

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238




Araştırma Makalesi / Research Article

ISPARTA GÜNEYİ VE GÜNEYBATISINDAKİ VOLKANİK SAHANIN JEOMORFOLOJİK GELİŐİMİNİN ÇİZGİSELLİK VE DAİRESELLİK ANALİZLERİ İLE YORUMLANMASI

Interpretation of the Geomorphological Development of the Volcanic Field in the South and Southwest of Isparta with Lineament and Circularity Analysis

Ergin CANPOLAT ^a & Hüseyin TUROĞLU ^b

^a Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Serinyol / Hatay - Türkiye
ergincanpolat@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-2123-3551> (sorumlu yazar / corresponding author)

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

Makale Tarihçesi

Geliş 21 Mart 2019
 Düzenleme 03 Nisan 2019
 Kabul 04 Nisan 2019

Article History

Received 20 March 2019
 Received in revised form 03 April 2019
 Accepted 04 April 2019

Anahtar Kelimeler

Morfometrik Analiz, Gölcük Kalderası,
 Volkanizma, Isparta

Keywords

Morphometric analysis, Gölcük Caldera,
 Volcanism, Isparta.

Atıf Bilgisi / Citation Info

Canpolat, E. & Turoğlu, H. (2019)
 Isparta Güneyi ve Güneybatısındaki
 Volkanik Sahanın Jeomorfolojik
 Gelişiminin Çizgisellik ve Dairesellik
 Analizleri ile Yorumlanması,
Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 2019
 (2): 23-36

ÖZET

Araştırma alanı, Isparta kenti ve çevresinde bulunan Anadolu'daki genç volkanik alanlardan biridir. Isparta ovasını Güney-Güneybatı ve kısmen Batıdan sınırlayan yüksek saha, Pliyo-Kuvaterner volkanizmasının sonucudur. Farklı evrelerde gerçekteşen patlama karakterli volkanizma ile yüzeylenen andezit, trakiandezit lavlar çıkış merkezlerinden fazla uzaklaşmayarak üst üste birikmiş ve yüksek kütleleri oluşturmuştur. Volkanik faaliyet sırasında lav ile birlikte hemen her dönemde piroklastik malzeme çıkışları da olmuştur. Piroklastik tabakalarının kalınlıkları, volkanizma merkezinden uzaklaştıkça azalır. Geniş alana yayılan piroklastiklere; volkanizma merkezinden 45-50 km gibi uzak mesafelerdeki sedimanter depolarda, 5-6 cm kalınlığında istifler halinde rastlanmaktadır. Andezitik ve piroklastik koniler, kaldera ve dayklar; bölgedeki çok genç volkan topografyasına ait yaygın yer şekilleridir. Bu çalışmada; çizgisellik ve dairesellik analiz sonuçlarına göre ana hatları yukarıda özetlenen volkanik sahanın jeomorfolojik özelliklerine ait tespit, tanı ve haritalarının yapılması hedeflenmiştir. Bu amaç için Coğrafî Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) Teknolojileri kullanılarak; Göreceli Topoğrafik Konum İndisi, Eğrilik Analizi, Çizgisellik, Dairesellik analizleri yapılmıştır. Bu analizler için Landsat TM, SRTM, ASTER-DEM uydu görüntülerinden, 1/25.000 ölçekli topografya haritalarından veri üretilmiştir. Morfometrik analizlere ait sonuçlar; çalışma sahasındaki çizgisel sınırlar, içbükey ve dışbükey yamaçlar ile belirginleşen volkan topografyasına ait yer şekillerinin tespitine, tanınmasına ve haritalanmasına imkân vermiştir. Sonuçlar arazide test edilerek, doğrulanmıştır.

ABSTRACT

The research area is one of the young volcanic fields in Anatolia which is located in Isparta city and vicinity. The high field, which borders the Isparta plain from South, Southwest and partly the West, is the result of Plio-Quaternary volcanism. The andesite and trachyandesitic lavas, which were exposed by explosive volcanism in different phases, did not move further away from the exit centers and it formed a high mass by accumulating layer by layer. During the volcanic activity, along with the lava, there were also outlets of pyroclastic material in almost every period of volcanism. The thickness of the pyroclastic layers decreases as they move away from the center of the volcanism. The pyroclastics spread over a wide area which is seen in the sequences of sediment accumulating at distances as long as 45-50 km from the center of volcanism. Andesitic and pyroclastic cones, calderas and dykes are common landforms of very young volcanic topography in the region. In this study; according to the results of lineament and circularity analysis, it was aimed to determine, diagnose and map the geomorphological features of the volcanic field outlined above. For this purpose, through using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (UA) Technologies; Relative

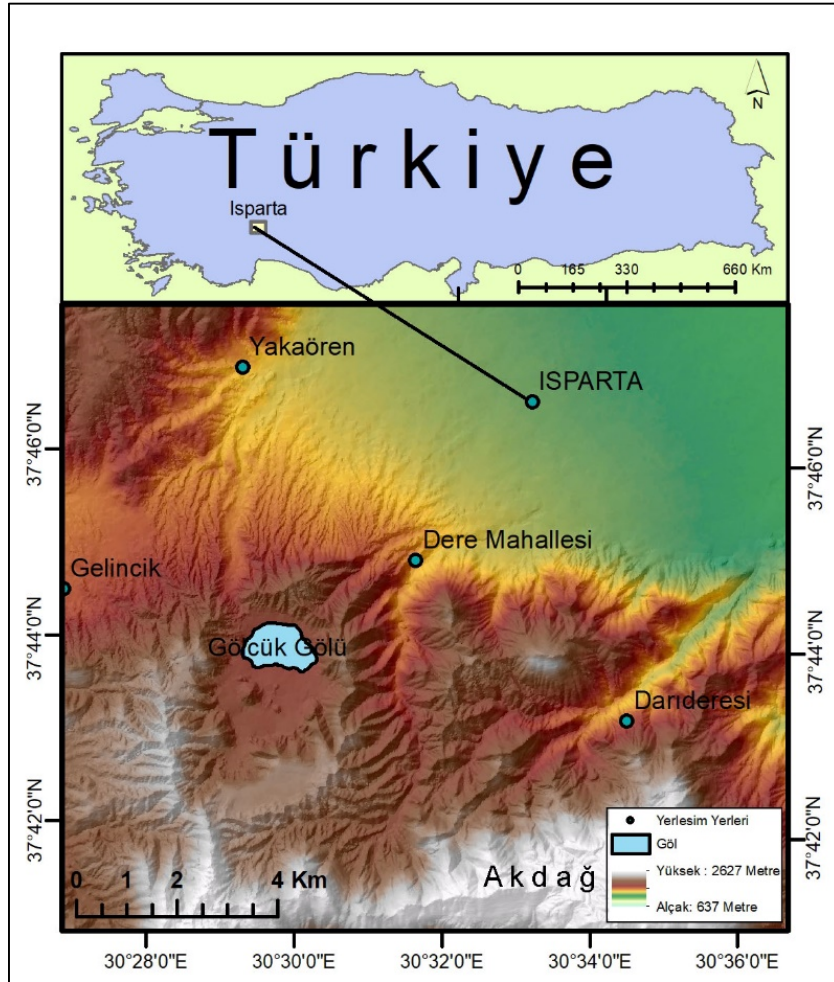
Topography Position Index, Curvature Analysis, Lineament Analysis, Circularity analysis were performed. For these analyses, data were generated from LandSat TM, SRTM, ASTER-DEM satellite images and 1/25 000 topography maps. The results of the morphometric analysis have enabled the identification, recognition and mapping of the land forms of the volcanic topography, which are characterized by linear ridges, concave and convex slopes in the studied field. The results were tested and verified in the field.

© 2019 Jeomorfoloji Derneği. Tüm hakları saklıdır. All rights reserved.

GİRİŐ

Pliyosen ve Pleyistosen volkanizması ürünleri; Isparta Şehir merkezinin gúney, gúneybatı ve batısında rúlyefi ve jeomorfolojiyi belirleyici baŐlıca faktör olmuştur. Yóredeki volkanizmanın gelişimi veya volkanik alan faaliyet kronolojisi; farklı araŐtırmacılar tarafından değişik zaman dilimlerinde yapılmış, gerek niceliksel ve gerekse niteliksel

yaklaŐımlarla belirlenmeye çalıŐılmıŐtır. Bu çalıŐmaların odak noktasını Isparta kent merkezinin 5 km batısındaki 1,3 km yarıçaplı olan, oval bir Őekli olan Gólcúk kalderası oluŐursa da, yóredeki volkanik saha "Gólcúk kalderası" ile sınırlı olmayıp, geniş bir alan kaplamaktadır.



