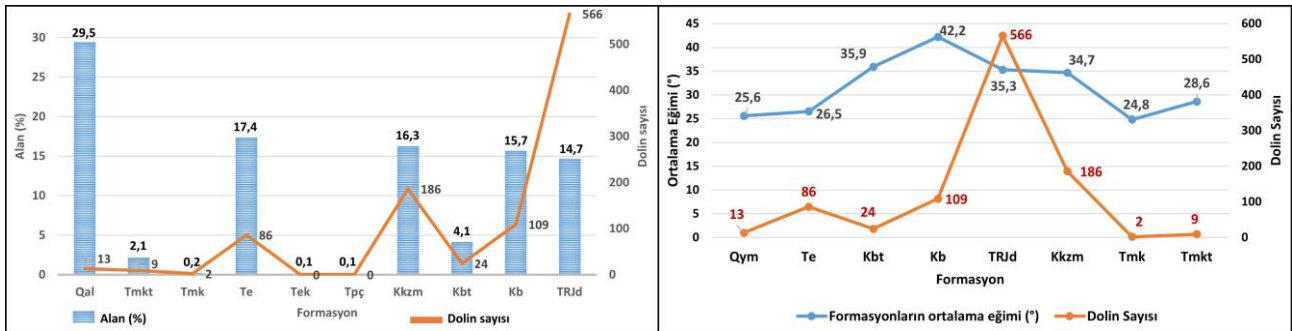
formülize etmişlerdir. Fakat bu formüllerden bazılarında yaygın olarak yararlanılmaktadır. Nitekim bu çalışmada da yaygın olarak kullanılan bazı formüller uygulanmıştır.

### 3.2.1. Litolojinin etkisi

Araştırma sahasının litolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla tespit edilen 995 dolin ve 1 uvala saha için çizilmiş olan 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası üzerinde gösterilmiş (Şekil 2); jeolojik birimlerin alansal oranları ve üzerlerinde gelişen dolinlerin sayıları ile litolojilerin ortalama eğim değerleri ve üzerlerinde gelişen dolin sayıları tespit edilerek grafiklerle gösterilmiştir (Şekil 4). Elde edilen verilere göre Dutdere Kireçtaşı'nda (TRJd) 566, Beydağları Formasyonu'nda (Kb) 109 (Foto 3), Elmalı Formasyonu'nda (Te) 86, Tekkeköy Formasyonu'nda (Kbt) 24, kireçtaşı unsurlarından oluşan bazı yamaç molozu ve birikinti konileri üzerinde (Qym) 13, Karabayı Formasyonu (Tmk) üzerinde 2, Karakuştepe Formasyonu (Tmkt) üzerinde 9 adet dolin gelişim göstermiştir. En ilginç durum ise Kızılcadağ Melanj ve Olistostromu (Kkzm) üzerinde 186 dolinin gelişmiş olmasıdır. Çoğunlukla Kayış, Akyayla ve Aksu köyleri çevresinde olmak üzere az sayılarda da Kartalpınarı köyü kuzeyinde ve Çebiş köyü güneyinde dolinlerin varlığı tespit edilmiştir. Gerçek olan şudur ki bu dolinler aslında bu birimlerin üzerine bindirmeye gelen Dutdere Kireçtaşının kalıntıları üzerinde gelişmiş olmaları ve tabanda karstik olmayan melanj biriminin ortaya çıkmasıyla ilgili bir durumdur. Bu durumda bu şekildeki kalıntı şeklinde kalmış dolinler bu çalışmada “fosil (artık) dolin” olarak nitelendirilmiştir. Zaten Dutdere Kireçtaşı, bu karstik olmayan birimlerin üzerinde parçalar halinde veya etrafında ve devamında da kuşaklar şeklinde uzanım göstermektedir (Foto 4).



Foto 3- Dutdere Kireçtaşı'nda (solda) ve Beydağları Formasyonu'nda (sağda) gelişmiş çözünme dolinleri  
Photo 3- Dissolution dolines developed in Dutdere Limestone (left) and Beydağları Formation (right)



Şekil 4- Çeltikçi Havzası'nda litolojik birimlerin alansal oranları (%) ile dolin sayısını (solda) ve litolojilerin ortalama eğim değerleri (°) ile dolin sayısını (sağda) gösteren grafikler

Figure 4- Graphs showing the areal ratios (%) of lithological units and the number of dolines (left) and the average slope values (°) of the lithologies and the number of dolines (right) in the research area

Sahada özellikle Dutdere Kireçtaşının kalınlaştığı Çal Tepe, Kestel Dağı, Kayış köyü batısındaki ve Çebiş köyü güneybatısındaki tepelerde çok sayıda kapalı dolin ve genç dolinler yoğun bir şekilde gelişmiştir. Bu dolinlerin bir kısmı yarım ay şeklinde veya uzamış özelliklerde, bir kısmı ise sığ kapalı çukurluklar veya hafif torbalaşmış düz yüzeyler şeklinde görülmektedir (Foto 5).



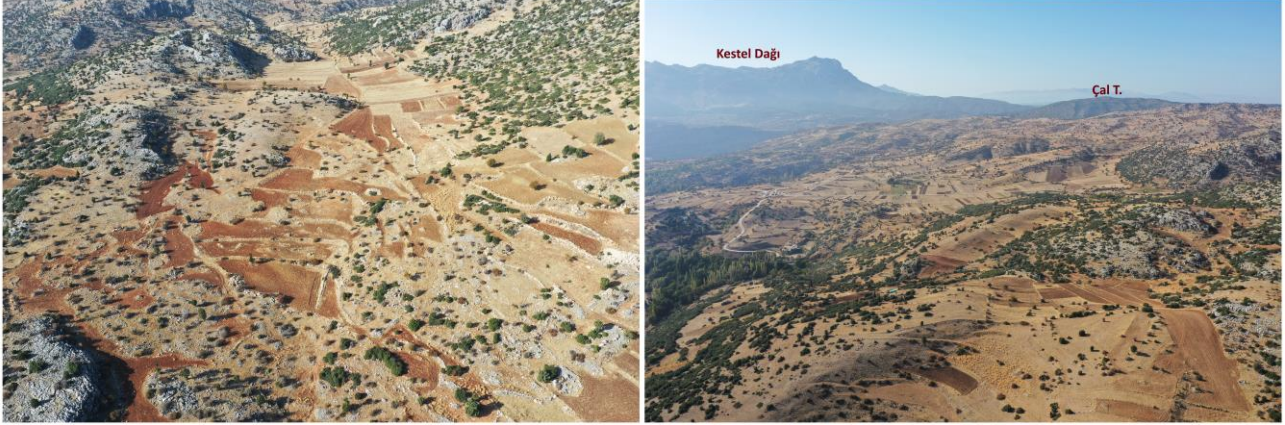


Foto 4- Kayış köyü batısında iyice incelmış Duldere Kireçtaşı üzerinde (solda) ve kireçtaşlarından yer yer sıyrılmış Kızılcaadağ Melanjı üzerinde fossil dolinler  
Photo 4- Fossil dolines on the finely thinned Duldere Limestone (left) and on the Kızılcaadağ Melange, which is partially stripped from the limestone, west of Kayış village



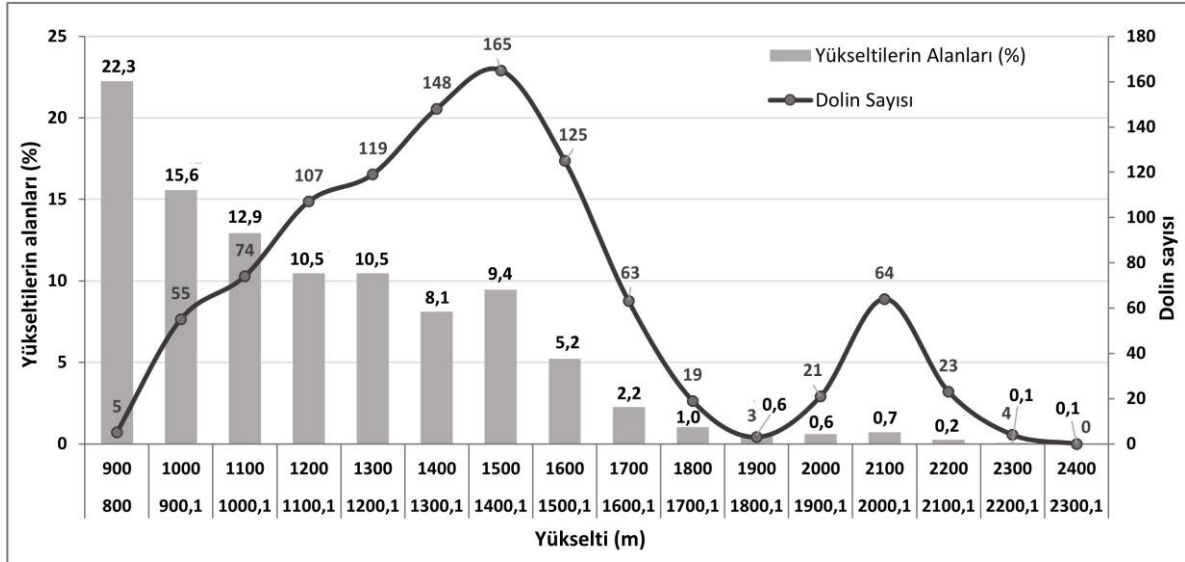
Foto 5- Kayış köyü batısında (solda) ve Çal Tepe'de (sağda) Duldere Kireçtaşı üzerinde yarım ay şeklinde ve uzamış asimetrik dolinler  
Photo 5- Half-moon shaped and elongated asymmetric dolines on the Duldere Limestone in the west of Kayış village (left) and Çal Tepe (right)

