



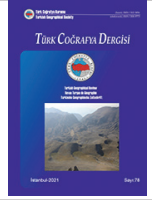
Basılı ISSN 1302-5856

Türk Coğrafya Dergisi

Turkish Geographical Review

www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



Samanlı Dağları'nın jeomorfolojik gelişimine ve uzun dönemli erozyon süreçlerine morfometrik yaklaşım¹

Morphometric approach to the geomorphological development and long-term erosion processes of the Samanlı Mountains²

Barbaros Gönençgil^a Onur Halis^{a*} ^a İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye.

ORCID: B.G. 0000-0001-6535-4481; O.H. 0000-0002-0643-2651

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 12.10.2021

Kabul/Accepted: 13.12.2021

Anahtar Kelimeler:

Samanlı Dağları
Erozyon
Minimum erozyon hacmi
Jeomorfolojik gelişim

Keywords:

Samanlı Mountains
Erosion
Minimum eroded volume
Geomorphological evolution

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(O.Halis) onurhalis@istanbul.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.1008678



Atf/Citation:

Gönençgil, B., & Halis, O. (2021). Samanlı Dağları'nın jeomorfolojik gelişimine ve uzun dönemli erozyon süreçlerine morfometrik yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 109-126.
<https://doi.org/10.17211/tcd.1008678>

ÖZ / ABSTRACT

Jeolojik zaman ölçeğinde drenaj havzaları, yeryüzünün şekillenmesinde rol oynayan etkenlerin karşılıklı ilişkisini kaydeder. Drenaj havzalarına ait analizler ile jeomorfolojik ölçümler arasındaki etkileşim, arazinin geçirdiği evrimi ve süreçleri değerlendirme imkânı sunar. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı morfometrik analizler ve yüzey analizleri kullanılarak, Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda yer alan Samanlı Dağları'ndaki havzaların, uzun dönemli erozyon oranlarını tahmin etmek ve jeomorfolojik görünümde baskın olan farklılığı değerlendirmeye çalışmak bu çalışmanın amacını oluşturur. Bu doğrultuda nitel ve nicel analiz imkanı sunan, swath profil, normalize edilmiş nehir profili, minimum erozyon hacmi, hipsometrik eğri ve integrali, drenaj havza asimetrisi (AF), yüzey engebellenliği ile yüzey indeksi uygulanmış, Samanlı Dağları'nın yakın zamandaki evrimi ve etkili olan süreçler hakkında bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, alçak plato özelliği gösteren Samanlı Dağları'nın orta bölümünde ortalama nehir içbükeylik faktörü 51,11 ve ortalama hipsometrik integral değerleri 0,35'dir. Samanlı Dağları'nın batı (Armutlu Yarımadası) ve doğu bölümlerinde sırasıyla, nehir içbükeylik faktörü ortalama 21,16 ve 25,35 iken, hipsometrik integral değerleri ise ortalama 0,48 ve 0,49 ile orta bölümden daha yüksek değerler ile temsil edilir. Samanlı Dağları'nın batsından itibaren orta bölüme kadar uzanan, D-B uzantılı normal faylar, Esenköy ve Yalova fayı ve doğu bölümünde de yer yer görülen fayların etkisi, yüzey engebellenliği, hipsometrik integral ve yüzey indeksi değerlerinde kabaca D-B yönlü bir hat boyunca görülür. Yüksek derecede gömülmenin işareti olan bu yüzeyler, yüksek lokal rölyef değerleri, eğim kırıkları ve uzun dönemli erozyon oranları bakımından da dikkat çekicidir. Neojenden itibaren Kuzey Anadolu Fayı'nın bölgeye yerleşmesiyle, jeolojik evrimi başlayan Marmara Denizi, kütle üzerindeki akarsular için taban seviyesini oluşturur. Marmara Denizi'nin gelişimiyle, kütle üzerindeki uzun dönemli erozyon da şekillenmiş olmalıdır.