Şekil 1: Çalışma sahası lokasyon haritası

Bu çalışmada; Isparta Őehri ve onun gúneyi, gúneybatısı ve batısında ($30^{\circ}26'-30^{\circ}40'$ Doğu, $37^{\circ}39'-37^{\circ}47'$ Kuzey) yer alan volkanik sahanın (Şekil 1) çizgisellik ve dairesellik analizleri gerçekteŐirilmesi ve elde edilen

sonuçlara dayandırılan, bölge jeomorfolojik gelişimi hakkında çıkarımların yapılması amaçlanmıŐtır. Bu kapsamda; morfometrik analiz sonuçlarına dayandırılan çizgisellikler ile jeomorfoloji perspektifinde bölge

tektonizması ve volkanik faaliyet ilişkisi hakkında öngörülerin yapılması ve sahanın jeomorfolojik gelişimi, volkan topografyasına ait yer şekillerinin belirlenmesi ve haritalanması gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada; Göreceli Topoğrafik Konum İndis (Relative Topography Position Index) Analizi, Eğrilik Analizi (Curvature Analysis), Çizgisellik Analizi (Lineament Analysis), Dairesellik Analizi (Circularity Analysis), yöntemleri kullanılmıştır. Bu analiz yöntemlerinin gerçekleştirilmesinde ve topoğrafik veri temininde; Coğrafik Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) Teknolojileri uygulanmıştır. Bu analizler için Landsat TM, SRTM, ASTER-DEM uydu görüntülerinden, 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından, konu ile ilgili önceki çalışmalardan yararlanılmıştır. Analizler ile belirlenen çizgisellikler ve dairesellikler, arazi çalışmaları ile yerinde kontrol edilerek doğrulamaları yapılmıştır.

Çalışma Sahasındaki Volkan Morfolojisinin Genel Özellikleri

Çalışma sahasının; Gölcük kalderası, onun güneyindeki Miyosen kireçtaşlarından oluşan Akdağ ve Isparta şehri arasındaki bölümünde, ayrıca Gölcük kalderası kuzeyinde, Yakaören köyü batısında (şekil 1) andezit, trakiandezit ve piroklastik malzeme içeren çok sayıda volkan konisi bulunmaktadır. İçinde pomzalarında yer aldığı, piroklastikler ise; Isparta şehrinin de yer aldığı ova ile yukarıda bahsi geçen volkan konilerinin olduğu sahada örtü oluşturmaktadır.

Gölcük volkanizmasının merkezini oluşturan ve son volkanik aktivitelerin de gerçekleştiği saha; kaldera ve çevresidir (Çiçek, 1992; Canpolat, 2014). Bu sahanın en yaygın volkanik ürünleri ise piroklastiklerdir. Piroklastikler; Gölcük kalderası kenarlarında, özellikle doğu ve kuzey kesiminde, 50 metrenin üzerinde kalınlığa ulaşırlar. Yer yer pomza katmanlarının da yer aldığı piroklastiklerin kalınlıkları kalderadan uzaklaştığa azalmaktadır. Bu ürünlerin yayılım alanı oldukça geniştir ve kalderadan 45 km uzaklıkta, Eğirdir Gölü taraalarında, 10-15 cm kalınlığında pomza birikim bantları şeklinde izlenebilir. Bu durum; volkanizmanın patlamalı karakterini

yansıtmaktadır. Ayrıca istiflerde görülen stratigrafi ve tüfitler içerisinde kırmızı renkli toprak katmanlarının yer alması; volkanizmanın zaman zaman kesintiye uğradığını kanıtlamaktadır.

Gölcük volkanizmasının tek evrede gerçekleşmediği, 5 evre (Canpolat, 2014) ve bu evrelerde değişik fazlarla meydana geldiği ifade edilmiş, aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (Leferve vd., 1983; Kazancı & Karaman, 1988; oban, 2005; Platevoet vd., 2006; Platevoet vd., 2008; Özgür vd., 2008; Elitok vd., 2008).

1. Evre: Pliyosen-İlksel Gölcük volkanizması; trakiandezit - trakitik lavlar ve bazaltik trakiandezitik-trakibazaltik volkanizma gelişimini temsil eder.
2. Evre: Günümüzden yaklaşık 1, 5 milyon yıl önce başlayan volkanik etkinlik süreci olup, volkanik patlamaya bağlı olarak piroklastiklerin ve fonolitik çember daykların oluşumu dönemidir.
3. Evre: günümüzden yaklaşık 200 bin yıl önce başlayan etkinlik süreci,
4. Evre günümüzden 115 bin yıl önce başlayan, şiddetli patlama dönemi olarak kabul edilmektedir.
5. Evre: Günümüzden 20-25 bin yıl önce şiddetli patlamayla başlayan ve 5 bin yıl öncesine kadar devam eden volkanik dom ve daykların yerleştiği, volkanik püskürme neticesinde etrafa yayılan piroklastiklerin akarsu ve göl taraalarında gözlenebildiği son evre şeklinde dir.

BULGULAR

Morfometrik Analizler

Dijital yüzey analizleri; eğim, bakı, plan ve profil eğriliği, yerel çizgisellik boyutu, toprak suyu dağılımını ve erozyon duyarlılığı gibi morfometrik analizlerin yapılmasına olanak sağlar (Parrot, 2007). Geniş alan kaplayan volkanik sahalarda, araştırma amacıyla arazinin tamamına ulaşmak mümkün olmayabilir ya da ulaşımındaki zorluk ve/ya yoğun bitki örtüsü ile kaplı olması bu sahalarda çalışılmasını zorlaştırabilir. Bu gibi yerlerde, jeomorfolojik, jeolojik özelliklerin çalışılmasına ait veri temini

konusunda uzaktan algılama yöntem ve teknolojileri veri çözünürlüğü ve güvenilirliğı, ayrıca maliyet ve veriye kısa sürede ulaşma açısından önemli avantajlar sunar (Lillesand ve Kiefer 2003; Kopackova, vd., 2012; Turođlu, 2016). Volkanları ve volkanik arazileri, sayısal topoğrafik parametreler veya morfometrik çalışmalar yaparak değerlendirmek; volkanik gelişim, patlama süreçleri, volkano tektonik analizler ve bunlarla ilişkili volkanik tehlikelerin belirlenmesinde önemli katkılar sağlar (Kereszturi & Németh, 2012; Grose vd., 2012).

Piroklastik koniler ile ilgili yapılan jeomorfolojik çalışmalarda, morfometrik analizler sıklıkla kullanılmaktadır (Porter, 1972; Wood, 1980; Dóniz vd., 2008; Favalli vd., 2009). Bu analizler ile piroklastik konilerin standart morfometrik parametreleri olan; koni temel çapı (W_{co}), koni yüksekliğı (H_{co}), krater çapı (W_{cr}) ve bunların yön oranlarının (W_{cr} / W_{co} ve H_{co} / W_{co}) tanımlamaları yapılmaktadır (Porter, 1972; Settle, 1979; Wood, 1980; Hasenaka & Carmichael, 1985). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojilerindeki gelişmeler; volkan topografyasına ait morfometrik analiz verilerinin çeşitliliğini ve diğer avantajlarını giderek daha da artmasına (Lillesand & Kiefer 2003; Turođlu, 2016), volkan morfolojisi çalışmalarında daha fazla kullanılmasına neden olmaktadır (Gilichinsky vd., 2011; Fornaciai, 2012).

Göreceli Topoğrafik Konum İndisi (Relative Topographic Position Index)

Göreceli Topoğrafik Konum İndisi (Topografik Konum İndisi olarak da bilinir) arazi

engebeliliğine ve yerel yüksekliğe dayalı bir indistir (Jeness, 2006). Her pikselin topografik konumu, yakın çevresine göre, dolayısıyla göreceli konumuna göre tanımlanır. İndis, kaya türü, baskın jeomorfik süreç, toprak özellikleri, bitki örtüsü veya hava drenajına karşılık gelebilecek peyzaj desenlerini ve sınırlarını belirlemek için kullanışlıdır. Bu indis için ArcMap 10.5 yazılımının *Spatial Analyst-Neighborhood - Focal Statistics* eklentisi kullanılmıştır.

(Ortalama-minimum)/(maksimum-minimum)

formülü kullanılarak, ortalama minimum ve maksimum hücre değışkenlik değerlerinin oranlanması sonucu elde edilen yüksek indis değerleri; sırt ve tepeler gibi yüksek eğimliliğe sahip arazileri tanımlar. Buna karşın, vadi ve depresyon sahaları ise daha düşük indis değerleri ile temsil edilirler. Genel olarak eğim değerlerinin alansal ve oransal dağılımlarının birbirine yakın olduğu ve topoğrafyada tepelik görüntü yansıtan yerlerin, volkan konisini karakterize etmesi mümkündür (Avcı vd., 2018). Hücre bazlı hesaplanan engebe değeri ile kısa mesafe içerisinde ortaya çıkan topoğrafik rölyef farkı yansıtıldığı için elde edilen harita; hem çizgisellik ve hem de dairesellik analizinde kullanılmıştır.

Göreceli Topoğrafik Konum İndisinde, pikselin yakın çevresine göre tanımlanmasından dolayı indis; kısa mesafe içindeki topoğrafik değışimi yansıtmaktadır. Böylece topoğrafik rölyef veya anomalilerin tespiti için oldukça iyi sonuç veren görsel, sayısal sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 1, Şekil 2).

Tablo 1: Göreceli Topoğrafik Konum İndisi Değerleri (Engebelilik).