Sahada yüzeylenen jeolojik birimlerin ortalama eğim değerleri  $24,8^{\circ}$  ile  $42,2^{\circ}$  arasında değişmektedir. Sahada tespit edilen 995 dolinin  $566$ 'sı ortalama  $35,3^{\circ}$  eğime sahip Duldere Kireçtaşı (TRJd) üzerinde gelişken  $186$ 'sı ortalama  $34,7^{\circ}$  eğime sahip Kızılcaadağ Melanjının (Kkzm) üzerinde Duldere Kireçtaşının sıyrıldığı fossil yüzeyler üzerinde gelişmiş fossil (artık) dolinler özelliğindedir. 109 dolin ise ortalama  $42,2^{\circ}$  eğime sahip neritik kireçtaşlarından oluşan Beydağları Formasyonu (Kb) üzerinde gelişim göstermiştir. Sahadaki 86 dolin ortalama  $26,5^{\circ}$  eğime sahip kireçtaşı aratabakalı Elmalı Formasyonu (Te) üzerinde, 24 dolin arasındaki ortalama  $35,9^{\circ}$  eğime sahip pelajik kireçtaşlarından oluşan Tekkeköy Formasyonu (Kbt) üzerinde, 13 dolin kireçtaşı parçalarından oluşan ortalama  $25,6^{\circ}$  eğimli yamaç molozları (Qym) üzerinde gelişmiştir. Algli kireçtaşlarından oluşan ortalama  $24,8^{\circ}$  eğimli Karabayır Formasyonu (Tmk) üzerinde 2, killi kireçtaşı aratabakalı ortalama  $28,6^{\circ}$  eğimli Karakuştepe Formasyonu (Tmkt) üzerinde 9 dolin gelişmiştir (Şekil 4). Formasyonların alansal oranları ile dolin sayıları kullanılarak yapılan hesaplamayla ortaya çıkarılan korelasyon değeri ( $r=0,56$ ) pozitif yöndedir. Buna göre, litolojik özellikler ile dolinler arasındaki ilişki çok kuvvetli olmayıp orta düzeyde kalmaktadır.

### 3.2.2. Dolinlerin Yüksekliğe Göre Dağılışı

Araştırma sahasındaki dolinlerin yükseltilerine  $1/25.000$  ölçekli topoğrafya haritalarıyla oluşturulan sayısal yükseklik modelinden ulaşılmıştır. Sahada tespit edilen 995 dolinin yükseltiye göre dağılışı tespit edilerek farklı grafikler elde edilmiştir. Dolinlerin yükseltiye göre dağılışına bakıldığında, dolinlerin ortalama

yükseltisi 1422 m olup dolinlerin yükseltisi 875-2295 metreler arasında dağılış göstermektedir. Dolinlerin yükselti değerlerindeki dağılışları heterojendir. Buna uygun olarak zaten dolinlerin 165'i (%16,6) 1400-1500 m aralıında bulunmaktadır. Dolinlerin 148'i (%14,9) 1300-1400 metreler arasında dağılış gösterirken, 125 dolin (%12,6) 1500-1600 m, 119 dolin (%12) 1200-1300 m ve 107 dolin (%10,8) 1100-1200 metreler arasında yayılış göstermektedir. Bunun yanında 74 dolin (%7,4) 1000-1100 m, 64 dolin (%6,4) 2000-2100 m ve 55 dolin 900-1000 metreler arasında dağılış gösterirken polyelerin eteklerinde (800-9000 m) 5 dolin ve dağların yüksek kesimlerindeki değişik yükseltilerdeki (1700-2300) eğimli yamaçlarında 60 dolin dağılış göstermektedir (Şekil 5). Yükselti basamaklarının alansal oranları ile dolin sayısının dağılışı arasındaki korelasyon ( $r=0.30$ ) pozitifdir. Bu sonucun nötre yakın (düşük) olması, yükselti basamağı ile dolin sayısı arasındaki korelasyonun düşük olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 5- Çeltikçi Havzası'nda dolinlerin yükselti alanı oranlarına (%) göre dağılımını gösteren grafik

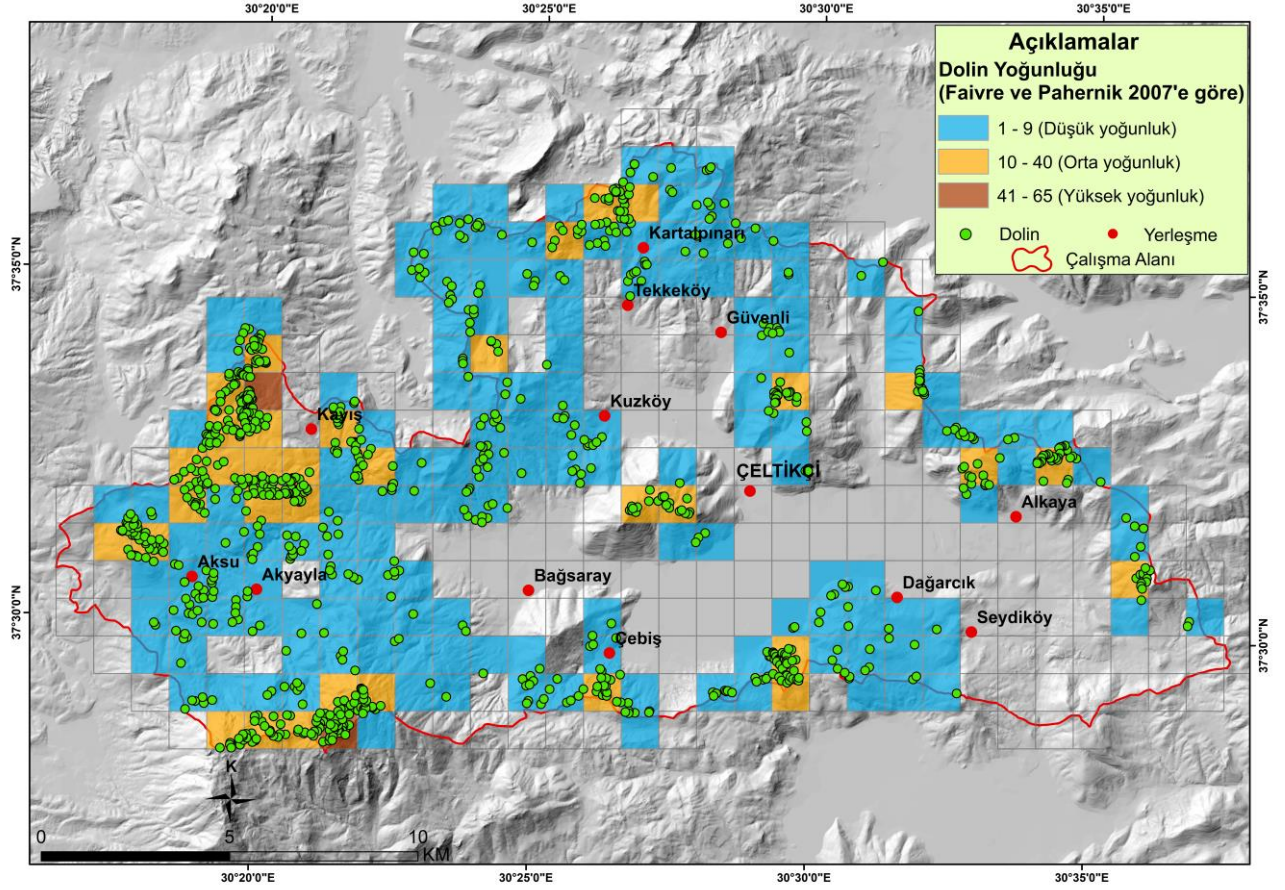
Figure 5- Graph showing the distribution of dolines according to their elevation area ratio (%) in the Çeltikçi Basin