In the geological time scale, drainage basins record the interrelationship of the factors that play a role in the formation of the earth. The interaction between analyzes of drainage basins and geomorphological measurements provides an opportunity to evaluate the evolution and processes of the land. The aim of this study is to estimate the long-term erosion rates of the basins in the Samanlı Mountains and to try to evaluate the dominant difference in the geomorphological appearance by using Geographic Information Systems (GIS) based, morphometric and surface analysis. The swath profile, normalized river profile, minimum eroded volume (Ebulk), hypsometric curve (Hc) and integral (Hi), drainage basin asymmetry (AF), surface roughness and surface index were applied. Thus, it was tried to obtain information about the recent evolution and the processes on the Samanlı Mountains. According to the results obtained, the average river concavity factor of the central part of the Samanlı Mountains, which shows the low plateau feature, is 51.11 and the average hypsometric integral values are 0.35. In the western (Armutlu Peninsula) and eastern parts of the Samanlı Mountains, the river concavity factor is 21.16 and 25.35 on average, respectively. The hypsometric integral values are also represented by higher values than the central part, with an average of 0.48 and 0.49, respectively. The normal faults extending East-West from the west of the Samanlı Mountains to the middle section, the Esenköy and Yalova fault and the effect of faults seen in the eastern part, surface roughness, hypsometric integral and surface index values are seen along a roughly East-West line. These surfaces, which are a sign of a high degree of incision, are also notable for their high local relief values, knickpoint and long-term erosion rates. The Marmara Sea, whose geological evolution has started with the settlement of the North Anatolian Fault in the region since the Neogene, forms the base level for the streams on the mass. With the development of the Marmara Sea, long-term erosion of the mass must have taken shape.

¹ Bu çalışma büyük ölçüde ikinci yazarın yüksek lisans tezinden faydalanılarak oluşturulmuştur.

² This study has been prepared mainly by using the master thesis of the second author.

Extended Abstract

Introduction

There is a very strong effort between tectonic processes that try to create topography and surface processes that tend to tear them down. This situation, which forms the basis of geomorphology studies, also contributes to our understanding of natural processes on a regional or global scale. For example, surface uplift induces fast erosion responses. Structurally weak or deformed zones are affected by erosion, weathering and fluvial processes. Thus, active tectonic analyzes and analyzes covering surface processes allow us to understand erosion processes. The Samanlı Mountains, which form the study area, are located in the southeast of the Marmara Region. The Samanlı Mountains extension ends with the gorge formed by the Sakarya River in the southeast of the Marmara Region. Thus, the Samanlı Mountains extend from Bozburun, which forms the western end of the Armutlu Peninsula in the west, to the Geyve Gorge formed by the Sakarya River in the east. The study area is also bounded by E-W trending faults from the north and south within the North Anatolian Fault Zone. From a geological perspective, the area, which uplift rapidly due to the Pontides and Anatolide-Tauride collisions according to the Apatite fission trace ages, turned into land 41 million years ago. The main tectonic uplift of the Samanlı Mountains occurred when the North Anatolian Fault (NAF) entered the region. The study area has probably been under NAF control for about 5.5 million years. This paper presents the relationship between tectonism and erosion conducted on the Samanlı Mountain. In the Samanlı Mountains Mass, 85 river basins with different areas were determined and their boundaries were deduced. Among these basins, 40 basins other than very small ones were examined in more detail.

Data and Method

In the study, 1/25.000 scaled topography maps provided by the General Directorate of Mapping and data provided by General Directorate Mineral Research and Exploration were used. ArcMap 10.4.1 and QGIS 2.18.20 programs were used in the study. Analyzes were carried out using a digital elevation model with a spatial resolution of 10 m, produced from 1/25,000 scaled digital isohyps. In order to achieve the aim of the study, minimum eroded volume (Ebulk), swath profiles, hypsometric curve (Hc) and integral (Hi), drainage basin asymmetry (AF), river normalized profiles, surface roughness and surface index were applied. Some anomalies obtained were supported by fieldwork.

Results and Discussion

Morphometric analyzes, surface analyzes and field works have shown that the eastern, western and central parts of the Samanlı Mountains have different geomorphological characters. According to the results obtained, the average river concavity factor of the central part of the Samanlı Mountains, which shows the low plateau feature, is 51.11 and the average hypsometric integral values are 0.35. In the western (Armutlu Peninsula) and eastern parts of the Samanlı Mountains, respectively, the river concavity factor is 21.16 and 25.35 on average.