Sayı	İndis Başlangıç	Renk	İndis Bitiş	Piksel Yüzde Oranı
1	0.0555	Kırmızı	0,409	% 49
2	0.409	Beyaz	0.528	% 57,7
3	0,528	Siyah	0,892	% 100
Toplam Piksel =		340.969,4663		

İndis değerleri (0,0555-0,409) arası olan ve “Düşük Engebelilik” göstergesi kabul edilen vadi ve depresyon gibi etrafına göre alçak olan alanlar; çalışma sahasının %49 luk bölümünü

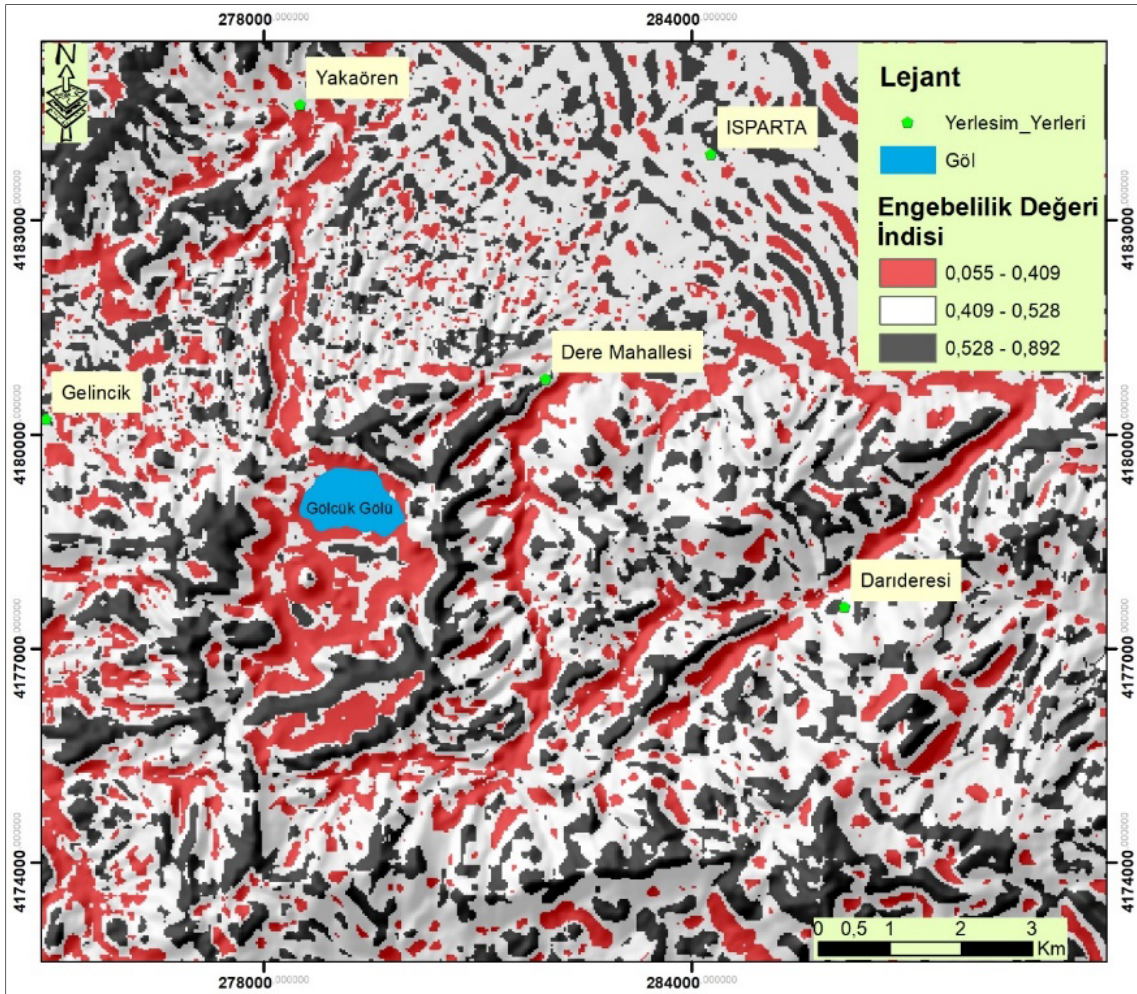
temsil etmektedir. Bu indis aralığı, Şekil 2 de belirgin çizgisellik ile dikkati çekmektedir. Bu çizgisellikler hem diğer morfometrik analiz sonuçları ile birlikte, çalışma sahasındaki

volkanik jeomorfoloji unsurlarının Şekil ve dađılıő göstergeleri olarak deđerlendirilmiŐtir (Şekil 2). İndis değerlerine ait renklendirmeler; özellikle koni, kaldera ve paleokalderaları belirgin olarak göstermektedir (Şekil 2).

Eğrilik Analizi (Curvature Analysis)

Eğrilik; genellikle, yerçekimi alanında tanımlanan yerel noktaya dayalı deđiŐkenler olan plan, profil veya enine eğrilik ifadelerine karşılık gelmektedir. Eğrilik; jeomorfolojik gelişimi açıklamak amacıyla kullanılabilen

jeomorfoloji yaklaŐımıdır (Evans & Minar, 2011). Profil eğriliği maksimum eğim yönündedir. Plan eğriliği ise maksimum eğim yönüne diktir (Şekil 3). Buna Tanjantik eğrilik (Tangential curvature) adı da verilmektedir (Blaga, 2012). Eğrilik, yüzeyin ikinci türevi veya eğimli yüzeyin değerleri olarak da tanımlanabilir. Plan Eğrilik; horizontal eğriliktir, (x:y) düzlemi ile kesiŐir. Profil Eğrilik; Z eksenini olarak tanımlanan düzlem ve maksimum eğim yni ile kesiŐen eğridir (Schillaci vd., 2015).



Şekil 1: Göreceli Topoğrafik Konum İndisine göre çalışma sahasının engebelik haritası.

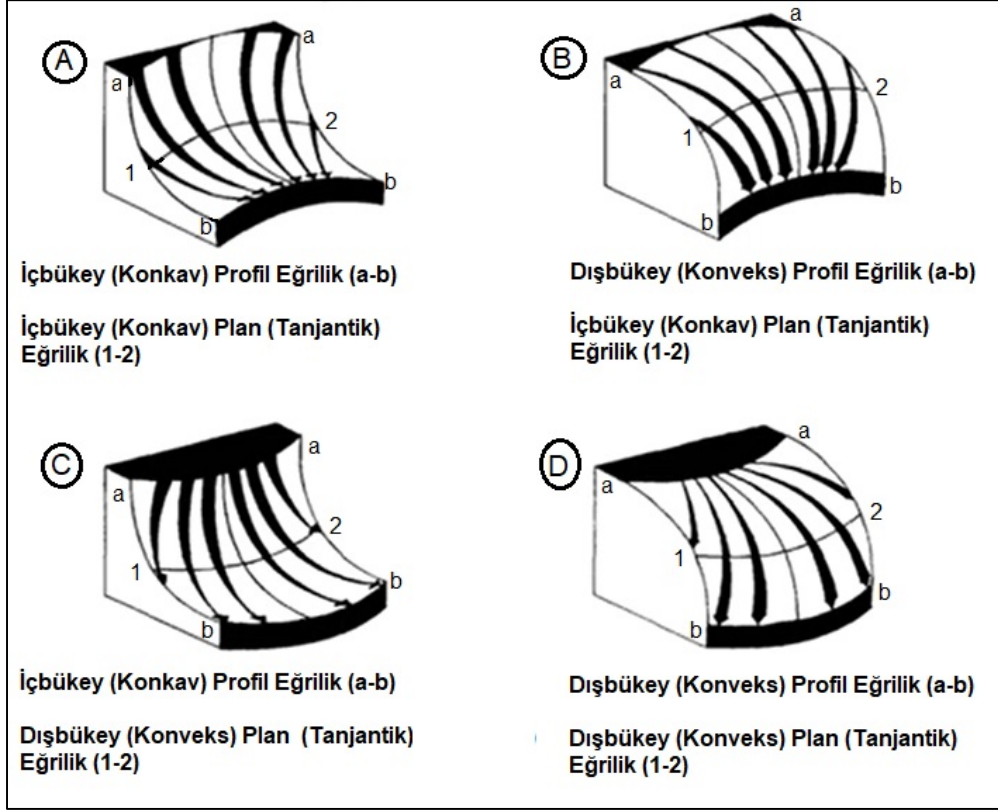
Plan eğrilikte; negatif indis değerleri içbükey, pozitif değer dışbükey topoğrafik görünümü yansıtır. Profil eğrilikte, negatif değerler yukarıya doğru dışbükey yapıyı, Pozitif değer yukarıya doğru içbükey yapıyı ifade eder (Şekil 3). 0 (sıfır) eğrilik değerleri ise o kesimde yüzeyin düz olduğunu gösterir. Orta düzeyde engebeli olan tepelik alanlarda eğrilik -0,5 ile 0,5 arasında olurken; çok engebeli dağlık alanlarda

eğrilik -4 ile 4 arasında deđiŐebilir. Ancak topoğrafya ve yüzey grntleyicisine bağlı olarak bu değerler deđiŐebilir (Web 1, 2019) CBS yazılımları ArcMap, QGIS gibi yazılımlarla iki tip eğrilik saptamak mümkündür.

Çalışma sahasına; maksimum eğim yönünde olan profil ve ona dik olan plan eğrilik analizi uygulanmıştır. Plan eğrilik analizinde negatif indis değerleri, içbükey yapı yansıttığından;

ana ve tali akarsu ağını tespit etmek kolaylaşmıştır. Şekil 4'te mavi renk ile görülen içbükey vadi alt seviyeleridir. Hesaplanan sayısal değeri ‘‘ok engebeli’’ st sınırından düşüktür (Tablo 2) Pozitif indis değerine sahip olan kesimler ise sırt ve zirveleri karşılık

gelmektedir (Şekil 4, Tablo 2). Şekil 4 incelendiğinde; Plan eğrilik değerleri ile çalışma sahasının çoğunluğunu içbükey vadilerin oluşturduğu, ayrıca düz sayılabilecek alanların da fazla olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4, Tablo 2).



