



Geyik Dağı üzerindeki dolin ve uvalaların morfotektonik önemi

Significance of doline and uvala distributions in terms of the morphotectonic properties of Geyik Mountain

Mesut Şimşek^{*a}  Muhammed Zeynel Öztürk^b  Hüseyin Turoğlu^c 

^a Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Hatay.

^b Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Niğde.

^c İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul.

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 24.12.2018

Kabul/Accepted: 22.02.2019

Anahtar Kelimeler:

Dolin
 Uvala
 Tektonik yapılar
 Geyik Dağı
 Toros Dağları

Keywords:

Doline
 Uvala
 Tectonic structures
 Mount Geyik
 Taurus Mountains

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(M.Şimşek) m_simsek@hotmail.com

DOI: 10.17211/tcd.501724

Atıf/Citation:

Şimşek, M., Öztürk, M. Z. ve Turoğlu, H. (2019). Geyik dağı üzerindeki dolin ve uvalaların morfotektonik önemi. Türk Coğrafya Dergisi (72), 13-20.
 DOI:10.17211/tcd.501724.

ÖZ / ABSTRACT

Karbonatlı anakayanın çözünmesi sonucunda oluşan dolin ve uvalalar (karstik depresyonlar) Toros Dağları'ndaki yüksek karstik alanların hakim yerçekillerindendir. Bu şekillerin oluşumu, yoğunluğu, şekil geometrisi ve dağılım deseni üzerinde yapısal unsurların büyük etkisi bulunur. Özellikle dolinlerin yönelimi üzerinde sıkışma, gerilme ve makaslamaya dayalı tektonik deformasyon yapılarının doğrultuları belirleyici olur. Bu çalışmada Geyik Dağı kütlesi üzerinde tektonizmanın dolin yoğunluğu, geometrisi ve dağılımlarında nasıl bir etkiye sahip olduğunun ortaya konulması amaçlanmıştır. 1/25000 harita ölçeğinde tespit edilen tüm karstik şekiller coğrafi bilgi sistemleri ortamında poligon olarak sayısallaştırılmıştır. Ardından her şekle ait 7 farklı parametreden oluşan veri seti oluşturulmuştur. 1x1 km'lik gridler aracılığıyla dolin yoğunluğunun ve 2.5x2.5 km'lik gridler aracılığıyla dolin yöneliminin alansal dağılışı ortaya konulmuştur. Topografya haritalarından gerçekleştirilen sayısallaştırma işlemi sonucunda 2.108 km²'lik alan içerisinde toplam 25.599 dolin ve uvala tespit edilmiştir. Kütle üzerinde karstik şekillerin yoğunluğu maksimum 145 adet/km²'ye kadar ulaşmaktadır. Tüm depresyonların uzun eksenlerinin yönelimleri dağın ve tektonik hatların genel uzanımına paralel olarak KB-GD doğrultusundadır. Tüm haritalar ve tektonik yapılar arasındaki ilişkilere göre bindirme faylarının yoğunluk üzerinde, yanal ve düşey atımlı fayların depresyonların şekilleri üzerinde daha fazla etkili olduğunu gösterir.

Doline and uvala (closed karstic depressions) formed as a result of dissolution of the carbonate rocks are dominant landforms on the high karstic plateaus in the Taurus Mountains. Structural factors have great effects on development, geometric shape, density and distribution of these landforms. Especially orientation of tectonic weaknesses such as compression, extension and shearing are determinative on orientation of dolines. In this study, effects of tectonic structures on density, shapes and distribution of depressions on the Mount Geyik are investigated. All karstic depressions in 1/25.000 scaled topographic maps were digitized as polygon in geographic information system (GIS). Then, for each depression, a data set comprising seven different parameters was created. 1x1 km and 2.5x2.5 km grids were used to determine spatial distribution of density and orientations, respectively. As a result of mapping process, 25,599 doline and uvala were detected in 2,108 km². Maximum density is reaches to 145 depressions/km². The azimuth of the all depression long axes is NW-SE, which parallel to the general orographic extent and direction of tectonic lines. According to relationship between all morphometric maps and tectonic structures, the fault and joint systems between thrust faults are affected the doline density, while lateral and vertical strike-slip faults are more effective on the geometric shapes of depressions.

1. Giriş

Karstik bölgeler yüksek kayaç ayrışabilirliği ve ikincil olarak gelişmiş gözeneklilik özelliklerinden kaynaklanan kendine özgü yerçekillerine sahip eşsiz alanlardır (Jennings, 1985; Faraj vd., 2016). Kıtasal buzul örtüleri ile kaplı Antarktika ve Grönland dışarıda bırakıldığında, karst alanları tüm karaların yaklaşık %13'ünü kaplarken (Williams, 2008; Turoğlu, 2011) Alp-Hima-

laya kıvrım kuşağı içerisinde kalan Akdeniz çevresinde bu oran daha da artmaktadır (Williams, 2008). Türkiye'nin ise yaklaşık %40'ını kaplayan karstik alanlar Türkiye'nin her yerine dağılmış durumdadır (yeraltı karstlaşmasını da dâhil edecek olursak bu oran %65'leri bulmaktadır) (Ekmekçi, 2005; Nazik ve Tuncer, 2010; Nazik, 2016). Türkiye'nin en önemli ve en geniş karstik alanını oluşturan Toros Dağları, ülkemizin güneyinde kesintisiz bir karst kuşağı oluşturur. Akdeniz Karst Kuşağı olarak da tanımlanan bu kuşak üzerinde, özellikle neotektonik dönemle birlikte

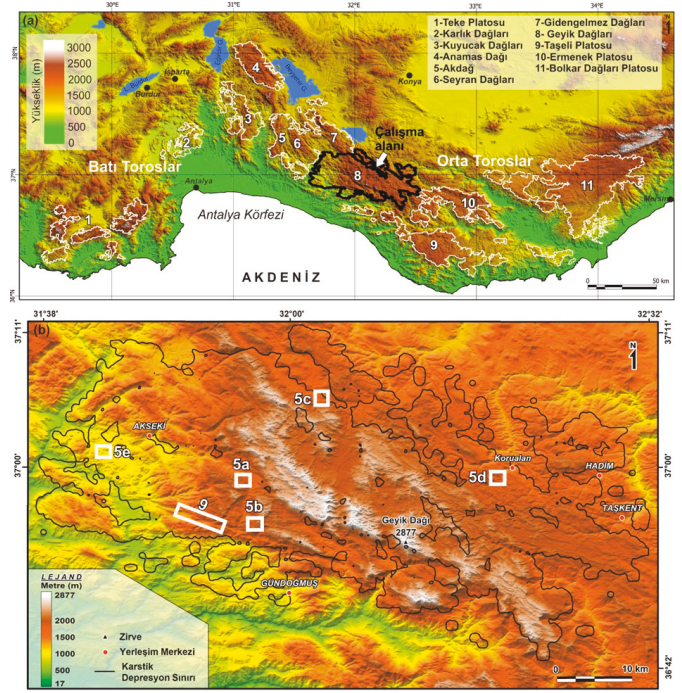
gelişen yatay ve dikey tektonik hareketler yüzey ve yüzeyaltı karstının yoğun bir şekilde gelişmesine katkı sağlamıştır. Bu etkiler sonucunda Toros Dağları boyunca çok fazla sayıda mağara, polye, uvala, dolin, düden gibi karstik şekil gelişmiştir ve bu şekiller genel olarak yapısal çizgisellikleri takip ederler (Nazik ve Tuncer, 2010; Nazik vd., 2019; Kuzucuoğlu vd., 2019).