The hypsometric integral values are also represented by higher values than the central part, with an average of 0.48 and 0.49, respectively. Most of the basins on the mass flow into the Marmara Sea. Esenköy and Yalova faults extending from the western end of the Samanlı Mountains in an E-W direction, and the normal faults located in the south of the Izmit Bay, worked as a hanging wall towards the Marmara Sea and affected the erosion rates by changing the slope conditions in the land. While the lands corresponding to the rising block (foot wall) of these faults (e.g. Taz Mountain, Karlık Mountain, Erikli Mountain and Kartepe) show evidence of uplift in swath profiles, they show convex curves in the longitudinal stream profiles, knickpoint and high incision rates. The effects of these faults, Esenköy and Yalova faults and the faults seen in the eastern part, are seen roughly along the East-West line in surface roughness, hypsometric integral and surface index values. These surfaces, which are a sign of a high degree of incision, are also notable for their high local relief values, knickpoint and long-term erosion rates. The basins located on the local faults on the northern slopes, in general are represented by high erosion rates. In addition, the northern slopes of the region are more humid and most of the basins on the mass flow into the Marmara Sea. The differences in geomorphological development and erosion rates highlight the tectonic effect. As a result, the effect of faults is stronger on geomorphological development and erosion rates. Basins 1, 4, 5, 10, 14, 25 and 30 and the block south of Sapanca Lake show evidence of tectonic uplift. The river reacts to this uplifted land and reflects the high incision rates in the surface analysis. As indicated in the swath profiles, normalized river profiles, HI and roughness values map, the western and eastern sections showed evidence of uplift or younger landscape, while the central section, especially the northern slopes, showed a low plateau characteristic.

1. Giriş

Dağlık alanların zaman içerisindeki gelişimini anlamak için tektonik aktivite ve iklim arasındaki ilişki değerlendirilmesi gereken önemli bir yaklaşımdır (Champagnac vd., 2009; Champagnac vd., 2012; Schaller vd., 2018; Rosenkranz vd., 2018). Bu yaklaşım ile Himalaya Dağları'nda tektonizma ve muson yağışları arasındaki ilişkiye bağlı erozyon oranlarının hesaplandığı (Clift vd., 2008; Grujic vd., 2006), Kuzey And Dağları'nda uzun dönemli erozyon oranlarının tektonik aktiviteye bağlı olduğu (García-Delgado vd., 2020) ve İspanya'nın güneydoğusundaki Sierra Nevada'da yüzey yükselmesi ile denüdasyon oranları (Azañón vd., 2015) arasındaki korelasyonları içeren araştırmalar bulunmaktadır. Yüzey yükselmesi ve iklim, erozyonu ve denüdasyonel süreçleri kontrol ettiği gibi litolojik direnç ve vejetasyon da jeomorfolojik süreçleri yorumlarken dikkate alınmalıdır (Whiple & Tucker, 1999; Olen vd., 2016).

Akarsular, arazinin içerisinde bulunduğu durağan, dinamik veya geçiş durumunu yansıtır. Arazi denge durumunda olduğunda, akarsuların boyuna profilleri içbükey, eğimi genellikle düşük, geniş tabanlı vadi özelliği sunarken, tektonizmaya tepki vererek geçiş durumunda olan akarsular ise dışbükey profil ve yüksek eğim özellikleri gösterir (Whittaker vd., 2007). Geçiş durumu, taban seviyesinin alçalması ve tektonik yükselmeye yanıt olarak oluşabilir (Whittaker vd., 2007). Koşulların değişmesine tepki veren akarsular, araziden malzeme taşıyarak kayıplara yol açar. Böylece arazideki deformasyonları kontrol eden fayların

mekânsal dağılımının niteliksel ve nicel araçlarla belirlenmesi, morfometrik indisler ve bunlara ek olarak diğer parametrelerin (iklim, litoloji ve jeomorfoloji) dikkate alınması, erozyonu yönlendiren süreçleri tahmin etmede bütünlük sağlayabilir. Çalışmada bu bütünlüğe dikkat edilerek, Samanlı Dağları'ndaki uzun dönemli erozyon oranlarının tespiti, dağılışı ve erozyon oranlarında etkili olan süreçler ile batı, orta ve doğu bölümünde farklı olan jeomorfolojik görünüm açıklanmaya çalışılmıştır.

1.1. Çalışma Alanına Ait Genel Özellikler

Samanlı Dağları, Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda yer alır (Şekil 1). Çalışma sahasının jeomorfolojik özellikleri incelendiğinde, batı bölümünde dağlık alanlar ve yüksek plato, orta bölümde Karlık Dağı haricinde alçak plato, doğu bölümünde ise yüksek plato ve dağlık alanlar hakim durumdadır. Bilgin (1967) tarafından Samanlı Dağları üç bölüme ayrılmıştır. Batı bölümünü oluşturan Armutlu Yarımadası'nda 1000 metreye varan yükselti, orta bölümde (Orhangazi-İzmit Körfezi arası) 1200 metre üzerine çıkarken, daha doğuda ise doğu bölümünde (Gölcük-İznik hattından Geyve Boğazı'na kadar olan kesim) 1500 metre üzerine çıkar ve Samanlı Dağları'nın zirvesini oluşturan Kartepe (Keltepe) de 1602 metreye ulaşır. Kuzey ve güneyindeki doğu-batı uzantılı çukur sahalar arasında kalan bu yüksek kütle, batıda Marmara Denizi'nin çevrelediği Armutlu Yarımadası'ndan doğu da Geyve Boğazı'na kadar uzanır (Bilgin, 1967).