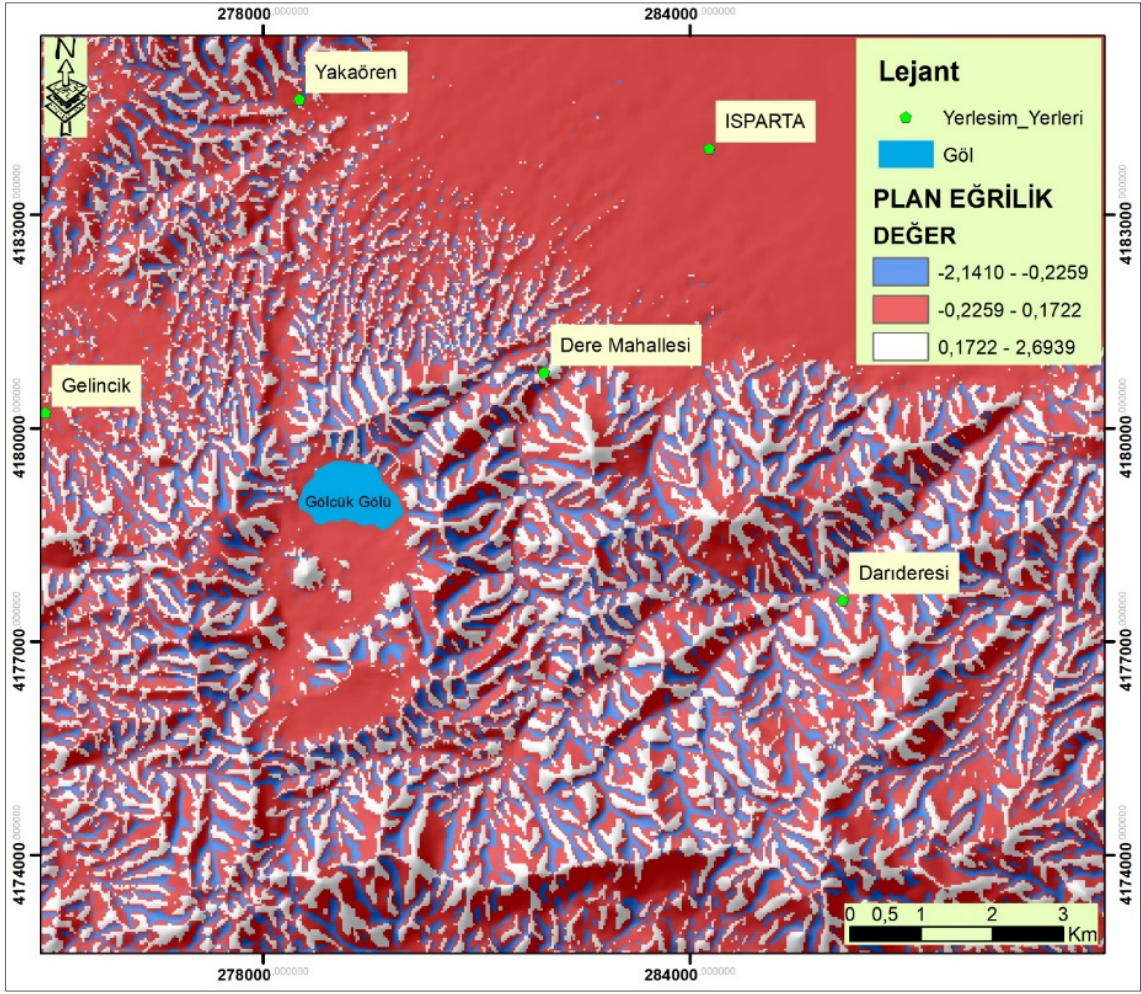
Şekil 2: Eğriler ve akım yönleri (Web 2'den değiştirerek).

Tablo 2: Plan ve Profil eğrilik analiz sonuçları.

Plan Eğrilik	Standart	Tanımlı	Hesaplanan	
içbükey	Max (-4,000)	ok engebeli	-2,1410	-0,2259
	(-0,5) - (0,5)	Orta düzeyde engebeli	-0,2259	0,1722
Dışbükey	Max. (4,000)	ok engebeli	0,1722	2,6939
Profil Eğrilik		Tanımlı	Hesaplanan	
Dışbükey	Max(-4,000)	Yukarı doğru çok engebeli	-2,8017	-0,1897
	(-0,5) - (0,5)	Orta düzeyde engebeli	-0,1897	0,1751
içbükey	Max. (4,000)	Yukarı doğru çok engebeli	0,1751	2,0958

Profil eğrilik değerleri ve haritasına göre; negatif değerler yukarıya doğru dışbükey yapıyı, pozitif değer yukarıya doğru içbükey yapıyı ifade eder. Çalışma sahasına uygulanan profil eğriliğin negatif indis değerleri; dışbükey eğrilik sırt ve zirveleri ortaya çıkarmıştır (Tablo 2, Şekil 5). Yukarıya doğru içbükey yapıyı gösteren pozitif indis ile vadiler ve bazı yamaçların yönelimi ortaya çıkarılmıştır (Şekil

5, Tablo 2). Profil eğrilik haritasında beyaz renk ile görülen (0,1751-2,0958) değerlerine sahip sırt ve zirve hatlarının çizgisellikleri; özellikle dairesellikleri açıkça göstermektedir. Bu sebeple, plan ve profil eğrilik analiz sonuçları; kaldera, koni ve kaldera içi dayk yapılarının çizilmesine veya tespitine önemli katkı sağlamıştır (Şekil 4 ve 5, Tablo 2).



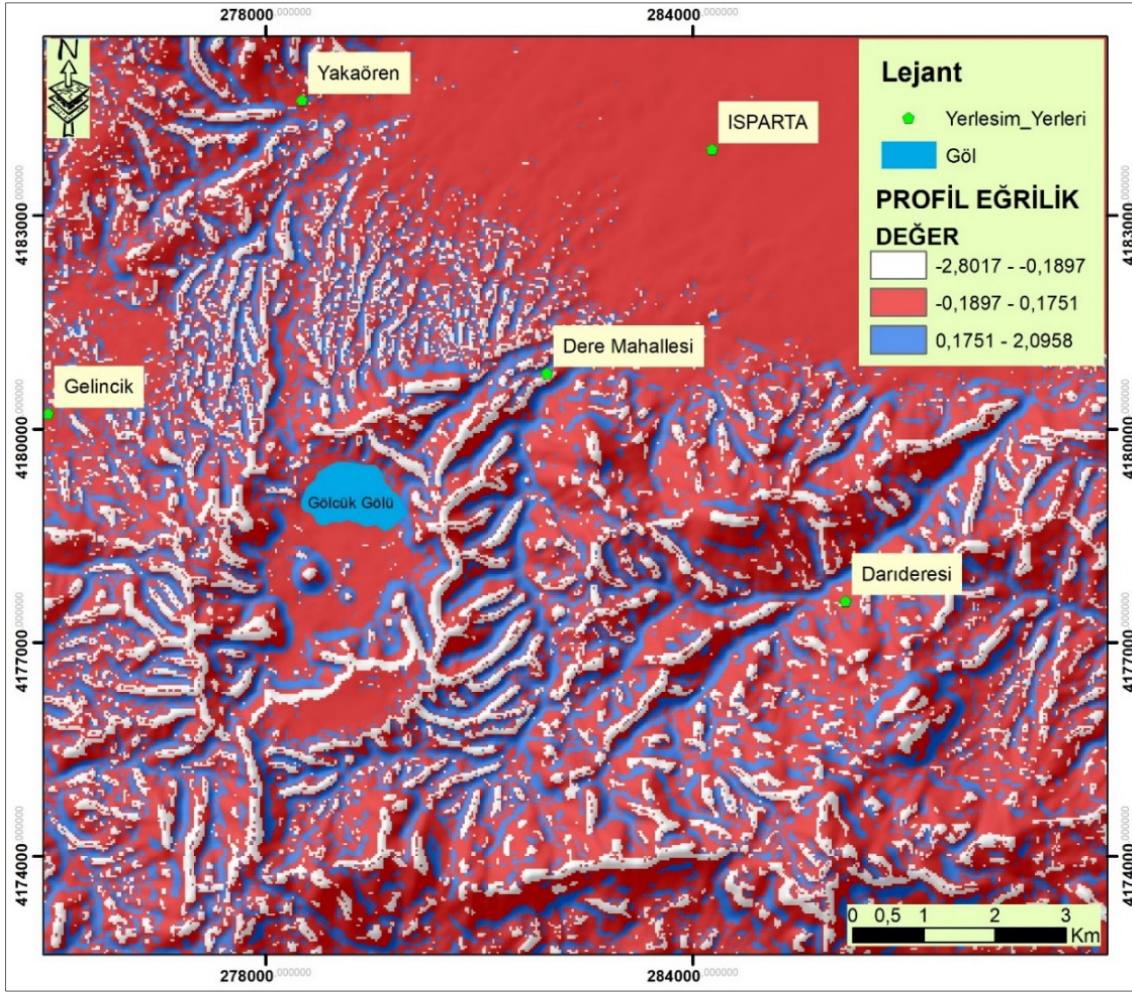
Şekil 3: Plan eğrilik indisi haritası.