### 3.2.3. Yoğunluk Analizi

Araştırma sahasındaki dolin yoğunluk analizi, tespit edilen toplam 995 dolin ile yapılmıştır. Dolin yoğunluğu 1 km<sup>2</sup>lik gridler oluşturularak hesaplanmıştır. Faivre ve Pahernik (2007)'e göre ise yoğunluk sınıflandırılması yapılmıştır (Şekil 6). Yapılan dolinler yoğunluk sınıflamasına göre sahada düşük, orta ve yüksek yoğunluklu dolin sınıfları görülmektedir. Yüksek dolin yoğunluğuna sahip alanlar, Dutedere Kireçtaşının yüzeylendiği Kayış köyü batısındaki dalgalı yüzeylerde ve Kestel Dağı'nda görülmektedir. Orta derecede dolin yoğunluğuna sahip alanlar ise Aksu köyü batısındaki Çal Tepe kütlesinde, Kayış köyü batısında ve güneybatısında, Kestel Dağı'nda, Çebiş köyü güneyinde ve doğusundaki yükseltelerde, havzanın ortasındaki Aladağ kütlesinde, Kartalpınarı köyü kuzeybatısındaki yüksek alanlarda ve havzanın doğusundaki yüksek alanlarda parçalar halinde dağılış göstermektedir. Orta yoğunluktaki dolin alanları havzanın batı, güney ve kuzeybatısına düşen alanlarda Dutedere Kireçtaşının, doğu ve kuzeydoğudaki alanlar ise kireçtaşlarından oluşan Beydağları ve Tekkeköy formasyonlarının yüzeylendiği alanlarla örtüşmektedir. Çeltikçi Polye Sistemini çevreleyen diğer dağlık alanlar ise düşük yoğunlukta dolin dağılışı göstermektedir (Şekil 6).

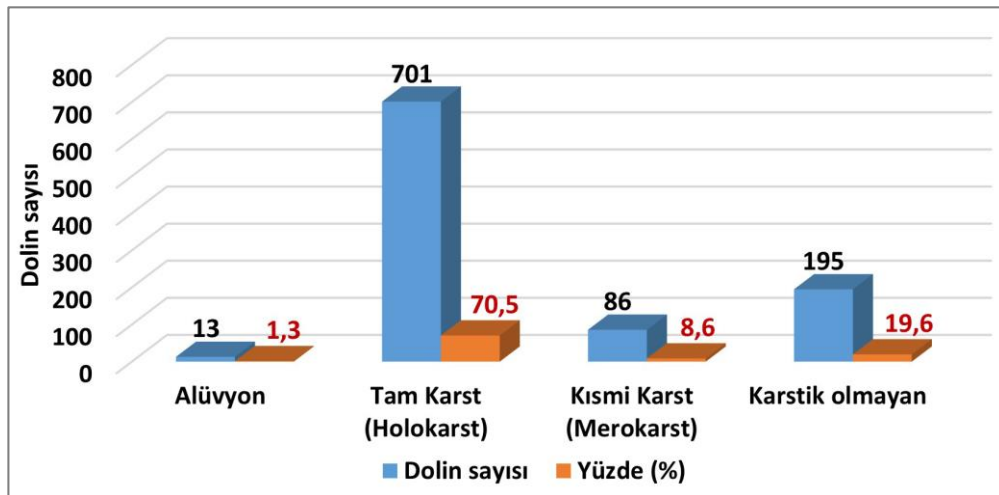
Sahada yüksek ve orta yoğunlukta dolinlerin gelişmesinde; Dutedere Kireçtaşının karstlaşmaya uygun saflıkta (%54,7 CaO), yapıda (kırık ve çatlaklı) ve kalınlıkta (700 m) olmasının yanında sahada neritik (Beydağları Formasyonu) ve pelajik (Tekkeköy Formasyonu) kireçtaşlarının geniş alanlar kaplamasının önemi büyüktür. Bunun yanında dolinler çoğunlukla bu kireçtaşı yüzeylerinin orta derece eğim değerine sahip yüzeylerinde gelişim göstermiştir. Bu dolinlerin 701 adeti (%70,5) tam karstik alanlarda bulunurken 86 adeti (%8,6) kısmi karstik alanlarda yer almaktadır. Kireçtaşı çakıl ve bloklarından oluşan alüvyal koni ve yamaç molozları üzerinde gelişen 13 dolini de kısmi karstik alanlar içerisinde değerlendirmek gerekmektedir. Havzanın batı ve kuzeybatısında; üstteki Dutedere Kireçtaşının yer yer sıyrıldığı veya çok incelindiği, bu durumda alttan melanj birimlerinin yüzlek verdiği alanlardan oluşan karstik olmayan birimler üzerinde ise 195 dolin (%19,6) gelişim göstermiştir (Şekil 7 ve 8; Foto 4).





Şekil 6- Çeltikçi Havzası'ndaki dolinlerin yoğunluk haritası

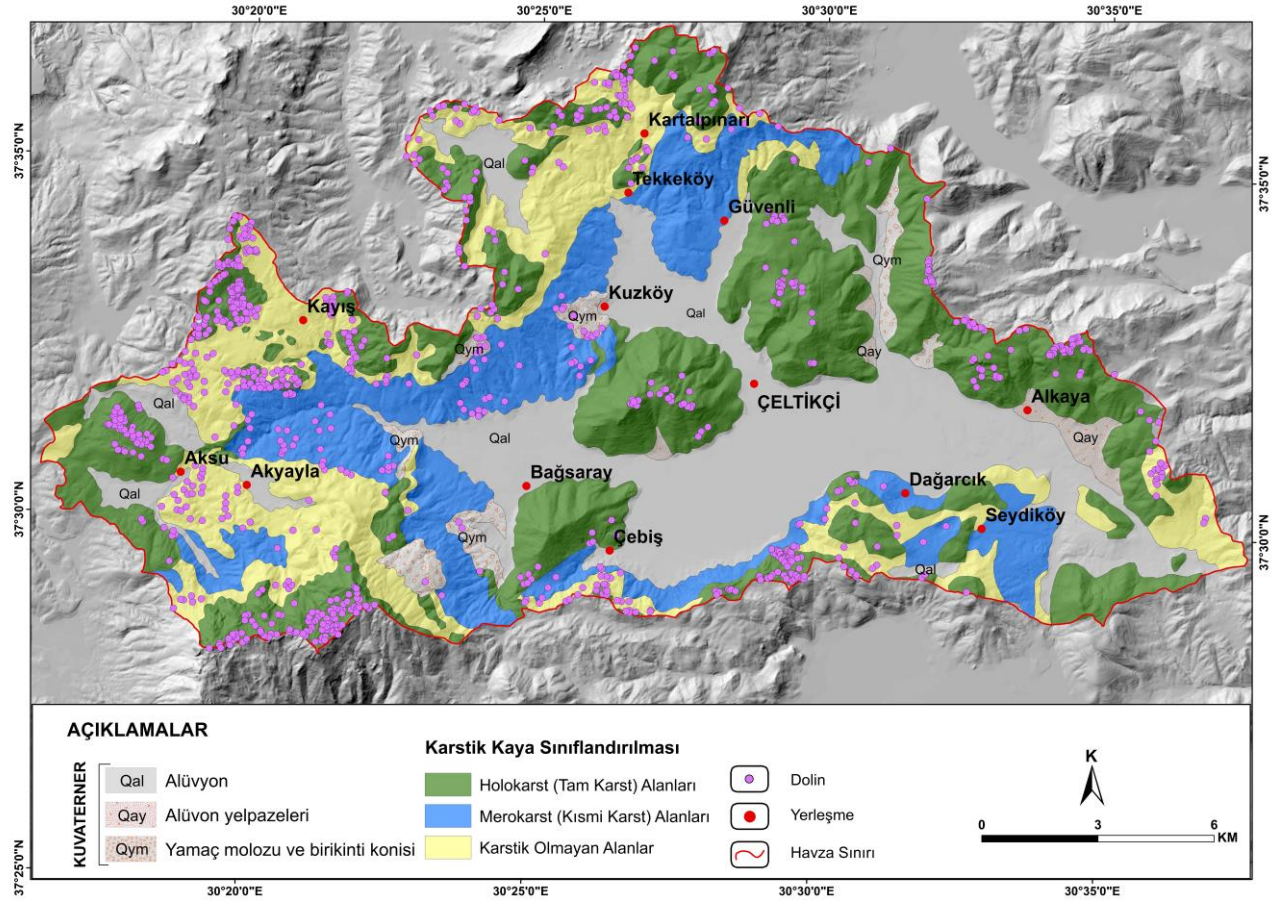
Figure 6- Density map of dolines in the Çeltikçi Basin