Apatit fizyon iz yaşlarına göre Pontidler ile Anatolid-Torid çarpışmasına bağlı olarak hızlı bir şekilde yükselen saha, 41 milyon yıl önce kara haline geçmiştir. Daha sonra ise paleocoğrafya koşullarına bağlı olarak Erken Miyosen'de karasal ve volkanik kökenli Neojen çökelleri gelişmiştir (Okay vd., 2020). Çökelim ortam koşullarını oluşturacak karasal koşulların yaşı oldukça geriye gitmesine rağmen, Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) bölgeye sokulması oldukça önemlidir. Bu fay sistemi yaklaşık 1.200 km uzunluğunda, sağ yanal doğrultu atımlı ve batıya doğru hareket eden Anadolu bloğunun kuzey sınırını oluşturur (Ketin, 1969; Şengör, 1979; Şaroğlu & Güler, 2020). Geç Miyosen'de (11 milyon yıl önce), Arabistan ve Avrasya plakasının çarpışmasıyla, Doğu Anadolu da KAF gelişmeye başlamış ve batıya doğru yayılmasıyla, Marmara Bölgesine Pliyosen'de erişmiştir (Şengör vd., 2005; Zattin vd., 2010). Marmara Denizi'nin jeolojik evrimi de Miyosen'de, olasılıkla KAF'nin etkinliğine bağlı olarak Pliyo-Pleistosen'de başlamıştır (McHugh vd., 2008). Özellikle KAF'nin bölgeye ulaşmasıyla, düşey hareketler sonucunda Marmara Denizi Havzası oluşmuş, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile Ege'nin mevcut K-G genişlemeli tektonik rejimi arasındaki etkileşimden kaynaklanan Kuzeybatı Anadolu graben sistemi sular altında kalmıştır. Bu havzanın Akdeniz tarafından sular altında kalması, jeolojik tarihinin başlangıcı olan KAF'nin geliştiği Geç Miyosen'e dayanmaktadır (Okay vd., 2007; Görür, 1997). Erol ve Şencan (1999) tarafından da İzmit Körfezi, Geç Miyosen'den sonra çökmeye başlamış, Samanlı Dağları ile beraber son biçimini Pliyo-Pleistosen'de almıştır. Ertek vd. (2000) tarafında da bu görüş desteklenerek, Marmara Denizi'nin özellikle de Samanlı Dağları'nın kuzey kıyılarında yer alan kıyı taraçalarının Kuvaterner içerisinde yükselmeye maruz kaldığı ve tektonik etkinin bu dönemde de devam ettiği belirtilmiştir. Ardel ve İnandık (1957) tarafından da Marmara Denizi'nin Kuvaterner döneminde son şeklini aldığı belirtilmiştir. Marmara Denizi, Samanlı Dağları'nda yer alan akarsular için taban seviyesini oluşturur. Bu doğrultuda, KAF'nin bölgeye sokulması, uzun dönemli