Çizgisellik Analizi (Lineament Analysis)

Çizgisellik analizi; Uzaktan Algılama ve CBS ile uygulanan ve özellikle tektonik, mühendislik, jeomorfoloji ve petrol-maden aramaları gibi alanlarda kullanılan önemli bir analiz yöntemidir (Koopmans, 1986; Tibaldi & Ferrari, 1991; Marple & Schweig, 1992; Philip, 1996). Topoğrafik çizgisellikler, sismik risk değerlendirmesi, jeolojik ve litolojik yapıların belirlenmesi, hidrojeolojik araştırmalar, arazi kullanımı niteliklerinin belirlenmesi gibi pek çok çalışmaya katkı sağlarlar (Gündoğdu vd; 2016).

Sayısal yükseklik modelleri (DEM) kullanılarak çıkartılan çizgisellikler; yalnızca topoğrafyaya dayanır ve zemin örnekleme mesafesi orta ölçekli veya daha fazlaysa, insan yapımı özellikleri hariç tutulur. Bu nedenle, DEM'lerden yarı otomatik bir şekilde çizgisellik

oluşturulması birçok yazar tarafından kanıtlanmış bir yöntemdir (Lee & Moon, 2002; Abarca, 2006; Abdullah vd., 2010). Yalnızca topoğrafik özellikleri temsil etmesine rağmen, farklı yazarlar, yükseklik verilerinden üretilen jeolojik olmayan arka plana sahip çizgilerle ilgili kritik hususlardan bahsetmektedir. Bu hususlar morfoloji ve litoloji ile ilişkili olabileceği için çizgisellik ifadesinin dikkatli yapılması gerekmektedir (Mallast vd., 2011). Sahadaki çizgiselliklerin tespiti ise genellikle hava fotosu veya uydu görüntülerinin veya bunlardan üretilen sayısal yükseklik modellerinden yarı otomatik veya görsel değerlendirme ile mümkün olabilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar son yıllarda giderek artmaktadır (Rahmana & Gloaguen, 2014; Rajesekar vd., 2018).



Şekil 4: Profil eğrilik haritası.

Çalışma sahasındaki tektonik hatlar ile çoğunlukla dairesel görümlü olan volkan morfolojisi ünitelerinin ortaya çıkarılabilmesi için çizgisellik analizi yöntemi kullanılmıştır. Çizgisellik analizi için çalışma sahasını da içeren Landsat ETM (24 Haziran 2002) uydu görüntüsünün 4, 5 ve 7. bandları kullanılmıştır. 4. 5. 7. Bantların seçilmesinde etkili olan sebepler; 4. bandın jeolojik çizgiselliği iyi göstermesi (Akhir vd., 1997), 5. bandın, litolojik öğeleri ve yapısal unsurları daha iyi yansıtmaması (Voldati, 1995) ve 7. bandın atmosferik etkiyi azaltması, özellikle pustan ve nemlilikten kaynaklanan görüntü bozulmasının çok az olmasıdır (Süzen ve Toprak, 1998). Bandlara, Sobel Directional filtreleme uygulanmış (Morris, 1997; Philip, 1996; Süzen ve Toprak, 1998; Lillesand ve Kiefer 2003), elde edilen görüntüler kontrast ayarı yapılmış, böylelikle üretilmiş olan görüntüler netlik kazanmıştır.

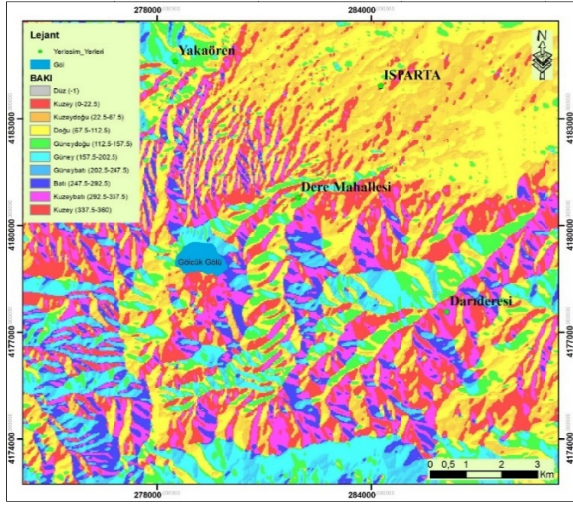
Çalışma sahasında çizgiselliklerin belirlenebilmesi amacıyla; bakı (Şekil 6), eğim

(Şekil 7), engebelilik indisi, eğrilik haritaları (Şekil 4 ve 5) ile Landsat ETM (24 Haziran 2002) uydu görüntüsünün 4, 5 ve 7. Bandlarından elde edilen görüntülere; *Sobel Directional filtreleme* ve *kontrast artırması* uygulanmıştır. Çizgisellik analizi için ayrıca SRTM DEM'den de yararlanılmıştır. Muhtemel çizgisellikler, tüm bu parametrelerin hepsi için ayrı ayrı çıkarıldıktan sonra, beşeri amaçlarla oluşturulmuş ulaşım yolları gibi öğeler ayıklamıştır. Elde edilen bütün çizgisellikler; önce vektörel hale getirilmiş, daha sonra da birleştirilerek (merge) haritalanmıştır (Şekil 8).

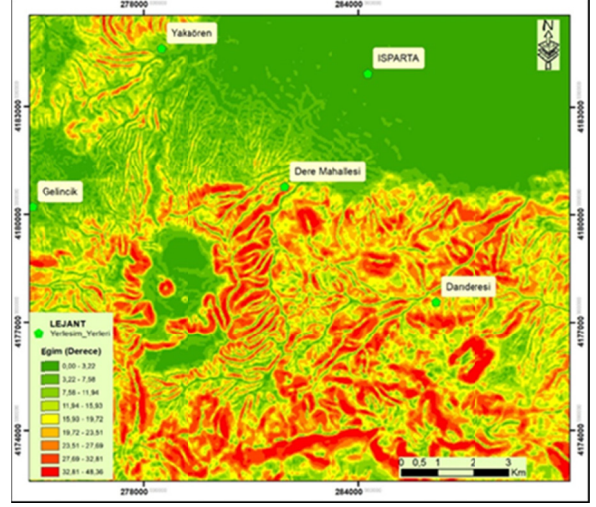
Çizgiselliklerin konum analizine bağlı olarak yapılan hesaplama sonuçları ile çizgisellik gül diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 9). Buna göre; tektonik hatların, Gölçük kalderası ve çevresinde Güneybatı-Kuzeydoğu yöneliminde ağırlık kazandığı anlaşılmıştır. Kuzey-güney yönlü olan çizgisellikler ise Gölçük kalderasının olduğu kesimde yoğunluk kazanmıştır. Yine bu kesimde Kuzey-Güney yönlü çizgisellikler ile

doğu batı yönlü çizgisellikler yer yer keşişmektedir. Darıderesi vadisi boyunca uzanan çizgi ise yaklaşık 8 km'lik Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultulu uzanışı ile dikkati

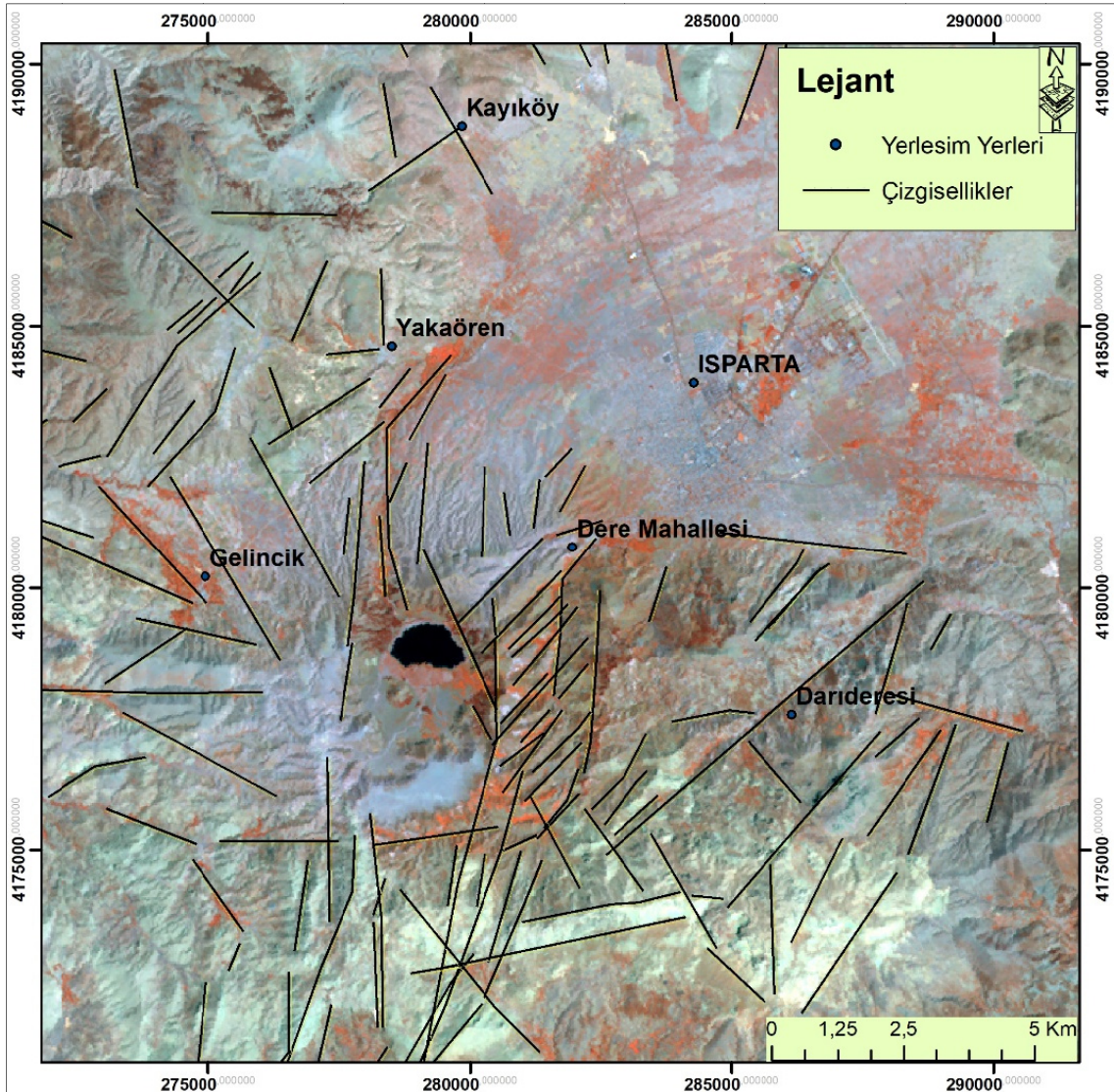
ekmektedir. Bu araştırmada tespit edilen bu çizgiselliklerin önceki çalışmalarda (Cengiz vd., 2006; Canpolat, 2014) ifade edilen çizgisellikler ile uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 5: Çalışma sahası baki haritası