Çapları birkaç metreden 1 km'ye kadar değişen dairesel ya da yarı dairesel şekiller olan dolinler (Ford ve Williams, 2007) karstik arazilerin, ülkemizde ise Toros Karst Kuşağı'nın karakteristik yüzey şekillerindendir (Elhatip, 1997; Sauro, 2003; Nazik ve Poyraz, 2017; Öztürk vd., 2018a; Şekil 1a). Düşük eğim değerlerine sahip plato karakterindeki yüksek karstik alanlardaki dolin ve uvala gelişimi, yoğunluğu, dağılışı üzerinde tektonik yapıların, özellikle de çatlak sistemlerinin (sıklığı ve doğrultusunun) büyük etkisi vardır (Çar, 2001; Jemcov vd., 2001; Faivre ve Pahernik, 2007; Öztürk vd., 2017a). Dolin yönelimleri ve sıralanışlarının karstik alanlarda etkili olan fay ve çatlak sistemleri hakkında önemli ip uçları verir (Faivre ve Reiffsteck, 1999; Öztürk vd., 2018b; 2018b). Bu yüzden herhangi bir karstik bölgenin tektonik ve jeomorfolojik evriminin açıklanmasında dolin yönelimleri büyük öneme sahiptir (Mihljevic, 1994; Doğan, 2004; Ekmekçi ve Nazik, 2004; Closson ve Karaki, 2009). Dolinlerin tektonizma açısından ne anlam taşıdığını ortaya çıkarmak için en etkili yöntem dolin morfometrisinde kullanılan parametrelerin alansal dağılışı özelliklerinin belirlenmesidir. 1/25.000 ölçekli topografya haritalarına göre Batı ve Orta Toroslardaki 11 yüksek karstik plato üzerinde 140.000'in üzerinde dolin tespit edilmiştir (Öztürk vd., 2018a; Şekil 1a). Bu kütleler üzerinde maksimum dolin yoğunluğu 186 dolin/km²'ye kadar ulaşmakla birlikte, dolin yoğunluğunun ve morfometrik parametrelerinin alansal dağılışı çok fazla sayıda etkene bağlı olarak değişmektedir. Bundan dolayı Toroslardaki dolin alanlarının her birinin ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Geyik Dağları üzerinde (Şekil 1b) dağılışı gösteren dolin ve uvalalara ait temel morfometrik parametrelerin alansal dağılışı özellikleri ve alansal dağılışıların tektonik açıdan bize ne gibi bilgiler sağladıkları açıklanmıştır.

2. Araştırma Alanı

Çalışma alanı olan Orta Toros Karst Kuşağı'nın batı kanadında yer alan Geyik Dağı kütlesi, Konya-Antalya il sınırları içinde kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanmaktadır (Şekil 1b). Geyik Dağı kütlesi 2500 metrenin üstünde birçok zirveden oluşur, en yüksek noktası kütleyle ismini veren Geyik Dağı (2877 m) zirvesidir (Şekil 2). Çalışma alanı, 31°38' - 32°32' doğu boylamları ile 36°42' - 37°13' kuzey enlemleri arasında yer almakta olup, 2.108 km² alan kaplamaktadır. Araştırma alanının iklim özelliklerinin değerlendirilmesinde, araştırma alanının doğusunda yer alan Hadim Meteoroloji İstasyonu'nun (1552 m) 1960-2014 yılları arasındaki ortalama verileri ele alınmıştır. İstasyonun yıllık ortalama sıcaklığı 9.9°C'dir. Eylül-Mayıs döneminde minimum sıcaklıklar 0°C'nin altına seyretmekte ve -19.6°C'ye kadar düşmektedir. Yıllık toplam yağış miktarı 618,5 mm'dir. Araştırma alanı Köppen iklim sınıflandırmasına göre Dbs harfleri ile gösterilen yazları ılık, kışları soğuk ve nemli iklim tipi içerisinde yer alır (Öztürk vd., 2017b).

Günümüz iklim koşullarının yanı sıra geçmiş iklim koşullarının da karstlaşma üzerinde büyük etkisi olmuştur (Altın, 2003; Bayraktar, 2012; Veress, 2017) ve çalışma alanı Kuvaterner'in



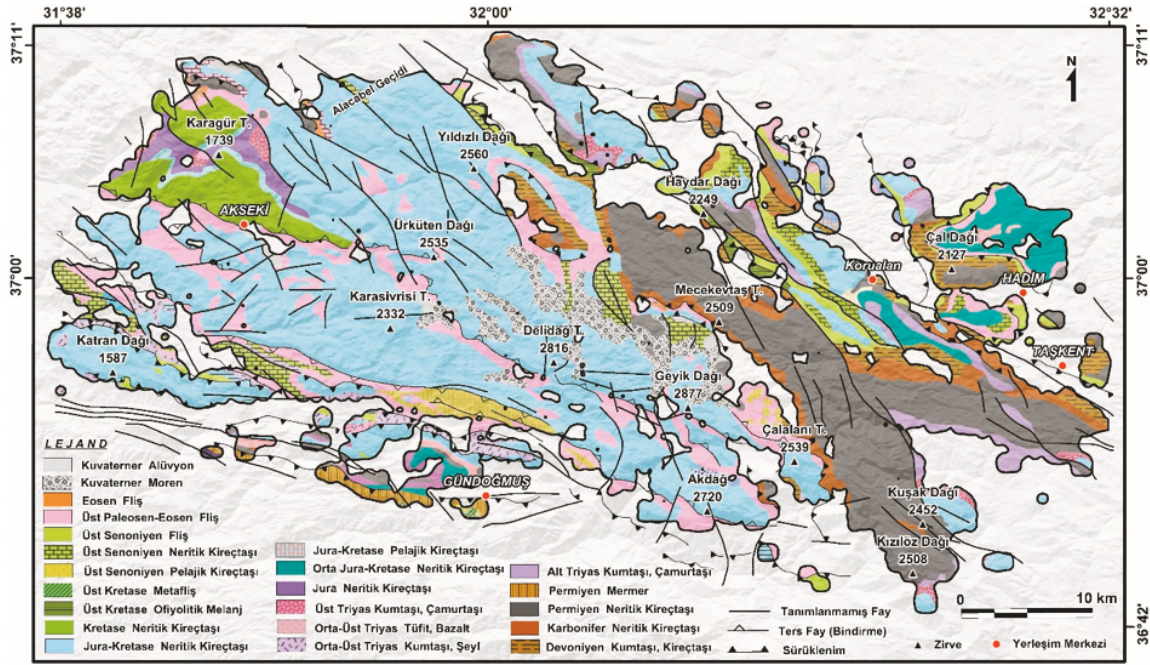
Şekil 1. (a) Batı ve Orta Toroslar Üzerinde dolinlerin yoğun olarak bulunduğu alanlar (Öztürk vd., 2018b) ve çalışma alanının lokasyonu ile (b) araştırma alanına ait sayısal yükseklik modeli (harita üzerindeki numaralar çalışmada kullanılan fotoğraflara ait lokasyonları göstermektedir).