Şekil 7- Cvijić (1960) karst sınıflamasına göre Çeltikçi Havzası'nda dolinlerin dağılımını gösteren grafik

Figure 7- Graph showing the distribution of dolines in the Çeltikçi Basin according to the karst classification of Cvijić (1960)





Şekil 8- Cvijić (1960) karst sınıflamasına göre Çeltikçi Havzası'nın karst sınıflama haritası üzerinde dolinlerin dağılışı  
 Figure 8-Distribution of dolines on the karst classification map of Çeltikçi Basin according to Cvijić (1960) karst classification

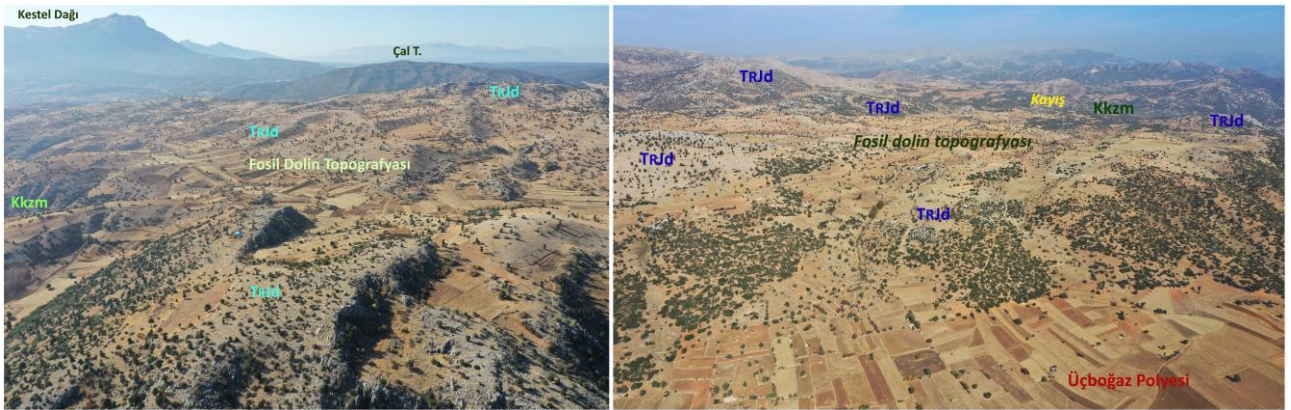


Foto 6- Kayış köyü batısında (solda) ve güneybatısındaki (sağda) fosil dolin topografyaları  
 Photo 6- Fossil doline topographies in the west (left) and southwest (right) of Kayış village

### 3.2.4. Dolinlerin Alan ile Çevre Uzunluğu Özellikleri ve Dairesellik İndeksi

Araştırma sahasındaki dolinlerin alan, çevre uzunlukları ve dairesellik indisi (Ic) tespit edilen 995 dolin verisi üzerinde yapılmıştır. Bu dolinler arasında en küçük alana sahip dolin 57 m<sup>2</sup> iken en büyük alana sahip dolin 312395 m<sup>2</sup>'dir. Dolinlerin ortalama alanı ise 4966 m<sup>2</sup>'dir. Çevre uzunluk özelliklerine bakıldığında ise çevre uzunluğu en kısa olan dolin 28,6 m iken en uzun çevre uzunluğu 3228,3 metredir. Dolinlerin ortalama çevre uzunluğu ise 235,8 metredir. Dolinlerin alanı ile çevre uzunlukları arasındaki korelasyon ilişkisine



bakıldığında ise korelasyon değeri ( $r=0.89$ ) pozitif yönde olup çok kuvvetli bir sonuç çıkmaktadır. Dolinlerin alan ve çevre uzunlukları verileri kullanılarak saha için elde edilen dairesellik indis değerlerinin ortalama değeri 1.59'dur. Sahadaki dolinlerin dairesellik indis değerleri ise 1.03 ile 10.96 arasında değişmektedir. Dairesellik indis değerlerine göre; sahadaki dolinlerin 354'ü 1.5-3 arasında indis değerine sahipken 35'i 3 ve üzeri değere sahiptir. Sahada dairesel özelliğini korumuş dolin sayısı 71 iken daireselliği kısmen bozulmuş (1.1-1.2) dolin sayısı 165, daireselliğini tamamen kaybetmiş ve girinti ve çıkıntıları olan (1,2-1,5) dolinlerin sayısı 370'dir (Tablo 1). Şekilleri çok bozulmuş ve girintili-çıkıntılı dolinler, özellikle paleo vadiler içerisinde gelişmiş veya parçalanmış fosil dolin türlerinde görülebilmektedir.

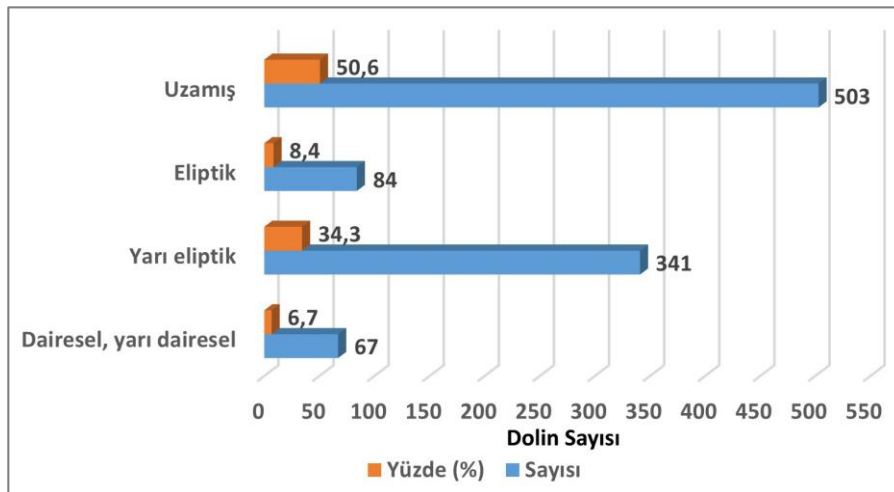
Tablo 1- Çeltikçi Havzası'nda dolinlerin dairesellik indis değerlerine göre sayıları ve oranları (%)

Table 1- Numbers and ratios (%) of dolines in the Çeltikçi Basin according to their circularity index values

Dairesellik Değeri	Dolin Sayısı	Oran (%)	Dolinlerin Şekilsel Durumu
$1 \geq I_c > 1.1$	71	7.1	Dairesel dolinler
$1.1 \geq I_c > 1.2$	165	16.6	Dolinlerde dairesellik bozulmaya başlamış
$1.2 \geq I_c > 1.3$	143	14.4	Dolinlerde birden fazla çıkıntı oluşmuş, dairesel şeklini kaybetmiş
$1.3 \geq I_c > 1.4$	122	12.3	Dolinlerde çıkıntılar artmış, belirgin uzamalar görülür
$1.4 \geq I_c > 1.5$	105	10.5	Dolinler karmaşık biçimler almaya başlamış
$1.5 \geq I_c > 3$	354	35.6	Dolinler tamamen uzamış, biçimsiz dolinler
$3 \geq I_c > 5$	33	3.3	Dolinlerde girinti-çıkıntı çok ve girintiler uzun
$5 \geq I_c$	2	0.2	Dolinlerde girinti-çıkıntı çok fazla ve uzunluğu fazla dolinler
<b>Toplam</b>	<b>995</b>	<b>100</b>	