Şekil 6: Çalışma sahası eğim haritası.

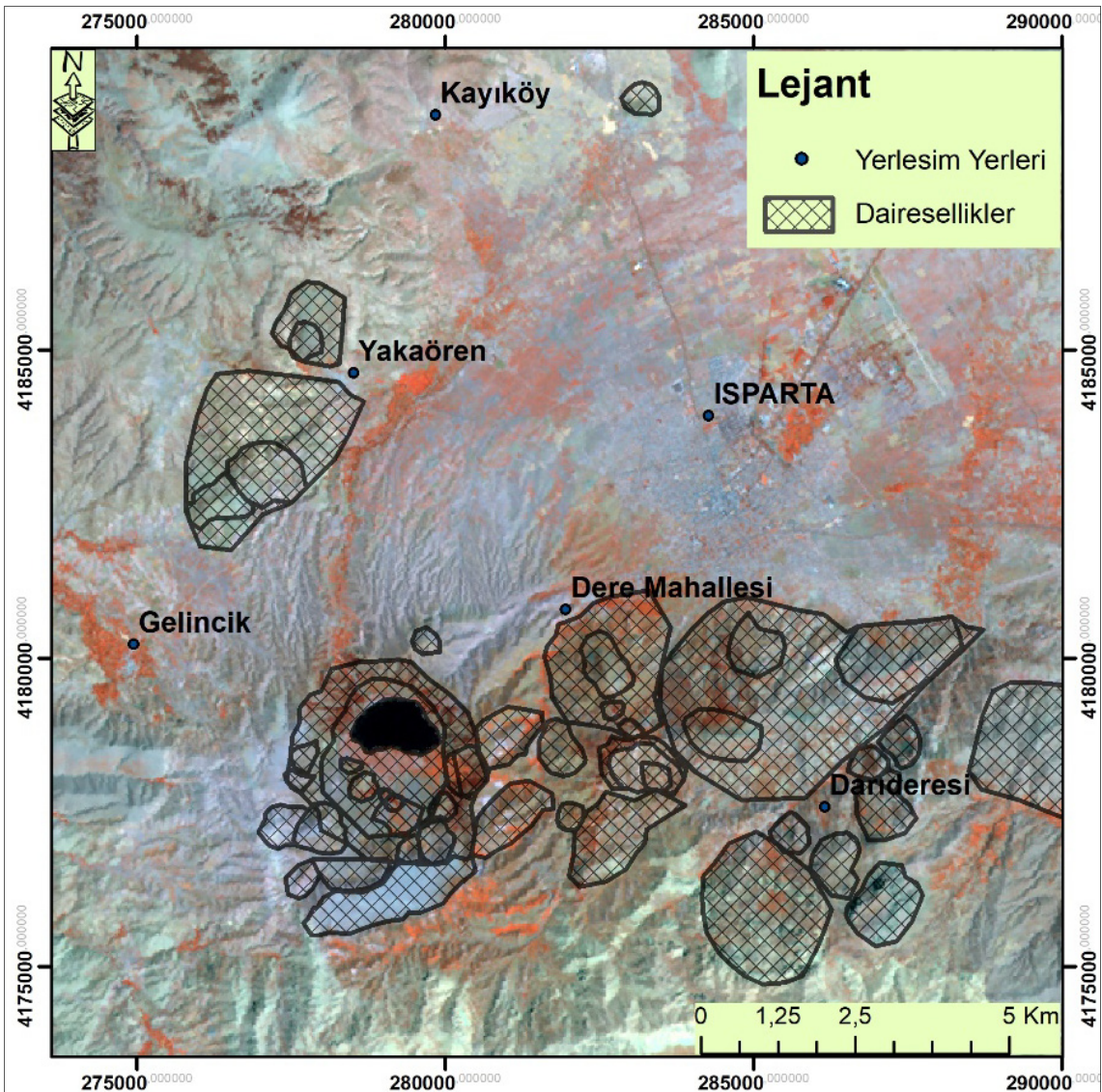


Şekil 7: Çalışma alanındaki çizgisellikler

Dairesellik Analizi (Circularity Analysis)

Volkan konileri, kalderalar, maarlar, volkan kraterleri vb. yer Şekillerinin genellikle dairesel bir nitelik taşımasından dolayı; çizgisellik tespiti için kullanılan yöntem, ayrıca çalışma sahası içindeki dairesel yapılarının tespiti için de kullanılmıştır. Uydu görüntüsü zenginleştirme işleminden sonra tespit edilen dairesellikler bu Şekilde sayısallaştırılmıştır. Belirlenmiş olan dairesellikler (Şekil 10) arazi gözlemleri ile birlikte değerlendirilerek, jeomorfoloji haritası oluşturulması aşamasında kullanılmıştır.

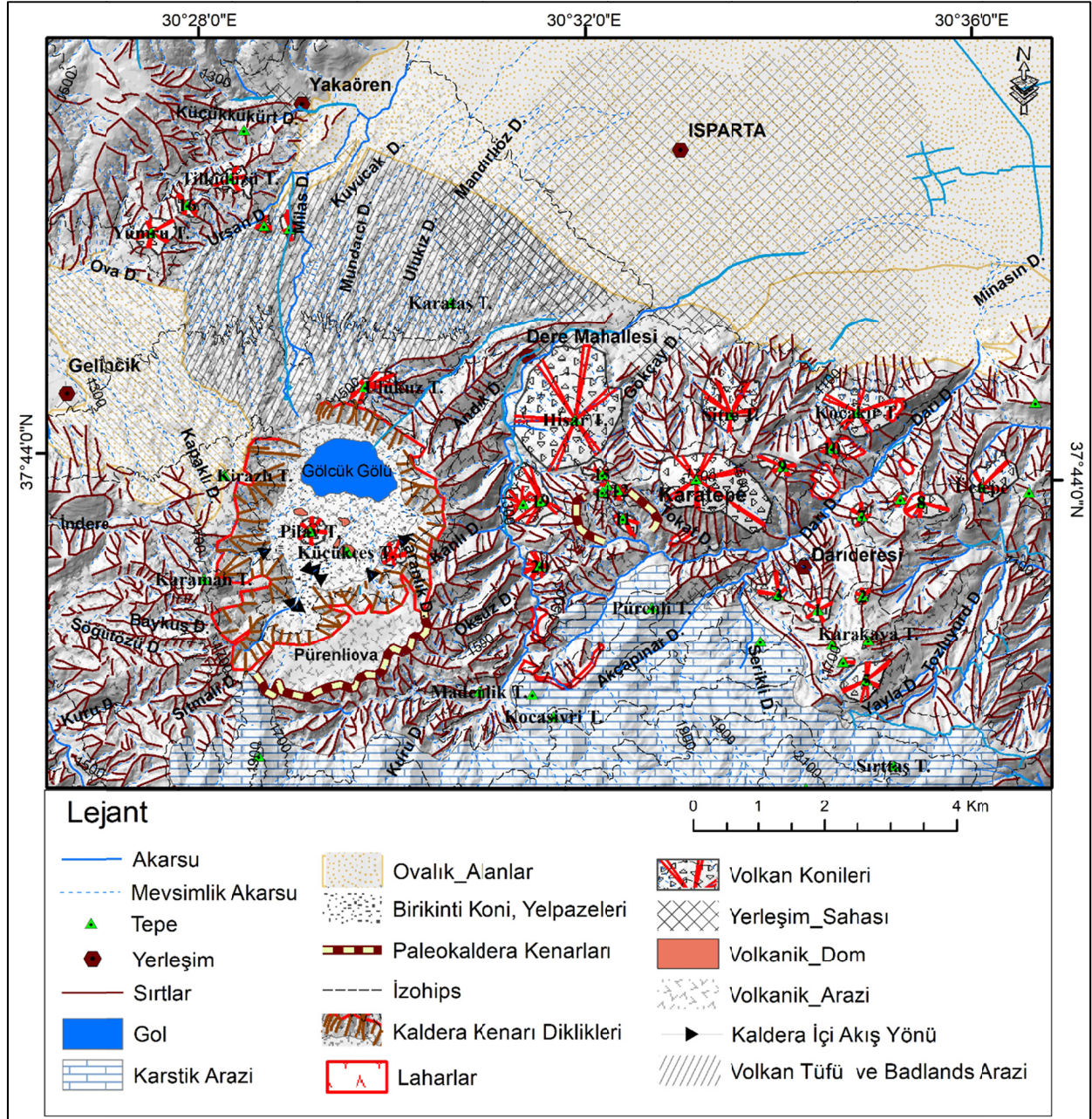
Dairesellik analizi sonucu; Isparta Şehrinin güney ve batısında çok sayıda dairesel yapının tespit edildiği söylenebilir (Şekil 10). Özellikle Isparta Şehrinin güneyindeki, temeli geniş olan volkanik yapıların üzerinde çok sayıda oval veya dairesel unsurlar belirlenmiştir. Büyük dairesel kütlelerin üzerinde, küçük dairelerin de olması, çok evreli bir volkanizmanın volkan topoğrafyasına uyan bir durumdur (Yiğitbaşıoğlu, 2000). Bu kesimde andezit ve trakiandezit konilerin üzerinde tali konilerin olduğunun göstergesidir.