Figure 1. (a) Doline areas on the Western and Central Taurus Mountains (Öztürk et al., 2018b) and the location of the study area, (b) the digital elevation model and boundary of the study area (numbers on the map show location of photos shown in Figure 5).

soğuk dönemlerinde buzullaşmaya maruz kalmıştır. Geyik Dağı üzerinde yer alan buzul vadilerindeki morenlerden alınmış kayaç örneklerinden yapılan tarihlendirme çalışmalarına göre araştırma alanındaki vadi buzullarında Geç Pleyistosen boyunca üç fazlı bir geri çekilme tespit edilmiştir (Çiner vd., 1999; Çiner, 2004; Sarıkaya vd., 2017).

Litolojik açıdan büyük bölümü karstlaşmaya uygun karbonatlı birimlerden oluşan çalışma alanında, dolin ve uvalaların %85'i saflık derecesi ve kalınlığı yüksek, yaklaşık 1725 km²'lik bir alan kaplayan, stratigrafik kalınlıkları 800-1000 metre arasında değişen Permiyen ve Jura-Kretase neritik kireç taşları üzerinde gelişmiştir (Turan, 1990). Depresyonların yaklaşık %10'luk kesimi ise 1198 km² alan kaplayan karbonat içeren kırıntılı, tortul kökenli kayaçlar üzerinde gelişme göstermiştir. Geriye kalan depresyonların yaklaşık %5'lik kısmı ise pelajik kireçtaşı, mermer vb. karbonatlı kayaçlar üzerinde, sayıca çok az bir kısmı da örtü kayası oluşturan ofiyolitik melanaj, kumtaşı, silttaşı içerisinde gelişmiştir (Şekil 2).

Çalışma alanının içinde yer aldığı Orta Toroslar, Tetis okyanusu içerisindeki birikmiş karbonat platformunun Afrika-Arap ve Avrupa Plakaları arasında Orta Kretase'de başlayan kuzey-güney yönlü sıkışması sonucunda oluşmuştur (Yazgan ve Chessex, 1991). Bu dönemden sonra, Afrika levhasının kuzeye doğru hareketi esnasında Orta Toroslar sıkışmaya ve yükselmeye maruz kalmıştır (Akay ve Uysal, 1988; Schildgen vd., 2014; Karaoğlu, 2016). Üst Eosen- Alt Oligosen'de Afrika-Arap Plakalarının Anadolu plakasının altına dalması kireçtaşlarının kuzeydoğu-güneybatı yönlü sıkışmasına ve Orta Toroslar'ın karlaşmasına neden olmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Akay ve Uysal, 1988; Doğan, 2002; Karaoğlu, 2016). Bu tektonik süreç altında araştırma



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Şenel, 2002'den düzenlenerek).

Figure 2. Geology map of the study area (modified Şenel, 2002).

alanı KD-GB yönünde bir sıkışmaya uğramıştır. Bunun en önemli kanıtı Lütasiyen sonrasında meydana gelen hareketler sonucu gelişen Akseki Bindirmesi'dir (Güldalı, 1976). Çalışma alanı içerisinde KB-GD doğrultusunda Jura- Kretase, Kretase kireçtaşları, daha genç olan Paleosen ve Eosen'e ait fliş üzerine bindirmeli olarak otururlar. Çalışma alanı içerisindeki tabaka doğrultularının, mevcut ters fay/bindirmelerin yanında antiklinal ve senklinal yapıların eksen uzanımlarının kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu olması bölgenin kuzeydoğu-güneybatı yönünde sıkışmaya uğradığının bir başka kanıtıdır (Albayrak, 1995).

3. Materyal ve Yöntem

Arazi yüzeyinin kantitatif analizi ile uğraşan morfometri (jeomorfometri), hem teorik hem de uygulamalı jeomorfolojinin temel araştırma yöntemlerinden bir tanesidir (Evans, 2006) ve karst jeomorfolojisinde kullanılan morfometrik indisler, özellikle dolin morfometrisi yüzey karstı araştırmalarında kullanılan önemli birer araçtır (Bondesan vd., 1992; Şener ve Öztürk, 2019) Yüzey karstı araştırmalarında yaygın olarak kullanılan bu indisler karstlaşma ile şekillenen sahalarda alanın morfoetektonik gelişimi hakkında hızlı ve doğru bilgi edinmeyi sağlarlar (Öztürk, 2018). Bundan dolayı morfometrik indisler, dünyanın farklı bölgelerinde karst jeomorfolojisine ait depresyonların sayısal olarak tanımlanmasında ve alanın tektonik özellikleri ile dolin morfometrisi arasındaki ilişkinin açıklanmasında etkin bir şekilde kullanılmıştır (Jennings, 1975, 1985; Day, 1983; Denizman, 2003; Ford ve Williams, 2007; Keskin, 2011; Öztürk vd., 2015, 2017a, 2018b).

Bu çalışmanın temelini oluşturan haritalama çalışmalarının en önemli kısmını, dolin/uvala veri tabanının doğru bir şekilde hazırlanması oluşturur. Veri tabanının hazırlanmasında Harita Genel Komutanlığına (HGK) ait 1/25000 ölçekli 21 adet topografya haritası kullanılmıştır. Haritalar coğrafi bilgi sistemleri (CBS) programında koordinatlandırıldıktan sonra, tüm dolin ve uvala alanları poligon olarak sayısallaştırılmıştır. Oluşturulan poligonlar aracılığıyla her şekle ait merkez X ve Y merkez koor-

dinat değerleri, yükseklik (m), uzun ve kısa eksen uzunluğu (m) ve uzun eksenin kuzey ile açısını (°), uzun/kısa eksen oranı (uzama oranı) indisi değerlerini içeren veri seti oluşturulmuş ve her bir parametre haritalandırılmıştır (Şekil 3). Oluşturulan haritalardan anlamlı sonuç veren yoğunluk, uzama oranı ve yönelim sonuçları bu çalışmada kullanılmıştır.