### 3.2.5. Dolinlerin Uzun Eksen ile Kısa Eksen Özellikleri ve Uzama Oranları

Araştırma sahasında tespit edilen 995 dolin için dolin uzama oranları hesaplanmıştır. Sahadaki dolinlerin uzun eksen değerleri 10,2 m ile 7919 m arasında değişmektedir. Dolinlerin kısa eksen değerleri ise 6 m ile 2872 m arasında değişmektedir. Uzun eksenlerin ortalama uzunluğu 99,9 m iken kısa eksenlerin ortalama uzunluğu 48,3 metredir. Dolinler iki yönlü gelişim özelliği gösterdiğinden kısa eksen ile uzun eksen arasındaki korelasyon değeri pozitif yönde olup kuvvetlidir ( $r=0,89$ ). Sahadaki dolinlerin uzama oranlarına bakıldığında bu değerler 1,01 ile 8,54 arasında değişmektedir. Dolin uzama oranlarının ortalama değeri ise 2,02'dir. Yapılan hesaplamalara göre dolinlerin 67'si (%6,7) dairesel veya yarı dairesel, 341'i (%34,3) yarı eliptik, 84'ü (%8,4) eliptik şekle sahipken 503 dolin (%50,6) uzamış özelliğe sahiptir (Şekil 9). Sahadaki bu uzamış dolinler genellikle fayların denetiminde, süreksizliklerin, paleo vadilerin denetiminde ve sıyrılma yüzeylerindeki fosil dolinlerin yayılış gösterdiği alanlarda gelişmiştir (Foto 7).



Şekil 9- Çeltikçi Havzası'nda geometrik özelliklerine göre dolinlerin sayıları ve oranları (%)

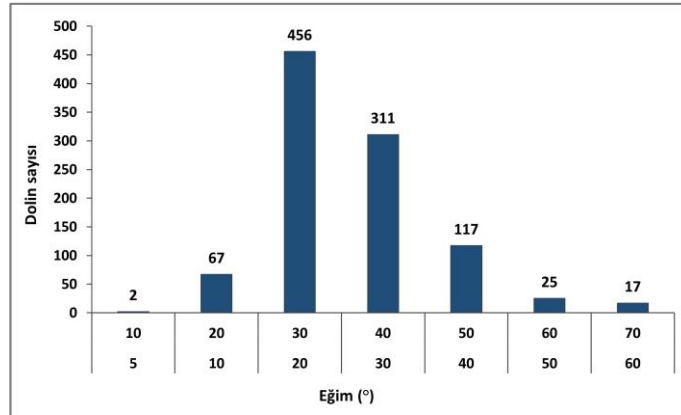
Figure 9- Numbers and ratios of dolines according to their geometric features in the Çeltikçi Basin (%)



Foto 7- Çal Tepe üzerinde uzamış dolinler (solda) ve Akyayla çevresinde fosil dolinler (sağda)  
Photo 7- Elongated dolines on Çal Tepe (left) and fossil dolines around Akyayla (right)

### 3.2.6. Eğim Koşullarının Dolinler Üzerindeki Etkisi

Araştırma sahasında bulunan dolinlerin dağılımları ile sahanın eğim özellikleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için öncelikle 1/25.000 topoğrafya haritasından yararlanılarak sahanın eğim haritası oluşturulmuştur. Daha sonra bu eğim haritasından 1 km<sup>2</sup>lik gridler oluşturularak sahanın ortalama eğim değerleri (°) bulundu ve bu haritadan da sahadaki dolinlerin ortalama eğimleri hesaplandı. Elde edilen bu verilere göre sahanın ortalama eğim değeri 32.2° olup en fazla dolin (456 dolin), yüzey suyunun hareketli ve süzülmenin güçlü olduğu 20° ile 30° arasında eğime sahip yüzeylerde gelişmiştir. İkinci en fazla dolinin (311) geliştiği eğim değerleri de 30° ile 40° arasındadır. En az dolin sayısı (2) ise düşük eğimli 5° ile 10° eğimleri arasında bulunmaktadır. Sahanın 40°–50° arası eğimli yüzeylerinde 117 dolin, 10°-20° arası eğimli yüzeylerinde 67 dolin ve 50°-60° arası eğimli yüzeylerinde 25 dolin gelişmiştir (Şekil 10). Sahada tespit edilen 995 dolinin %77'si, (767 dolin) 20° ile 40° eğim değerlerinde olan yüzeylerde gelişebilmiştir (Foto 8).



Şekil 10- Çeltikçi Polyesi Havzası'nda dolin sayısının ortalama eğime göre dağılışı.

Figure 10- Distribution of the number of dolines in the Çeltikçi Polje Basin according to the average slope.

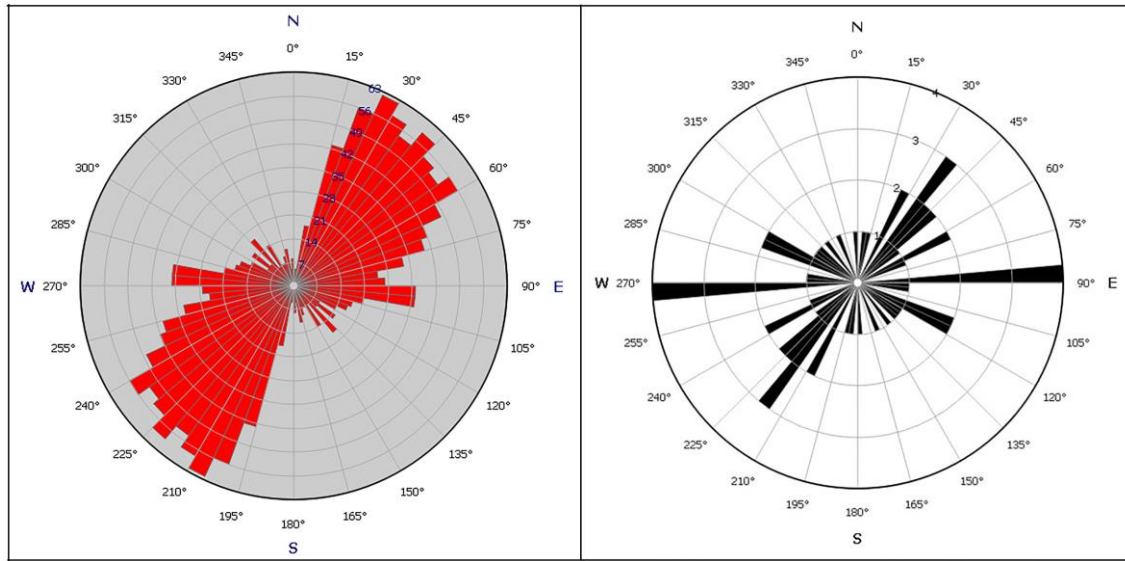


Foto 8- Çal Tepe üzerinde orta eğimli alanlarda gelişmiş çözünme dolinleri  
Photo 8- Developed dissolution dolines on medium slopes on Çal Hill