Şekil 8: Çalışma sahası dairesellik yoğunluğu haritası

Çalışma alanındaki dairesellikler; iki adet paleokalderanın varlığına işaret etmektedir. Yine Gölcük kalderası içindeki yamaçlara doğru patlama işaretleri olan çok sayıda dairesellik

tespit edilmiştir. Ayıca kaldera içerisindeki dom yapıları ve volkanik konilere ait dairesellikler de belirlenmiştir (Şekil 11).



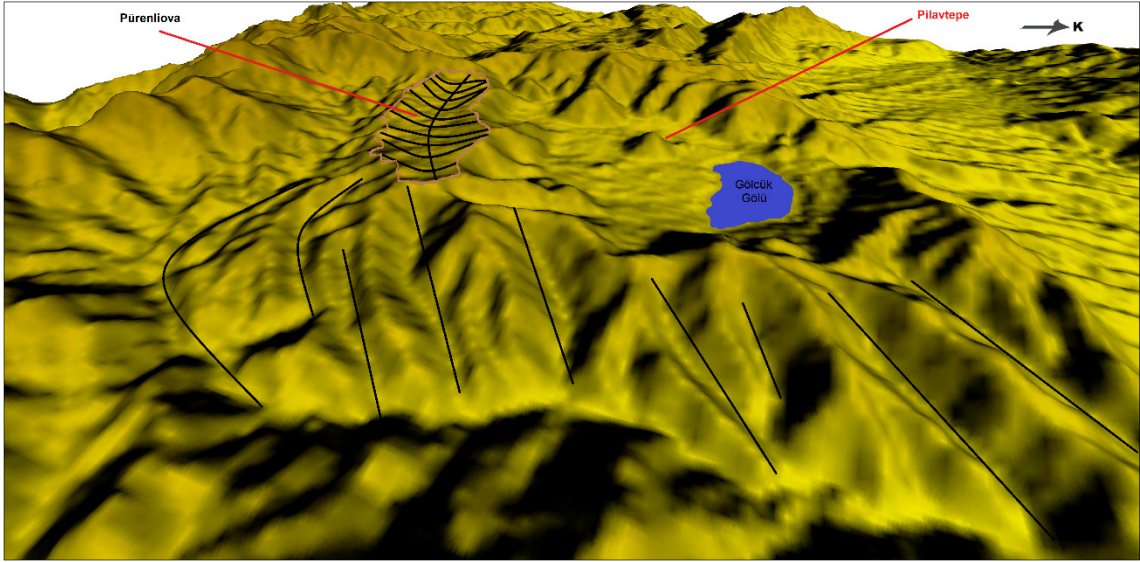
Şekil 9: Çalışma alanı jeomorfoloji haritası

SONUÇ

Hâkim çizgiselliklerin, Gölçük volkanizmasının olduğu bölgede yoğunlaşması ve uzanış doğrultuları volkanizmanın tektonik hatlar ile ilişkisini bir kez daha gösterecek biçimdedir. Kuzey-Güney yönlü çizgisellikler; kaldera çevresinde Doğu-Batı doğrultulu bir açılmanın olabileceğini işaret etmektedir. Doğu-Batı doğrultulu çizgiselliklerin, kaldera kesimine doğru Kuzey-Güney yönlü çizgiselliklerle kesişmeleri; volkanizmanın oluşmasına katkı yapan bir faktör olarak kabul edilebilir.

Daireselliklerin; kaldera içi ve çevresinde, Isparta şehrinin güney-güneybatısında yoğunlaştığı dikkati çekmektedir. Büyük volkanik kütlelerin üzerinde, tali sayılabilecek çok sayıda volkan konisinin de olduğu dairesellik analizleri ile belirlenmiştir.

Akarsu vadileri ve drenajdaki değişiklikler ve yönelmeler dikkate alındığında; farklı dönemlerde oluşan volkanizmanın, bir önceki dönem şekillerini değiştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 10: Gölcük kalderası doğusundaki vadilerin uzanışı ve Pürenlioiva'nın görünüşü.

Gölcük volkanizmasının çizgisellik ve dairesellik analizleri ve diğer morfometrik analizler dikkate alındığında; çalışma sahasındaki volkan topografyasının göreceli gelişimi ile ilgili ayrıca aşağıdaki çıkarımlar yapılabilir:

1. Gölcük ilksel volkanizmasının; Gölcük kalderası güney ve güneydoğu kesiminde gerçekleşmiş olduğu, bu volkanizma evrelerine ait konilerin arazide halihazırda izler taşıdığı ve sayılarının çok fazla olduğu ifade edilebilir. Bugünkü Pürenlioiva'nın ayrıntılı incelenmesi sonucunda, bu kesimde bir paleokalderanın olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu görüşü destekleyen kanıtlar; dairesellik, vadilerin uzanış doğrultusu ve eğim değerleridir. Bulgular; Paleokalderanın, değişik noktalarda meydana gelen patlama ve çökmeler sonucunda, ilksel yapısının bozulduğu ve orijinal görünümünden uzaklaştığına işaret etmektedir (Şekil 12).
2. Bugünkü Hisartepe volkan konisinin de üzerinde yer aldığı volkanik kütle; Gölcük volkanizmasının merkezinin Pürenlioiva paleokalderası olduğu dönemden sonra oluşmuştur. Ayrıca, Hisartepe'nin güneyinde başka bir paleokaldera da tespit edilmiştir.
3. Karatepe konisinin olduğu ve Isparta şehir merkezi güneyindeki en yüksek volkanik saha; Hisartepe ve çevresindeki volkanizma

sonrasına ait daha genç jenerasyona aittir. Bu kütle üzerinde çok sayıda parazit volkan konisi haritalanmıştır. Sitre Tepe, Kocakır Tepe bunlardan bazılarıdır.

4. Sahadaki en genç volkanik unsurlar; gölcük volkanizmasının son patlama evrelerinde meydana gelmiştir. Kaldera içindeki Pilavtepe piroklastik konisi en genç oluşumlardan biridir ve simetrisini halen korumaktadır.

KAYNAKÇA

- Abarca, M.A.A. (2006) *Lineament extraction from Digital Terrain Model*. MSC Thesis in International Institute for Geo-Information Science and Earth observation Enschede, The Netherlands.
- Abdullah, A., Akhir, J. M. & Abdullah İ. (2010) Automatic Mapping of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived from Digital Elevation Model (DEMs) in the Maran – Sungai Lembing Area, Malaysia. *EJGE*, 15, pp. 949-957.
- Akhir, J.A. (1997) Geological Application of Landsat TM Imagery: Mapping and Analysis of Lineament in NW Peninsula Malaysia. www.gisdevelopment.net
- Avcı, V., Sunkar, M. & Toprak, A. (2018) IV. Uluslararası Ağrı Dağı ve Nuh'un Gemisi Sempozyumu, *The Fourth International Mount Ararat and Noah's Ark Symposium*, pp. 124–132.
- Blaga, L. (2012) Aspects regarding the significance of the curvature types and values in the studies of geomorphometry assisted by GIS. *Analele Universităţii din Oradea, Seria Geografie*, ISSN 1221-1273, E-ISSN 2065-3409, XXII (2), pp. 327-337.
- Canpolat, E. (2014) *Gölcük (Isparta) Volkanizması ve Volkanik Gaz Risk Analizi*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Doktora