Çalışmada dolin yoğunlukları karelej/grid olarak da isimlendirilen eşit boyutta (1 km²) ve homojen bir dağılım gösteren karelerden oluşan grid sistemi kullanılarak belirlenmiştir. Oluşturulan gridlerden enterpolasyon yöntemi ile elde edilen yoğunluk haritasına göre ise çalışma alanının sınırı belirlenmiştir. Başka bir ifade ile çalışma alanının sınırı dolin yoğunluğuna göre belirlenmiştir. Uzun eksenin kısa eksene oranı ya da uzama oranı (RLS) dolinlerin şekli hakkında fikir veren önemli bir indistir. Değerin 1 olması şeklin tam daire şeklinde olduğunu, değer 1'den uzaklaşması ise şeklin eliptik bir özellik almaya başladığını gösterir (Jennings; 1975; Denizman, 2003; Şekil 4). Hesaplanan uzun/kısa eksen (uzama oranı) ve kümelenme/rastgelelik indislerinin formülleri aşağıdaki şekildedir (Formül 1 ve 2):

Uzun eksenin kısa eksene oranı (RLS);

$$R_{LS} = \frac{\text{Uzun eksen}}{\text{Kısa eksen}}$$

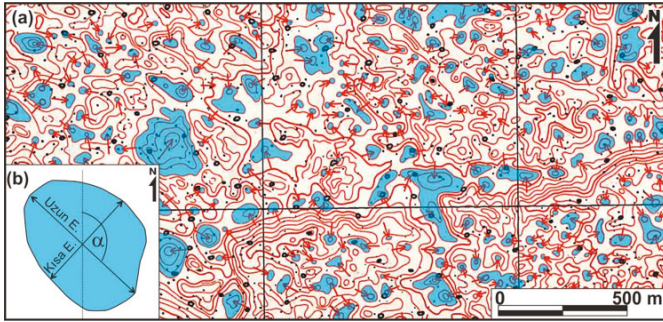
En yakın komşuluk indisi (NNI);

$$NNI = \frac{\bar{D}}{0.5 \sqrt{\frac{a}{n}}}$$

En yakın komşuluk indisindeki (NNI) $\bar{D}$, en yakın noktaların ortalamasını (m); a, çalışılan yerin toplam alanını (m²); n, incelenen alan içerisindeki toplam nokta sayısını gösterir. İndis, her bir noktanın en yakın komşusuna olan mesafesinin ortalamasının ($\bar{D}$) rastgele dağılmış noktalar arasındaki beklenen orta-

lama mesafeye oranını belirtir. Değerin 0 olması kümelenmenin, 1 olması rastgele bir dağılışın, 2.15 olması ise düzenli bir dağılış olduğunu gösterir (Clark ve Evans, 1954; Huang, 2007).

Haritalama çalışmaları MapInfo Professional 12.5, Vertical Mapper 3.7, Encom Discovery 12.0 programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tektonik yapıların, dolin ve uvalaların uzun eksenlerinin kuzeye göre açıları GeoRose 0.5.1 programı aracılığıyla gül diyagramlarına dönüştürülmüş ve bu gül diyagramları CorelDRAW X5 programında harita üzerine yerleştirilmiştir. Ayrıca çalışma alanına ait hava fotoğraflarını elde etmek için arazi çalışmaları sırasında DJI Phantom Pro 4 Drone multikopter kullanılmıştır.



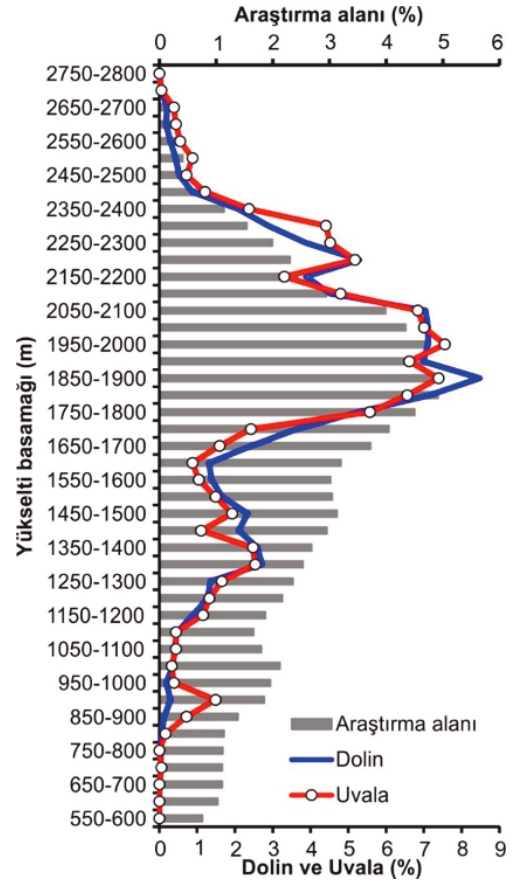
Şekil 3. (a) 1/25000 ölçekli topografya paftasında dolin ve uvalaların görünümü (b) uzun eksen, kısa eksen ve yönelim açısının (α) grafiksel gösterimi.
Figure 3. (a) View of doline and uvala in the 1/25000 scaled topography map (b) graphical representation of long axis, short axis and orientation angle (α).

4. Bulgular

Topografya haritalarından yapılan haritalama çalışmalarında Geyik Dağı kütlesi üzerinde 23.785 adet dolin, 1.814 adet uvala olmak üzere toplam 25.599 karstik depresyon tespit edilmiştir. Buna göre alandaki depresyonların %93'ünü dolinler %7'sini ise uvalalar oluşturmaktadır. 550-2800 metreler arasında görülen bu karstik şekiller 2250 metrelik bir yükselti aralığı içerisinde dağılış gösterir. Dolin ve uvalaların yükselti basamakları içerisindeki lokasyonları homojen bir dağılım göstermemektedir. Araştırma alanının en alçak ve en yüksek noktaları karstik depresyon yoğunluğunun en az olduğu alanlara denk gelmektedir. Birim alandaki dolin ve uvalaların sayıları 1850-1900 metre aralığına kadar düzenli olarak arttıktan sonra, daha yüksek ve alçak seviyelere doğru düzenli olarak azalmaktadır. Benzer bir durum araştırma alanına ait histogramda da görülmektedir ve karstik depresyon yükselti basamağına göre dağılışları ile alanın yükselti basamaklarının alansal dağılışı arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunur ($r = 0.8$).