### 3.2.7. Dolinlerin Yönelim Özellikleri

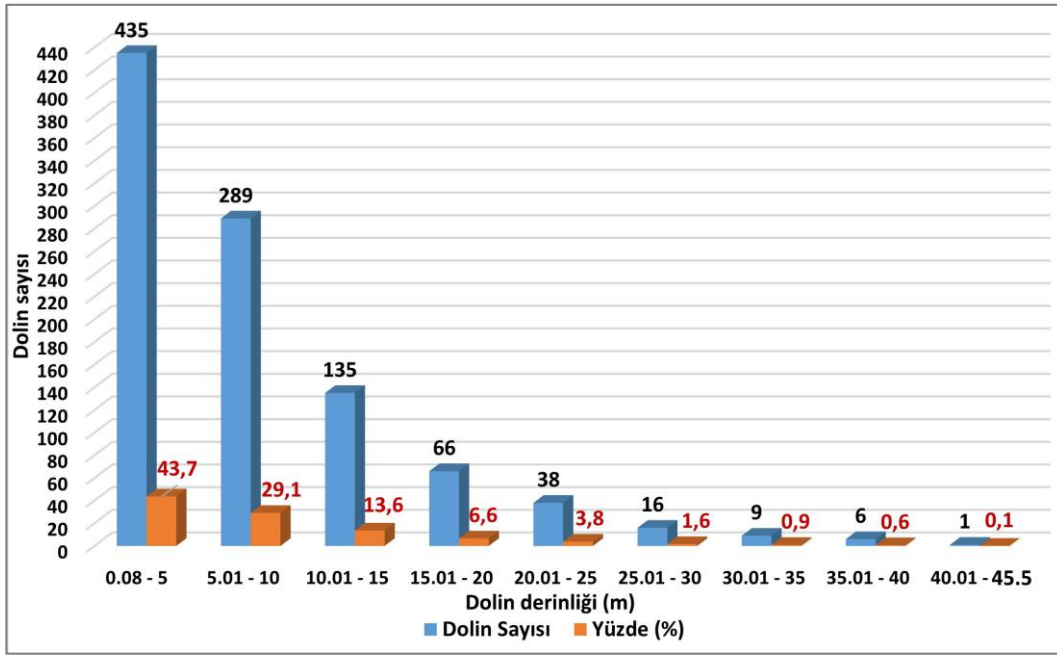
Karstlaşmanın gelişmesinde etkili olan fay ve çatlaklar gibi zayıf direnç zonları doğrultusunda gelişebilen dolinlerin (Nazik, 1986) çalışma sahasında, çizgiselliklerle uyumlu olup olmadığını veya dolinlerin yönelim özelliklerini belirlemek amacıyla dolinlerin uzun eksenlerinin ve alandaki çizgiselliklerin kuzeye yaptığı açıların hesaplanması ile belirlenmiştir. Dolinlerin yönelim özelliklerinin belirlenmesi ArcGIS programı kullanılıp elde edilen verilerle GeoRose programından gül diyagramları hazırlanmıştır. Saha için oluşturulan gül diyagramına göre; sahadaki dolinlerin yönelimleri karstik sahalarda etkili olan çatlak ve yarık sistemlerine ve bindirmelerin oluşturduğu kontak uzanımlarına (bindirme fayı uzanımlarına), bunun yanı sıra topografyadaki çizgiselliklerin uzanımlarına uyumlu olarak gelişim gösterdiği anlaşılmıştır. Dolinlerin hâkim uzanım yönleri çoğunlukla KD-GB doğrultusunda, ikinci derece ise D-B doğrultusunda olduğu görülmektedir. Dolinlerdeki KD-GB yönelimi havzanın batısındaki bindirme faylarına ve orografik uzanımlara uyumlu olmasından kaynaklanırken, D-B yönelimi yine topografyadaki çizgisel uzanımlara ve havza güneyindeki hem orografik hem de bindirme faylarının uzanımlarına uyumlu olduğu görülmektedir. KD-GB yönelimli dolinler için bu yönle doğru olan eğim yüzeylerinin daha geniş alanlar kaplaması ve derin karst sistemlerine bağlanan dolinlerdeki merkezi kaymaların da etkili olabileceği düşünülebilir. Diğer yönle uzanım gösteren dolinler ise yerel tabaka uzanımları, kırık sistemleri ve eğim koşullarına göre uzanım gösterdikleri söylenebilir (Şekil 11; Foto 5 ve 6).



Şekil 11- Dolinlerin uzun eksen yönelimi (solda) ile sahadaki çizgiselliklerin uzanımlarına (sağda) ait gül diyagramları  
Figure 11- Rose diagrams of the long axis orientation of the dolines (left) and the extensions of the lineaments in the field (right)

### 3.2.8. Dolinlerin Derinlik Özellikleri

Çeltikçi Havzası'nda tespit edilen 995 dolinin derinlik özellikleri çok kompozit özellikler göstermez. Bunları metrik dağılımı 0,08 m ile 45,5 m arasında değişmektedir. Bu dolinlerin %43,7'sinin (435 dolin) 5 m ve altında bir derinliğe sahipken ancak 1 tanesi 45,5 m derinliğe sahiptir. En sığ derinliğe sahip dolinlerin sayısı ise 10 m. altındaki derinliğe sahip dolinler olarak değerlendirdiğimizde 724'e ulaşmaktadır (Şekil 12). Sahadaki tüm dolinlerin %72,8'ini oluşturan bu dolinler için genel karakter olarak oldukça sığ veya ölüm dönemini yaşayan dolinler olduğu söylenebilir. Geri kalan 270 dolin 10,01 m ile 40 m arasında derinliğe sahiptir. Bunlardan 10,0 m ile 20 m olan dolinlerin sayısı da 201 (%20,2)'dir. 20,1 m ile 40 m arasında derinliğe sahip dolinlerin sayısı ise 69 (%6,9)'dur (Şekil 12).

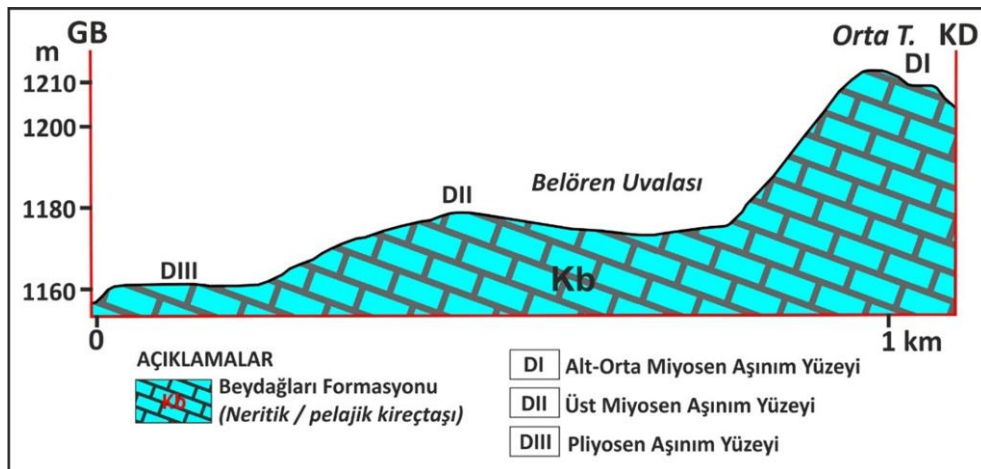


Şekil 12- Çeltikçi Havzası'nda derinliklerine göre dolinler ve oranları (%)

Figure 12- Dolines and their rates according to their depth in the Çeltikçi Basin (%)

### 3.3. Belören Uvalası (Açılmış) ve Morfometrik Özellikleri

Araştırma sahasında gerek sahaya ait topoğrafya haritalarından ve Google Earth Pro görüntülerinden gerekse arazi çalışmalarından sadece bir adet uvala tespit edilmiştir. Tespit edilen bu uvala, dış drenaja açılmış olup, sahanın doğusunda bulunan Belören köyünün kuzeybatısındaki Belören Uvalası'dır (Şekil 3 ve 13; Foto 9). Çeltikçi Polyesi'ne inen bir dere tarafından güneybatısından açılmış olan bu uvalanın tabanı ilk halini korumaktadır ve henüz parçalanmamıştır. Tektonik olarak yükselmiş Üst Miyosen rölyef sistemine ait aşınım yüzeyi üzerinde gelişen uvala askıda kalmış ve 1150-2000 metreler arasında bir yükseklikte yer almaktadır. Belören uvalasının KD-GB doğrultusunda uzunluğu 1000 m, KB-GD arasındaki genişliği ise yaklaşık olarak 440 metredir. Uzama oranı ( $I_c$ ) 2,13 olan uvala, KD-GB yönelimli bir uzanımına sahiptir. Uvalanın alanı yaklaşık 300 m<sup>2</sup>, çevresi ise 2840 metredir. Uvalanın dairesellik indis değeri ( $R_E$ ) ise 2.27'dir. Bu uvala, bir paleovadi içerisinde geliştiği için dairesellik özelliğini yitirmiş ve uzamıştır. Belören Uvalası, Beydağları Formasyonu'nun neritik kireçtaşında ve Üst Miyosen (DII) aşınım yüzeyi içerisinde gelişim göstermiş olup kuzeydoğudan güneybatıya doğru az eğimli bir tabana sahiptir ve güneybatı yönünden açılmıştır (Şekil 13; Foto 9).