- Tezi (Yayınlanmamış).
- Cengiz, O., şener, E. & Yağmurlu, F. (2006) A Satellite image approach to the study of lineaments circular structures and regional geology in the Golcuk Crater district and its environs (Isparta, SW Turkey). *Journal of Asian Earth Science*, pp. 155-163.
- Çiçek, İ. (1992) Gölçük Kalderası (Isparta). *Türkiye Coğrafyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, 2, pp. 137-150.
- Çoban, H. (2005) New geochronologic and isotopic constraints on the evolution of Plio-Quaternary alkaline volcanism from Isparta District SW Turkey. *International Symposium on The Geodynamics of Eastern Mediterranean: Active Tectonics Of the Aegean Region*. Kadir Has University Istanbul, Turkey, 253.
- Dóniz, J., Romero, C., Coello, E., Guillén, C., Sánchez, N., García-Cacho, L. & García, A. (2008) Morphological and statistical characterisation of recent mafic volcanism on Tenerife (Canary Islands, Spain). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 173, pp. 185-195.
- Elitok, Ö., Özgür, N. & Yılmaz, K. (2008) *Gölçük Volkanizmasının (Isparta) Jeolojik Evrimi*, GB Türkiye. Isparta. TÜBİTAK.
- Evans, I.S. & Minár, J. (2011) A classification of geomorphometric variables. *Geomorphometry*. Org, pp. 105-108.
- Favalli, M., Karátson, D., Mazzarini, F., Pareschi, M.T. & Boschi, E. (2009) Morphometry of scoria cones located on a volcano flank: a case study from Mt. Etna (Italy), based on high-resolution LiDAR data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 186, pp. 320-330.
- Fornaciai, A., Favalli, M., Karátson, D., Tarquini, S. & Boschi, E. (2012) Morphometry of scoria cones, and their relation to geodynamic setting: A DEM-based analysis. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 217-218, pp. 56-72. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2011.12.012>
- Gilichinsky, M., Inbar, M., Zaretskaya, N., Melekestsev, I. & Melnikov, D. (2011) Morphometric measurements of cinder cones from digital elevation models of Tolbachik volcanic field, central Kamchatka. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 36(4), pp. 287-300. <https://doi.org/10.5589/m10-049>
- Grosse, P., van Wyk de Vries, B., Euillades, P. A., Kervyn, M. & Petrinovic, I.A. (2012) Systematic morphometric characterization of volcanic edifices using digital elevation models. *Geomorphology*, 136(1), pp. 114-131.
- Gündoğdu, E., Özden, S. & Karaca, Ö. (2016) Simav fayı ve yakın civarının saha verileri ile alos-palsar ve landsat görüntülerinin karşılaştırılmalı yapısal analizi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, pp. 1-12.
- Hasenaka, T. & Carmichael, I.S.E. (1985) The cinder cones of Michoacán-Guanajuato, Central Mexico: their age, volume and distribution, and magma discharge rate. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 25, pp. 105-124.
- Kazancı, N. & Karaman, M.E. (1988) Gölçük (Isparta) Pliyosen Volkaniklastik İstifinin Sedimentolojik Özellikleri. *Akdeniz Üniv. Isparta Müh. Fakültesi 5. Müh. Haftası, Bildiri Özleri Kitabı*, pp. 32.
- Kereszturi, G. & Nmeth, K. (2012) Monogenetic Basaltic Volcanoes: Genetic Classification, Growth, Geomorphology and Degradation. *Updates in Volcanology - New Advances in Understanding Volcanic Systems*, (May 2014), pp. 2-88. <https://doi.org/10.5772/51387>
- Koopman, B.N. (1986) A Comparative Study of Lineament Analysis from Different Remote Sensing Imagery Over Areas in the Benue Valley and Jos Plateau Nigeria. *International Journal of Remote Sensing*, 7, pp. 1763-1771.
- Kopackova, V., Rapprich, V., Sebesta, J. & Zelenkov, K., (2012) Slope Dependent Morphometric Analysis as a Tool Contributing to Reconstruction of Volcano Evolution. *Earth and Environmental Sciences*, <https://doi.org/10.5772/29466>
- Lee, T.H. & Moon, W.M. (2002) Lineament extraction from Landsat TM, JERS-1 SAR, and DEM for geological applications. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. ISBN: 0-7803-7536-X, DOI: 10.1109/IGARSS.2002.1027154.
- Lefevre, C., Bellon, M. & Poisson, A. (1983) Leucitites Dans le Volcanisme Pliocene de La Region d'Isparta, Taurides Occidentales, Turquie. *C.R. Acad. Sc*, pp. 95-149.
- Jenness, J. (2006) Topographic Position Index (tpi_jen.avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.3a. Jenness Enterprises. Available at: <http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>.
- Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W. (2003) *Remote Sensing and Image Interpretation*. Fourth Edition. ISBN 9971-51-427-3. John Wiley & Sons (ASIA) Pte. Ltd. Singapore.
- Mallast, U., Gloaguen, R., Geyer, S., Rüdiger, T. & Siebert, C. (2011) Derivation of groundwater flow-paths based on semi-automatic extraction of lineaments from remote sensing data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(8), pp. 2665-2678. <https://doi.org/10.5194/hess-15-2665-2011>
- Marple, R.T. & Schweig, E.S. (1992) Remote Sensing of Alluvial Terrain in a Humid, Tectonically Active Setting: The New Madrid Seismic Zone. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58 (2), pp. 209-219.
- Morris, P.W. (1997) Exponential Longitudinal Profiles of Streams. *Earth Surface Processes Landforms*, 22 (2), pp. 143 - 163.
- Özgür, N., Yağmurluoğlu, F., Ertunç, A., Karagüzel, R., Görmüş, M., Elitok, Ö., Çoban, H. (2008) *Assesments Of Tectonics and Volcanic Hazards in the Area of Isparta Around Gölçük Volcano*. Ankara: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Proje No: 104y213.
- Parrot, J.F. (2007) Study of Volcanic Cinder Cone Evolution by Means of High Resolution DEMs. Modsim 2007: *International Congress on Modelling and Simulation: Land, Water and Environmental Management: Integrated Systems for Sustainability*, pp. 1356-1362.
- Porter, S.C. (1972) Distribution, morphology, and size frequency of cinder cones on Mauna Kea Volcano, Hawaii. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 83, pp. 3607-3612. doi:10.1130/0016-

- 7606(1972)83[3607:DMASFO]2.0.CO;2.
- Philip, G. (1996) Landsat Thematic Mapper data analysis for Quaternary Tectonics in Parts of Doon Valley, NW Himalaya, India. *International Journal of Remote Sensing*, 17, pp. 143-153.
- Platevoet, B., Scaillet, S., Guillou, H., Blamart, D., Nomade, S., Massault, M., Yılmaz, K. (2008) Pleistocene Eruptive Chronology Of The Gölçük Volcano, Isparta Angle, Turkey. *Quaternaire*, 19(2), pp. 147-156.
- Platevoet, B., Scaillet, S., Guillou, H., Nomade, S., Blamart, D., Poisson, A., Yılmaz, K. (2006) Recent plinian and phreato-plinian activity of Gölçük volcano, Isparta Angle, Turkey. *Communication to the French Geological Society: Tephra and Quaternary Sequences Symposium*.
- Rahnama, M. & Gloaguen, R. (2014) TecLines: A MATLAB-Based Toolbox for Tectonic Lineament Analysis from Satellite Images and TecLines: A MATLAB-Based Toolbox For Tectonic Lineament Analysis from Satellite Images and DEMs, Part 1: Line Segment Detection and Extraction. *Remote Sensing*, 6, 5938-5958., 5938-5958.
- Rajasekhar, M., Raju, G.S., Raju, R.S., Ramachandra, M. & Kumar, B.P. (2018) Data on comparative studies of lineaments extraction from ASTER DEM, SRTM, and Cartosat for Jilledubanderu River basin, Anantapur district, A.P, India by using remote sensing and GIS. *Data in Brief*, 20, pp. 1676-1682. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.09.023>.
- Schillaci, C., Braun, A. & Kropáček, J. (2015) Section 2.4.2: Terrain analysis and landform recognition. *Geomorphological Techniques (Online Edition)*, 2, pp. 1-18. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3895.2802>
- Settle, M. (1979) The structure and emplacement of cinder cone fields. *American Journal of Science*, 279, pp. 1089-1107.
- Süzen, M.L. & Toprak, V. (1998) Filtering of Satellite Images in Geological Lineament Analysis: An Application to Fault Zone in Central Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 19, pp. 1101-1114.
- Tibaldi, A. & Ferrari, L. (1991) Multisource Remotely Sensed Data, Field Checks and Seismicity for the Definition of Active Tectonics in Ecuadorian Andes. *International Journal of Remote Sensing*, 12(11), pp. 2343-2358.
- Turoğlu, H. (2016) *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları*. Genişletilmiş Dördüncü Baskı. ISBN 978-975-9060-51-0, Çantay Kitapevi, İstanbul.
- Voldati, T. (1995) Multiple-source Remotely Sensed Data For Lithological and Structural Mapping. *ITC Journal*, 2, pp. 95-113.
- Web 1, E. (2019, 02 28). ArcMap. desktop.arcgis.com: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/curvature.htm>.
- Web 2, M.H. (2019) Lecture on curvatures and landforms (NCSU Geospatial Modeling and Analysis). <https://www.youtube.com/watch?v=slhzzKyRfsl> adresinden alındı.
- Wood, C.A. (1980) Morphometric evolution of cinder cones. *Journal Volcanology Geotherm. Resources*. 7, pp. 387-413.
- Yiğitbaşıoğlu, H. (2000) *Volkanlar. Oluşumları, jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri ile dünyadaki dağılışları*. ISBN 975-94156-0-6, Bilim Yayıncılık, Ankara.