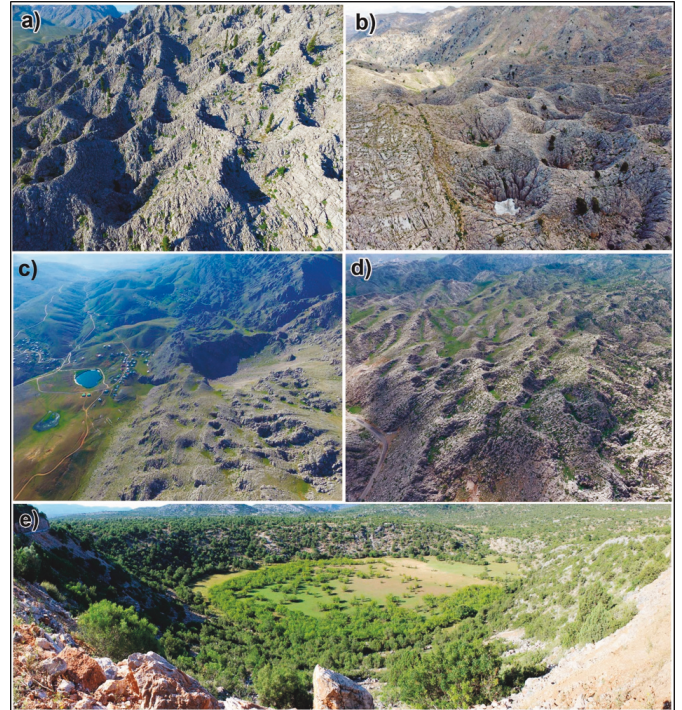
Karstik depresyonların en fazla bulunduğu yükselti basamağı aralığı %8.4 ile 1850-1900 metreleri arasındır. Bu da araştırma alanında en fazla yer alan yükselti basamağına karşılık gelir. Bununla birlikte şekillerin %44'ü 1800-2100 metreleri arasında %80'i 1600-2400 metreleri arasında dağılış gösterir. Ayrıca dolin ve uvalaların da dağılışları birbirlerine paralellik gösterir ve aralarında kuvvetli pozitif korelasyon bulunur (Şekil 4).

Çalışma sahasında tespit edilen şekillerin yükseltiye bağlı dağılışlarında olduğu gibi yoğunluklarının alansal dağılışı da homojen bir yapı göstermemektedir. Komşuluk analizine (NNI) göre kütle üzerinde depresyonlar düzenli bir dağılış göstermeyip rastgele ya da kümeli bir dağılım gösterir. Bu durum depresyon

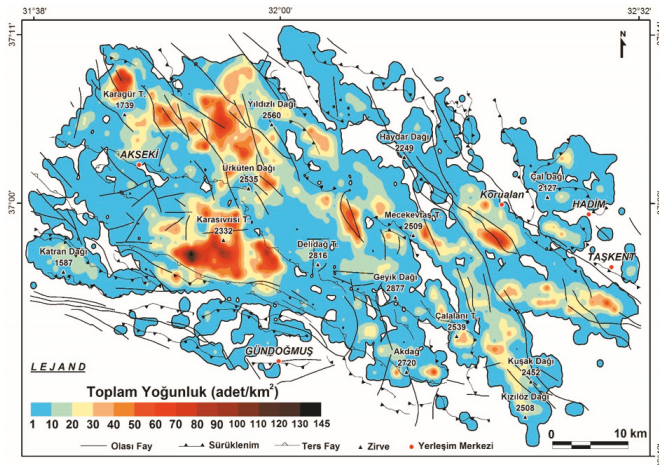


Şekil 4. Araştırma alanı, dolin ve uvalalara ait yükseltilerinin frekans dağılımları (%).

Figure 4. Frequency distributions of elevation belong to study area, doline and uvala numbers (%).



Şekil 5. Farklı dolin yoğunluklarına sahip alanlarından örnekler: (a) Çimi Yaylası'nın batısı, (b) Güzelsu Koridoru kuzeyi, (c) Dipsiz Göl, (d) Korualan güneyi, (e) Sarıhaliller doğusu (Fotoğrafların lokasyonları Şekil 1b'de gösterilmiştir).
Figure 5. Examples from doline areas have different densities: (a) west of the Çimi plateau, (b) northern part of the Güzelsu Corridor, (c) Dipsiz Lake, (d) southern part of Korualan, (e) east of Sarıhaliller (locations of these photos shown in Figure 1b).

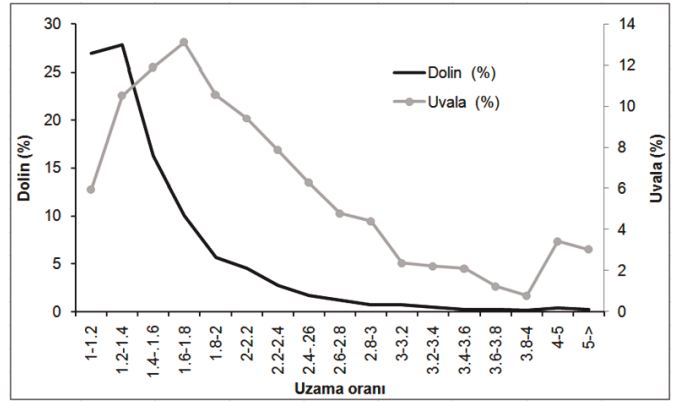


Şekil 6. Çalışma alanındaki karstik depresyon yoğunluğunun alansal dağılışı.
Figure 6. Spatial distribution of karstic depression density in the study area.

oluşumunu denetleyen etken sayısının fazla olması ve bu etkenlerin alansal dağılımlarının farklılık göstermesi ile ilgilidir. Oluşturulan yoğunluk haritasında da görüleceği üzere çalışma alanı içerisindeki karstik şekillerin yoğunluğu maksimum 145 adet/km²'ye kadar ulaşmaktadır. Özellikle kuzeybatı (Karagür Tepe 1739) ve güney (Karasivrisi Tepe 2332) kesimlerinde karstik depresyon yoğunluğu belirgin olarak artmaktadır (Şekil 5-6). Yoğunluk artışı üzerinde etkili olan temel faktör; saflığı ve kalınlığı fazla olan neritik kireçtaşlarının (Jura-Kretase, Permian) varlığıdır. Tektonik yapılar içerisinde bindirme fayları, dolin yoğunluğu üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir (Şener vd., 2017). Karasivrisi Tepesi'nin güney-güneydoğusu çalışma alanındaki km²'ye düşen dolin yoğunluğunun en fazla olduğu yerdir. Bu durumun temel sebebi bindirme yapıları üzerinde gelişen yoğun ve derin genişleme çatlaklarıdır (Şekil 6).