Şekil 13- Belören uvalasının jeolojik kesiti

Figure 13- Geological section of the Belören uval





Foto 9- Üst Miyosen yüzeyleri üzerinde gelişmiş Belören Açılmış Uvalası

Photo 9- Belören opened Uvala developed on Pliocene surfaces

#### 4. SONUÇ

Çeltikçi Polyesi Havzası, aktif ve karmaşık bir sahada olup Türkiye'nin güneyini kaplayan Batı Toros Karst Kuşağı bölümünün Batı Toros Karst alanında ve Batı Toros polyeleri içerisinde yer alır. Saha tektonik olarak Üst Kretase'de okyanusal kabuk parçasının kıtasal kabuğa bindirmesi sonucunda bir araya gelen Likya Napları ile Orta Miyosen'de altlarına Yeşilbarak Napını alarak bölgedeki otokton konumlu Beydağları formasyonunun üzerine uyumsuz olarak yerleşmiş birimlerden oluşmaktadır. Araştırma sahası karstlaşmaya uygun Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ile karstlaşmayı sınırlandıran Miyosen yaşlı filiş ve ofiyolitik melanjlardan oluşmaktadır. Bu tektonik birimler, kabaca D-B yönlü sıkışma tektoniğine uygun olarak K-G yönlü uzanım gösteren orojenik kuşakların ana litolojilerini oluştururlar. Bu sıkıştırma tektoniği aynı zamanda Geç Kretase-Erken Miyosen aralığında sahada D-B genel uzanımlı bindirmeli yapıların oluşmasını sağlamıştır. Sahadaki ana morfolojik unsurlar, sıkıştırmalı ve bindirmeli yapıların uzanımlarına uygun olarak KD-GB, KB-GD veya D-B yönlü bir uzanıma sahiptirler. Ayrıca toplam yüzölçümü yaklaşık olarak 277 km<sup>2</sup> olan sahanın jeomorfolojik görünümü bindirme hatlarına paralel olup D-B ve KD-GB doğrultulu normal faylardan etkilenerek oluşmuştur. Bu yapısal faktörler sonucunda süreksizlikler ile kırık ve çatlak sistemleri oluşmuştur. Karbonatlı kayaçlarda oluşan bu yapısal özellikler, aşınım yüzeylerinin eğim yönleri ve paleovadiler sahadaki mikro ve makro karstik şekillerin yönelimlerinde etkili olmuştur. Çalışma alanı Orta Miyosen'den itibaren süregelen genç tektonik hareketlerin etkisiyle oluşan neotektonik yapılar üzerinde gelişim göstermektedir. Bu yapılar iklimatik değişimlerin, flüvyal aşınım ve birikimin yanı sıra karstlaşma etken ve süreçlerinin etkisiyle şekillenmeye devam etmektedir. Sahanın rölyef sistemleri, 810-2330 metreler arasında bulunan Alt-Orta Miyosen (DI), Üst Miyosen (DII), Pliyosen (DIII) ve Pleistosen (DIV) dönemlerine ait rölyef sistemlerinin yapı ve şekillerinden oluşmaktadır.

Karstlaşmaya uygun karbonatlı kayaçlar, çözünemeyen kayaçlar ve alüvyonlardan oluşan araştırma sahasında en yaygın karstik şekillerin başında dolin, uvala, polyeler gelmektedir. 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları ve Google Earth Pro programı üzerinden sahada 1 açılmış uvala ve 995 çözünme dolini tespit edilmiştir. Sahadaki dolinlerin dağıldığı alanın ortalama yükseltisi 1422 m olup dolinler, 875 ile 2295 metreler arasında dağılım gösterirler. En fazla dolinin bulunduğu (566) formasyon Dutedere Kireçtaşı (TRJd)'dir. Bu birimin önemli kalınlıklara ulaştığı alanlarda gelişen dolinlerin büyük çoğunluğu küçük alanlı, sık kapalı veya yarı açık (yarım ay) şeklindedirler. Bunlardan bazıları da yapısal hatların denetiminde uzamış formlardadır. Bu türdeki dolinler sahada genç dolinler şeklinde tanımlanmıştır. Bunun yanında bu bindirmeli kireçtaşının altta yer alan Kızılcadağ melanj birimi üzerinden hemen hemen sıyrıldığı alanlarda dolin artıklarından oluşan fosil (bozulmuş) dolinlerin yoğun bir şekilde varlığı söz konusudur. Sahadaki formasyonların alansal oranı ile dolin sayısı arasındaki pozitif korelasyonun ( $r=0,56$ ) bulunması litoloji ile dolin dağılımları arasında orta seviyede bir ilişkinin var olduğunu göstermektedir.

Dolinlerin ortalama dairesellik indis değerine 1.59 olup, buna göre dolinlerin dairesellik formlarını tamamen yitirdikleri ve birden fazla çıkıntının geliştiği tespit edilmiştir. Dolinlerin ortalama uzama oranları 2,02'dir. Uzama oranı verilerine göre dolinlerin 503'ü uzamış, 425'i yarı eliptik veya eliptik, 67'si dairesel formlardadır. Dolinlerin şekilsel olarak bozulmalarında ve uzamış olmalarında; paleo vadilerin kesişim noktalarında ve süreksizliklerin bulunduğu alanlarda gelişmeleri, çatlak sistemlerinin dağılışı ve yoğunluğu, eğim koşulları ve jeomorfolojik evrim belirleyici olmuştur. Özellikle karstik olmayan melanj birimi üzerine

bindirmeyle gelen kireçtaşı birimlerinin jeomorfolojik evrim sırasında bazı yerlerde tamamen bazı yerlerde ise kısmen sıyrılmış olması, bu alanlardaki dolinlerin geometrilerinde bozulmalara yol açmıştır. Sonuçta bir tarafta genç dolin topoğrafyaları varlığını sürdürürken komşu alanlardaki kısmen sıyrılmış yüzeylerde ileri ihtiyarlık veya ölüm dönemlerini yaşayan fosil dolin topoğrafyaları gelişim göstermiştir.

Araştırma sahasındaki Belören Uvalası'nın morfometrik özelliklerine bakıldığında genel olarak uzunluğunun genişliğinden fazla olduğu ve “uzamış” formda olduğu tespit edilmiştir. Bu karstik depresyonun gerek uzama oranının yüksek olması gerekse dairesel formunun bozulmuş olmasında, başta Üst Miyosen paleovadisinin uzanımı olmak üzere kırık ve çatlak sistemleri etkili olmuştur.

**Teşekkür:** Bu çalışmada yer alan bazı fotoğrafların çekiminde kullanılan İHA'yı temin ederek çalışmamıza katkı sağlayan Aydem Enerji Şirketi'nin Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Ceyhan Saldanlı'ya ve bu fotoğrafların çekimini yapan Araş. Gör. Onur Yayla'ya çok teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması / <i>Conflict of Interest</i>	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. <i>The authors declared no conflict of interest</i>
Finansal Destek / <i>funding conditions</i>	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. <i>The authors declared that this study has received no financial support</i>
Yazar Katkıları/Author Contributions	Yazarlar/Authors
Çalışmanın içeriği ve tasarımı/ <i>Conception/Design of Study</i>	K. Tuncer
Metodoloji/ <i>Methodology</i>	K. Tuncer
Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/ <i>Data Curation</i>	Fatma Altın
Analiz/ <i>Analysis and interpretation of data</i>	K. Tuncer – F. Altın
Görselleştirme/ <i>Visualization</i>	Fatma Altın
Yazı taslağı/ <i>Writing - Original Draft</i>	K. Tuncer
Yazma - İnceleme ve Düzenleme/ <i>Writing - Review &amp; Editing</i>	K. Tuncer – F. Altın
Proje yönetimi/ <i>Project administration</i>	K. Tuncer