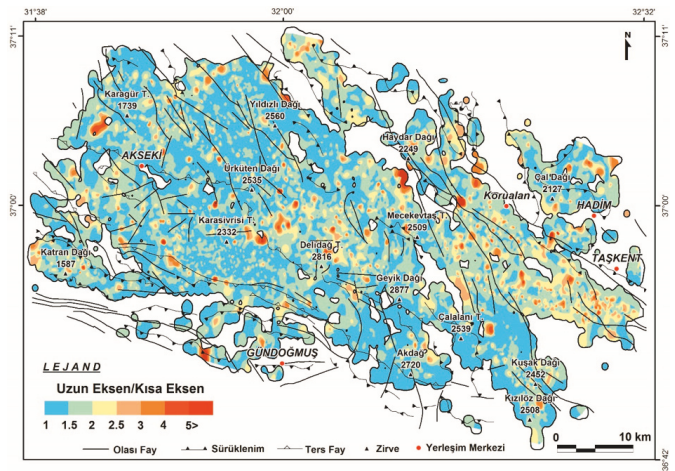
Bir karstik depresyonun uzun eksenin kısa eksenine bölünmesiyle elde edilen uzama oranının 1 olması tam bir dairesel formu, değerin pozitif yönde 1'den uzaklaşması ise ovalleşerek uzayan bir karstik yapıyı ifade eder. Dolinlerin %87'si, uvalaların ise %52'sinin uzun eksen/kısa eksen oranları 2 değerinin altındadır (Şekil 7). Bu değerler ışığında dolinlerin büyük bir oranın dairesel ya da yarı dairesel bir forma sahip oldukları söylenebilir. Uzama oranını daha ayrıntılı incelemek amacıyla tüm şekillere ait uzama oranlarından da enterpolasyon yöntemi ile bir harita oluşturulmuş ve değerlerin alansal dağılışı özellikleri incelenmiştir (Şekil 8). Uzama oranı değerlerinin en fazla olduğu yerler, çalışma alanın kuzeydoğu ve doğu kesimidir. Bu durumun temel sebebi ise bölgenin tümüyle sıkışma tektoniğinin denetiminde gelişmiş olması ve bunun sonucu olarak da bölgedeki naplı yapıların varlığıdır (Özgül, 1997). Bu alanlardaki yapılar oldukça düz hatlara sahiptir ve bu durum şekillerin tektonik hatlara paralel olarak uzamalarına neden olmaktadır. Bu durumun etkisi dolin yönelimlerinde de net bir şekilde görülmekte olup (Şekil 11) uzama oranının en fazla olduğu alanlarda dolinlerde çizgisel uzanım oldukça belirgindir. Ancak farklı yönlerde uzanım gösteren fay hatlarının olduğu alanlarda, örneğin çalışma alanının güneybatısında, uzama oranı değeri azalmaktadır.

Dolin ve uvala uzun eksenlerinin kuzey ile yaptıkları açıları, alanda etkili olan çatlak ve fay sistemleri hakkında önemli ipuçları sağladığı için birçok araştırmacı incelenen alandaki tüm karstik depresyonların genel gül diyagramlarını vermektedir (Jennings, 1975; Nazik, 1986; Tuncer, 2004; Keskin, 2011;



Şekil 7. Dolin ve uvalalara ait uzama (uzun eksen/kısa eksen) değerlerinin frekans dağılımları.

Figure 7. Frequency distribution of elongation (long axis/short axis) ratios of doline and uvala.



Şekil 8. Karstik depresyon uzama oranı değerlerinin alansal dağılışı.

Figure 8. Spatial distribution of karstic depression elongation ratios.

Öztürk vd., 2015; 2017a, 2018b). Araştırma sahasındaki tüm dolin ve uvala uzun eksenlerinin kuzey ile yaptıkları açılara göre depresyon yöneliminde kuzeybatı-güneydoğu doğrultusu egemendir (Şekil 10). Depresyonların uzun eksenlerinin bu yönelimi Orta Toroslar'ın orojenik uzantısına paraleldir (Nazik ve Poyraz, 2015; Öztürk vd., 2018a). Arazi ve haritalama çalışmalarına göre bu yönelimin oluşmasında KB-GD doğrultusunda gelişmiş tektonik hatların etkili olduğu görülmüştür (Şekil 9).

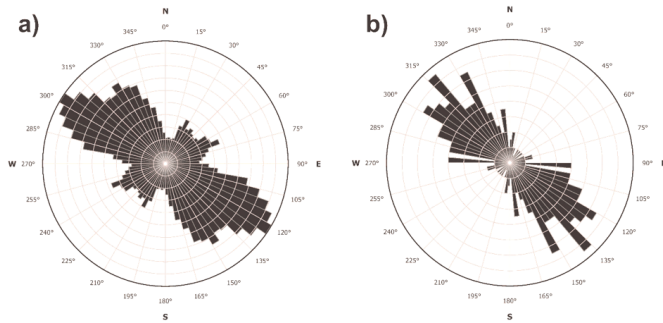
Depresyonların genel yönelimleri bilinmekle birlikte bu bilgi yönelimin inceleme alanı içerisinde nasıl bir alansal dağılışı gösterdiğini göstermesi açısından yetersizdir (Öztürk vd., 2017a, 2018b). Uzun eksen yöneliminin alansal dağılışı nasıl bir farklılık olduğunu ortaya koymak için 161 adet 2.5x2.5 km'lik gridlerin her biri için ayrı ayrı gül diyagramları hazırlanmıştır. Böylece inceleme alanı içerisinde uzun eksen yöneliminin nasıl farklılaştığı ortaya konulmaya çalışılmıştır (Şekil 11). Gül diyagramları incelendiğinde, çalışma alanı içerisinde KB-GD doğrultusunda orografik hatta uygun olarak bir kavis çizer. Fakat her bir gül diyagramı içerisinde KD-GB yönünde baskın aykırı ikinci bir yön ortaya çıkmaktadır. Özellikle çalışma alanın batısında Jura-Kretase neritik kireçtaşları üzerinde yer alan, gridler içerisindeki karstik şekillerin uzanımlarında bu durum net bir şekilde görülmektedir. Bu durumun temel nedeni KB-GD yönünde uzanan (Akseki Bindirmesi, Güzelsu Koridoru vb.) ana tektonik hat-

ları, KD-GB yönünde kesen daha küçük ölçekteki faylardır (Şekil 2). Çalışma alanının batısında ise Permien peritit kireçtaşları üzerinde yer alan gridler içerisindeki karstik şekillere ait gül diyagramlarında bu düzensizlik daha az belirgindir. Çünkü bölgedeki tektonik hatlar aynı doğrultuda ve birbirine paralel uzanmaktadır.



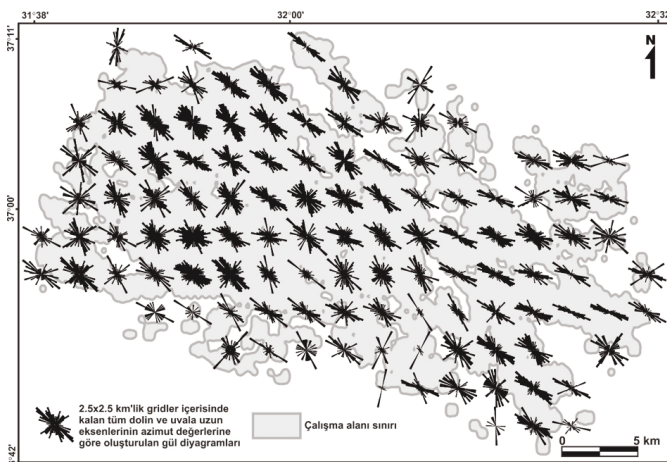
Şekil 9. Tektonik hatlar boyunca KB-GD doğrultuda gelişen karstik şekillere bir örnek (Güzelsu Koridoru).

Figure 9. An example of karstic landforms developed along the tectonic lines (Güzelsu Corridor) in NW-SE directions.



Şekil 10. Çalışma alanındaki (a) tüm depresyonların uzun eksen yönelimleri ile (b) fay ve bindirme hatlarının uzanımlarını gösteren gül diyagramları.

Figure 10. Rose diagrams displaying the long axis orientations of all karstic depressions (a) and the extension of faults and thrust lines (b) in the study area.



Şekil 11. Çalışma alanı içerisindeki 2.5x2.5 km'lik gridler içerisinde kalan dolin ve uvalaların uzun eksenlerinin azimut açılarından oluşturulan gül diyagramlarının alansal dağılışı.

Figure 10. Spatial distribution of rose diagrams formed by using the azimuth angles of the long axes of doline and uvala within the 2.5x2.5 km grids in the study area.

5. Sonuç

Bu çalışmada, Toros Karst Kuşağı'nın önemli bir alanını oluşturan Geyik Dağı Kütlesi üzerinde gelişen karstik depresyonların dağılışı ile tektonizma özellikleri arasındaki ilişki CBS temelli ve arazi gözlemlerine dayanarak incelenmiştir.

Kütle üzerinde, 1/25 000 harita ölçeğinde 23.785 adet dolin ve 1.814 adet uvala olmak üzere toplam 25.599 karstik kökenli depresyon tespit edilmiştir. Buna göre alandaki depresyonların %93'ünü dolinler %7'sini ise uvalalar oluşturmaktadır. Kütle üzerinde ortalama 12.1 adet/km² yoğunluğa sahip karstik şekiller, maksimum 145 adet/km² yoğunluğa ulaşır. Şekillerin çok büyük bir kısmı (% 80'i) 1600-2400 metreleri arasında dağılışı gösterir. Dolinlerin %87'si, uvalaların ise %52'sinin uzun eksen/kısa eksen oranları 2 değerinin altındadır. Bu değerler ışığında dolinlerin büyük bir oranın dairesel ya da yarı dairesel bir forma sahip oldukları söylenebilir.

Tüm dolin ve uvala uzun eksenlerinin kuzey ile yaptıkları açılara göre depresyon yöneliminde kuzeybatı-güneydoğu doğrultusu egemendir. Bindirme fayları, dolin yoğunluğu üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir. Karasivrisi Tepesi'nin güney-güneydoğusu çalışma alanındaki km²'ye düşen dolin yoğunluğunun en fazla olduğu yerdir. Bu durumun temel sebebi bindirme yapıları üzerinde gelişen yoğun ve derin genişleme çatlaklarıdır. Özellikle bindirme kuşaklarının önünde gelişen çatlak sistemlerinden dolayı karstik şekillerin yönelimi, bindirme kuşaklarının çizgiselliğine paralel bir uzanım gösterir. Yine uzama oranı değerlerinin en fazla olduğu yerler fay hatları boyunca gelişen dolin ve uvalalardır. Özellikle çalışma alanının batısında yer alan karstik şekillerin genel yönelimin (KB-GD) tersine, aykırı yönlerde gelişen şekillerin temel sebebi ana tektonik hatları kesen daha küçük ölçekteki faylardır.

Katkı Belirtme

Bu çalışma, "Geyik Dağı Kütlesi'nde (Orta Toroslar) karstik depresyonların dağılışı ve bu dağılışa etki eden faktörler" adlı doktora tez çalışmasından üretilmiş olup, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir (Proje numarası: 115Y580). Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Ayrıca arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Mustafa Utlu ve Murat Poyraz'a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Akay, E., Uysal, Ş. (1988). Orta Toroslar'ın Post-Eosen tektoniği. *MTA Dergisi* 108: 57-68.
- Albayrak, M. (1995). Akseki-Aydıncık (Antalya) Arasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları. *Ankara Üniversitesi Fen Bil. Enst. Doktora Tezi* (Yayımlanmamış).
- Altın, T. (2003). Aladağlar (Ecemiş Çayı Akları) Üzerinde Buzul ve Karst Jeomorfolojisi. *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bil. Enst. Doktora Tezi* (Yayımlanmamış).
- Bahtijarevic, A. (1996). Morphometric Analysis of the Northern Floridan Karst. *University of South Florida, MA Thesis*.
- Bayrakdar, C. (2012). Akdağ Kütlesi'nde (Batı Toroslar) Karstlaşma-Buzul ilişkisinin Jeomorfolojik Analizi. *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bil. Enst. Doktora Tezi* (Yayımlanmamış).
- Bondesan, A., Meneghel, M., Sauro, U. (1992). Morphometric analysis of dolines. *International Journal of Speleology* 21(1-4): 1-55.
- Clark, P. J., Evans, F. C. (1954). Distance to nearest neighbor as a mea-