## REFERANSLAR

- Alagöz, C. A. (1944). Türkiye karst olayları hakkında bir araştırma. *Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, (1), 87-92.
- Aydın, S., & Tuncer, K. (2021). Bozdağ'da (Denizli) dolinlerin morfometrik özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 33-48. <https://doi.org/10.17211/tcd.1013232>
- Basso, A., Bruno, E., Parise, M., & Pepe, M. (2013). Morphometric analysis of sinkholes in a karst coastal area of southern Apulia (Italy). *Environmental earth sciences*, (70), 2545-2559. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2297-z>
- Becker-Platen, J. D. (1970). Lithostratigraphische untersuchungen im känozoikum südwest Anatoliens (Känozoikum und braunkohlen der Türkei, 2). *Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, Beiheft 97*.
- Bondesan, A., Meneghel, M., & Sauro, U. (1992). Morphometric analysis of dolines. *International Journal of Speleology*, 21(1), 1-55. <http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.21.1.1>
- Bögli, A. (1980). Karst hydrology and physical speleology. *Springer*. Berlin and New York.
- Brunn, J. H., Graciansky, P. Ch. de., Gutnic, M., Juteau, T., Lefèvre, R., Marcoux, J., Monods, O., & Poisson, A. (1970). Structures majeures et correlations stratigraphiques dans les Taurides occidentales. *Bulletin Société Géologique de France*, 12(7), 515-556.
- Čar, J. (2001). Structural bases for shaping of dolines. *Acta Carsologica*, (30), 239-256.
- Cvijić, J. (1960). La Géographie des terrains calcaires. Academie Serbe des Sciences et des Arts. *Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles*, 26.
- Doğan, U. (1996). Poly ve flüvio-karstik depresyonlar (Seydişehir güneybatısından örnekler). *Ankara Üniv. Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, (5), 229-245.
- Doğan, U. (2004). Dolin sınıflamasında yeni yaklaşımlar. *Gazi Üniv. Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(1), 249-269.
- Doctor, D. H., & Doctor, K. Z. (2012). Spatial analysis of geologic and hydrologic features relating to sinkhole occurrence in Jefferson County, West Virginia. *Carbonates and Evaporites* (27), 143-152. <http://dx.doi.org/10.1007/s13146-012-0098-1>
- Dumont, J. F. (1976). Isparta Kıvrımı ve Antalya Naplarının orijini; Torosların Üst Kretase ile oluşmuş yapısal düzenin büyük bir dekroşman transtorik arızayla ikiye ayrılması varsayımı. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 86(86), 56-67.
- Dumont, J. F., Uysal, Ş., Şimşek, Ş., Karamanderesi, İ. H., & Letouzey, J. (1979). Güneybatı Anadolu'daki grabenlerin oluşumu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 92(92), 7-18.
- Erinç, S. (2012). *Jeomorfoloji II* (Güncelleştirilmiş Yeni Basım). İstanbul: Der Yayınları.
- Erol, O. (1979). Türkiye'de Neojen ve Kuvaterner aşınım dönemleri, bu dönemlerin aşınım yüzeyleri ile yaşıt (korelan) tortullara göre belirlenmesi. *Jeomorfoloji Dergisi*, (8), 1-40.
- Erol, O. (1983). Türkiye'nin genç tektonik ve jeomorfolojik gelişimi. *Jeomorfoloji Dergisi*, (11), 1-22.
- Erol, O. (1993). Ayrıntılı jeomorfoloji haritaları çizim yöntemi. *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, 10(10), 19-37.
- Ersoy, Ş. (1989). *Fethiye (Muğla) - Gölhisar (Burdur) arasında Güney Dağı ile Kelebekli Dağ ve dolaylarının jeolojisi*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ersoy, Ş. (1990). Batı Toros (Likya) Naplarının yapısal öğelerinin ve evriminin analizi. *Jeoloji Mühendisliği*, (37), 5-16.
- 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. <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2007/0051-0487>
- Ford, D. C., & Williams, P. W. (1989). *Karst geomorphology and hydrology*. Unwin Hyman. London.
- Ford, D. C., & Williams, P. (2007). *Karst hydrogeology and geomorphology*. London: John Wiley & Sons Ltd.
- Gams, I., Kunaver, J., & Radinja, D. (1973). Univerza, Katedra za fizično geografijo Oddelka za geografijo FF, Ljubljana.
- Goudie, A. (2003). *Geomorphological techniques* (2. Baskı). Routledge.
- Graciansky, P. Ch. de. (1968). Teke yarımadası (Likya) Torosları'nın üst üste gelmiş ünitelerinin stratigrafisi ve Dinaro Torosları'daki yeri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, (71), 73-92.

- Güldalı, N. (1970). *Karstmorphologische studien im gebiet des poljesystems von Kestel (Westlicher Taurus, Türkei)* (Yayımlanmamış doktora tezi). Geographischen Instituts der Umversnac Tübingen, Almanya.
- Günay, Y., Bölükbaşı, A., & Yoldemir, O. (1982). Beydağlarının stratigrafisi ve yapısı. *Türkiye Altıncı Petrol Kongresi Tebliğleri* (ss.91-101).
- Hoşgören, M. Y. (2003). *Jeomorfoloji'nin ana çizgileri II* (3. Baskı). İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Huggett, R. J. (2017). *Fundamentals of geomorphology*. London and New York: Routledge.
- İzıbrak, R. (1976). *Coğrafya terimleri sözlüğü*. İkbal Matbaacılık Sanayii. Ankara.
- Jemcov, I., Cupkovic, T., Pavlovic, R., & Stevanovic, Z. (2001). An example of the influence of fault patterns on karst development. In: Günay, G., Johnson, K.S., Ford, D., Johnson, A. I., (Eds) Present State and Future Trends of Karst Studies, (ss.703-709).
- Jennings, J. N. (1971). *Karst*. Australian National University Press.
- Jennings, J. N. (1985). *Karst geomorphology*. Blackwell, Oxford and New York.
- Keskin, İ., & Yılmaz, I. (2016). Morphometric and geological features of karstic depressions in gypsum (Sivas, Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 75: 1040. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5845-5>
- Ketin, İ. (1966). Anadolu'nun tektonik birlikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, (66), 20-34.
- Kranjc, A. (2013). Classification of closed depressions in carbonate karst. In Shroder, J. F., & Frumkin, A. (Eds.), *Treatise on Geomorphology: Karst Geomorphology* (pp.104-111). Academic Press.
- Lowe, D., & Waltham, T. (2002). Dictionary of karst and caves. *BCRA Cave Studies Series*, (10), 1-39.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2021). *Bucak ve Seydiköy meteoroloji gözlem istasyonlarının 1960-2020 arası yıllara ait meteoroloji verileri*.
- Nazik, L. (1986). Beyşehir Gölü yakın güneyi karst jeomorfolojisi ve karstik parametrelerin incelenmesi. *Jeomorfoloji Dergisi*, (14), 65-77.
- 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), 43-56. <https://doi.org/10.17211/tcd.300414>
- Okay, A. I. (1989). [Denizli'nin güneyinde Menderes masifi ve Likya naplarının jeolojisi](#). *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, (109), 45-58.
- Önalın, M. (1979). Elmalı-Kaş (Antalya) arasındaki alanın jeolojisi. *İstanbul Üniv. Fen Fakültesi Monografileri*, 29.
- 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). *Orta Toroslar'da dolinlerin dağılışı ve morfometrik özellikleri*. Kriter Yayınevi.
- Öztürk, M. Z. (2018b). Karstik kapalı depresyonların (dolinlerin) morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, (36), 1-13. <https://doi.org/10.26650/JGEOG371149>
- Panno, S. V., Angel, J. C., Nelson, D. O., Weibel, C. P., Luman, D. L. & Denny, F. B. (2008). Sinkhole distribution and density of Waterloo Quadrangle, Monroe County, Illinois. *Illinois State Geological Survey*.
- Pekcan, N. (2019). *Karst jeomorfolojisi* (3. Baskı). İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Rimmelé, G., Jolivet, L., Oberhänsli, R., & Goffé, B. (2003). Deformation history of the high-pressure Lycian Nappes and implications for tectonic evolution of SW Turkey. *Tectonics*, 22(2), 1007. <https://doi.org/10.1029/2001TC901041>
- Sür, A. (1994). Karstik yerşekilleri ve Türkiye'den örnekler. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, (3), 1-28.
- Sweeting, M. M. (1972). *Karst landforms*. Columbia University Pres. New York.



- Şahinci, A. (1991). *Karst*. Reform Matbaası.
- Şenel, M. (1997). *1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları; Isparta M24, M25, N24, N25 paftaları*. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Şimşek, M. (2018). *Geyik Dağı Kütlesi'nde (Orta Toroslar) karstik depresyonların dağılışı ve bu dağılışa etki eden faktörler* (Yayın no: 495843). [Doktora Tezi, İstanbul Üniv. Sosyal Bilimler Enst.], YÖK Dökümantasyon Merkezi.
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z., & Turoğlu, H. (2019). Geyik Dağı üzerindeki dolin ve uvalaların morfolojik önemi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (72), 13-20. <https://doi.org/10.17211/tcd.501724>
- Telbisz, T., 2004: Digitális domborzatmodellek használatá a karsztkutatóban (The use of digital elevation models in karst research), in: Karsztfejlődés (Karst Development) IX., Szombathely, (pp.21-33).
- Telbisz, T., Dragušica, 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/Croatian Geographical Bulletin*, 71(2), 5-22. <http://dx.doi.org/10.21861/HGG.2009.71.02.01>
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1), 55-94.
- 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>
- Waltham, A. C. (1989). *Ground subsidence*. Glasgow: Blackie & Son Ltd.
- Waltham, A. C., & Fookes, P. G. (2003). Engineering classification of karst ground conditions. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, (36), 101-118.
- White, W. B. (1988). *Geomorphology and hydrology of karst terrains*. Oxford University Press. Oxford.