- sure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35: 445-453.
- Closson, D., Karaki, N. A., (2009). Salt karst and tectonics: sinkholes development along tension cracks between parallel strike-slip faults, Dead Sea, Jordan. *Earth Surf. Process. Landforms*, 34: 1408–1421.
- Çiner, A. (2004). *Turkish glaciers and glacial deposits*. In Developments in Quaternary Sciences (Vol. 2: 419-429). Elsevier.
- Çiner, A., Deynoux, M., Çörekcioglu, E. (1999). Hummocky moraines in the Namaras and Susam valleys, central Taurids, SW Turkey. *Quaternary Science Reviews*, 18(4-5): 659-669.
- Day, M. (1983). Doline morphology and development in Barbados. *Annals of the Association of American Geographers* 73(2): 206–219.
- Denizman, C. (2003). Morphometric and spatial distribution parameters of karstic depressions, Lower Suwannee River Basin, Florida. *Journal of Cave and Karst Studies* 65 (1): 29-35.
- Doğan, U. (2002). Manavgat Nehri havzasının jeomorfolojik evrimi. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 22 (2): 51-65.
- Doğan, U. (2004). Dolin sınıflamasında yeni yaklaşımlar. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 24 (1): 249-269.
- Ekmeççi, M. (2005). Karst in Turkish Thrace: compatibility between geological history and karst type. *Turkish Journal of Earth Sciences* 14: 73-90.
- Elhatip, H. (1997). The influence of karstic features on environmental studies in Turkey. *Environmental Geology* 31 (1-2): 27-33.
- Erinç, S. (1971). *Jeomorfoloji II* (2. Baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları Yayın no: 1628.
- Faraj, F.H., Salloum, F., Muftah, A.M., Bilal, A. (2016). Unique dolines field in the area between Soluq and Msus, Ne Libya: origin and distribution. *Speleologia Iblea* 16: 51-64.
- Ford, D., Williams, P. (2007). *Karst Hydrology and Geomorphology*. London: John Wiley & Sons Ltd.
- Güldalı, N. (1976). Akseki polyesi, Toroslar'ın karstik bölgelerindeki dağarası ovalarının oluşumu ve gelişimi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 19: 143-148.
- Huang, H.H. (2007). Geomorphologic Investigations on Karst Terrain: A Gis-Assisted Case Study on the Island of Barbados. *Department of Bioresource Engineering Macdonald Campus, McGill University*. Master's Thesis.
- 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*, 703-709.
- Jennings, J.N. (1975). Doline morphometry as a morphogenetic tool: New Zealand. *New Zealand Geographer* 31: 6-28.
- Jennings, J.N. (1985). *Karst Geomorphology*. Oxford and New York: Blackwell.
- Karaoğlu, F. (2016). Tracking the Uplift of the Bolkar Mountains (South-Central Turkey): Evidence from Apatite Fission Track Thermochronology. *Turkish Journal of Earth Sciences* 25: 64-80.
- Keskin, İ. (2011). Jipslerde Dolinlerin Oluşum Mekanizmaları Açısından Süreksizlik Özelliklerinin Etkilerinin Araştırılması: KD Sivas Örneği. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bil. Enst. Doktora Tezi* (Yayınlanmamış).
- Kuzucuoğlu, C., Çiner, A., Kazancı, N. (2019). The Geomorphological Regions of Turkey. In: *Landscapes and Landforms of Turkey*. Edt. Kuzucuoğlu, C., Çiner, A., Kazancı, N. Switzerland: Springer International Publishing.
- Mihevci, A. (1998). Dolines, their morphology and origin. case study: dolines from the Kras, West Slovenia (The Skocjan Karst). *Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat.* III 4: 69-74.
- Monod, O., Kuzucuoğlu, C., Okay, A.İ. (2006). A Miocene palaeovalley network in the Western Taurus (Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences* 15: 1-23.
- Nazik, L. (1986). Beyşehir Gölü yakın güneyi karst jeomorfolojisi ve karstik parametrelerin incelenmesi. *Jeomorfoloji Dergisi* 14: 65-79.
- Nazik, L. (2016). *Karst Jeomorfolojisi Araştırma Yöntemleri*. İç: Editör: Özgen, N., Karadoğan, S., Fiziki Coğrafyada Araştırma Yöntemleri ve Teknikler. Ankara: Pegem Akademi.
- Nazik, L., Poyraz, M. (2015). Gelişiminde, Karstlaşmanın İklim Değişikliklerinin Önüne Geçtiği Tektono-Karstik Bir İç Havza: Konya Kapalı Ovası. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 15-17 Ekim 2015, Samsun, Bildiriler Kitabı.
- Nazik, L., Poyraz, M. (2017). Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları karst kuşağı, *Türk Coğrafya Dergisi*: 68, 43-56.
- Nazik, L., Poyraz, M., Karabıyıklıoğlu, M. (2019). Karstic Landscapes and Landforms in Turkey. In: *Landscapes and Landforms of Turkey*. Edt. Kuzucuoğlu, C., Çiner, A., Kazancı, N. Switzerland: Springer International Publishing.
- Nazik, L., Tuncer, K. (2010). Türkiye karst morfolojisinin bölgesel özellikleri. *Türk Speleoloji Dergisi, Karst ve Mağara Araştırmaları* 1: 7-19.
- Özgül, N. (1997). Bozkır-Hadım-Taşkent (Orta Toroslar'ın kuzey kesimi) dolaylarında yer alan tektonostratigrafik birliklerin stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 119: 117-174.
- Öztürk, M.Z., Şimşek, M., Utlu, M., (2015). Tahtalı Dağları (Orta Toroslar) karst platosu üzerinde dolin ve uvala gelişiminin CBS tabanlı analizi. *Türk Coğrafya Dergisi* 65, 59-68.
- Öztürk, M.Z., Şimşek, M., Utlu, M., Şener, M.F. (2017a). Karstic depressions on Bolkar Mountain Plateau, Central Taurus (Turkey): distribution characteristics and tectonic effect on orientation. *Turkish Journal of Earth Sciences* 26: 302-313.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., Aydın, S. (2017b). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35: 17-27.
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Şener, M. F., Utlu, M., (2018a). GIS based analysis of doline density on Taurus Mountains, Turkey, *Environmental Earth Sciences* 77: 536.
- Öztürk, M. Z., Şener, M. F., Şener, M., Şimşek, M., (2018b). Structural controls on distribution of dolines on Mount Anamas (Taurus Mountains, Turkey), *Geomorphology* 317: 107-116.
- Öztürk, M.Z. (2018). Karstik kapalı depresyonların (dolinlerin) morfo-metrik analizleri. *Coğrafya Dergisi* 36: 1-13.
- Sarıkaya, M.A., Çiner, A., Yıldırım, C. (2017). Cosmogenic ³⁶Cl glacial chronologies of the Late Quaternary glaciers on Mount Geyikdağ in the Eastern Mediterranean. *Quaternary Geochronology* 39: 189-204.
- Sauro, U. (2003). Dolines and sinkholes: aspects of evolution and problems of classification. *Acta Carsologica* 32(2): 41-52.
- Schildgen, T.F., Yıldırım, C., Cosentino, D., Strecker, M.R. (2014). Linking Slab Break-off, Hellenic Trench Retreat, and Uplift of the Central and Eastern Anatolian Plateaus. *Earth-Science Reviews* 128: 147-168.
- Şenel, M. (2002). *1/500000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Konya paftası*. MTA, Ankara.
- Şener, M. F., Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Utlu, M., Şener, M., (2017). Dolin dağılışı ve yönelimleri üzerinde yapısal unsurların etkisi: Toroslar'dan örnekler. *Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu*, Fırat Üniversitesi, 12-14 Ekim 2017, Elazığ.
- 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* (baskıda).
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics* 75: 181-241.
- Tuncer, K. (2004). Sakarya Nehri-Göynük Çayı Çatak Çayı Arasındaki Sahanın Karst Jeomorfolojisi. *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bil. Enstitüsü Doktora Tezi* (Yayınlanmamış).
- Turan, A. (1990). Toroslar'da Hadım (Konya) ve Güneybatısının Jeolojisi, Stratigrafisi ve Tektonik Gelişimi. *Selçuk Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü Doktora Tezi* (Yayınlanmamış).
- Turoğlu, H. (2011). *Buzullar ve Buzul Jeomorfolojisi*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Veress, M. (2017). Solution DOLINE Development on GLACIOKARST in Alpine and Dinaric Areas. *Earth-Science Reviews* 173: 31–48.

- Williams, P. (2008). *World Heritage Caves and Karst a Thematic Study*. International Union for Conservation of Nature. Switzerland.
- Yazgan, E., Chessex, R. (1991). Geology and Tectonic Evolution of the Southeastern Taurides in the Region of Malatya. *Turkish Association of Petroleum Geologists* 3: 1-42.