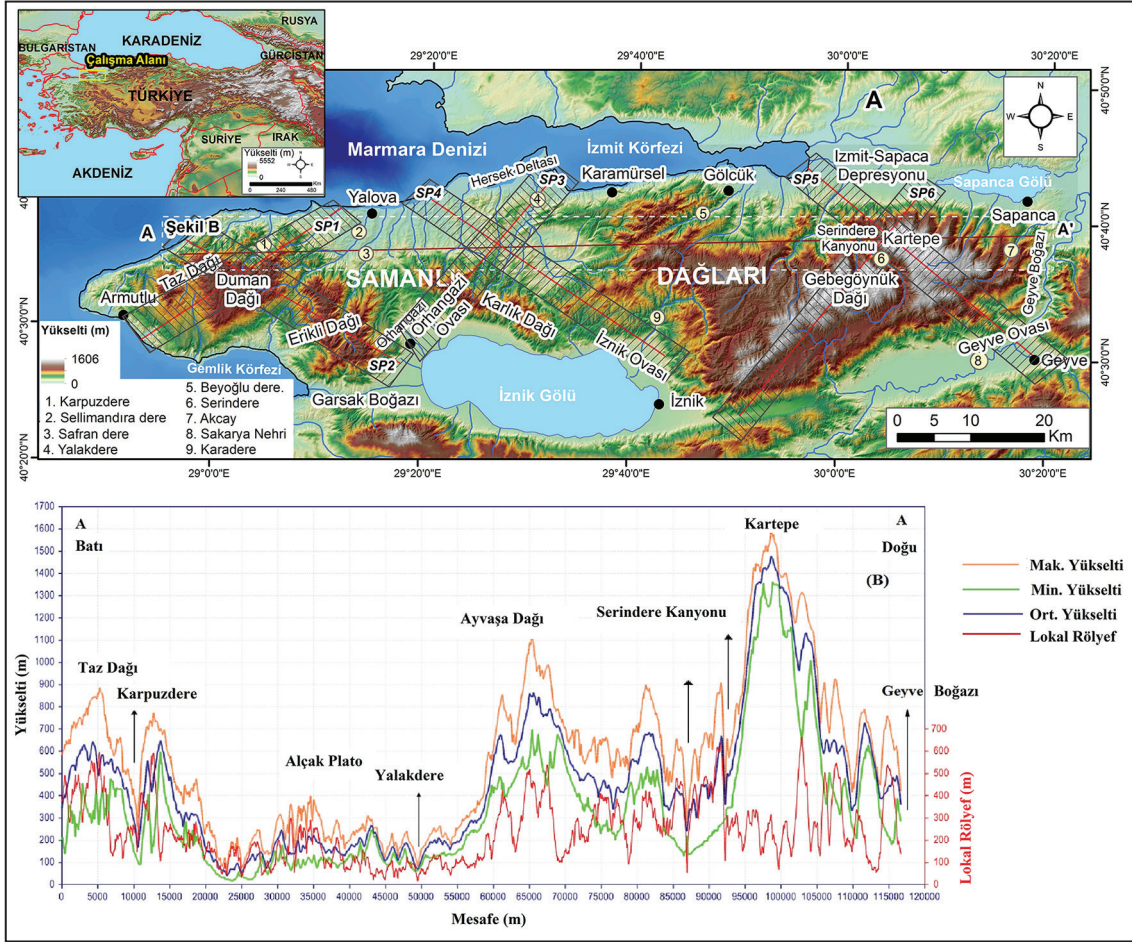
erozyon oranlarını belirlemesi açısından oldukça önemlidir. Kuzey Anadolu Fayı, Samanlı Dağları'nın doğusunda üç kola ayrılır (Yalıtırak, 2015; Koral, 2007). Sapanca Gölü üzerinden İzmit Körfezi ile Marmara Denizi'ne uzanan koridorda, kuzey kolu yer alırken (Yalıtırak, 2015; Şengör vd., 2005;) Geyve Boğazı ile İznik Gölü üzerinden Gemlik'e kadar uzanan koridorda orta kol yer alır (Yalıtırak, 2015). Tartışmalı olan güney kol ise çalışma sahası dışında kalır. Kuzey ve orta kol, Samanlı Dağları'nı kuzey ve güneyden sınırlar. Bu kollarda kuzey kolu, daha aktif olup toplam GPS hızının (23 mm/yıl) %82 kuzey (18 mm/yıl), %9'u orta (2 mm/yıl) kola aittir (Yalıtırak, 2015). İznik Gölü, KAF'nin orta kolu üzerindeki bir çöküntü alanına karşılık gelir (Meriç vd., 2012) ve güneydeki bazı havzalar için İznik Gölü yerel taban seviyesini oluşturur. Doğu da yer alan Sapanca Gölü de KAFZ üzerinde çek-ayır havza olarak gelişmiştir (Gürbüz & Güreer, 2006).

Çalışma sahasının kuzeyinde yer alan ve Miyosen-Pliyosen olgun aşınım yüzeyi özelliği gösteren İstanbul-Çatalca Plato-sundaki yüzey, 200 metrede yer alırken aynı yüzey Armutlu Yarımadası'nda 900 metrelerde, Samanlı Dağları'nın doğu bölümünde ise 1600 metrelerde yer alır. Bu durum bölgenin KAF'a bağlı yükselmiş olduğunu gösterir (Dolu vd., 2007; Koral, 2007). Uzun dönemli erozyon oranları ve jeomorfolojik gelişim açısından, KAF'nin bölgeye sokulma yaşı, oldukça önemlidir.

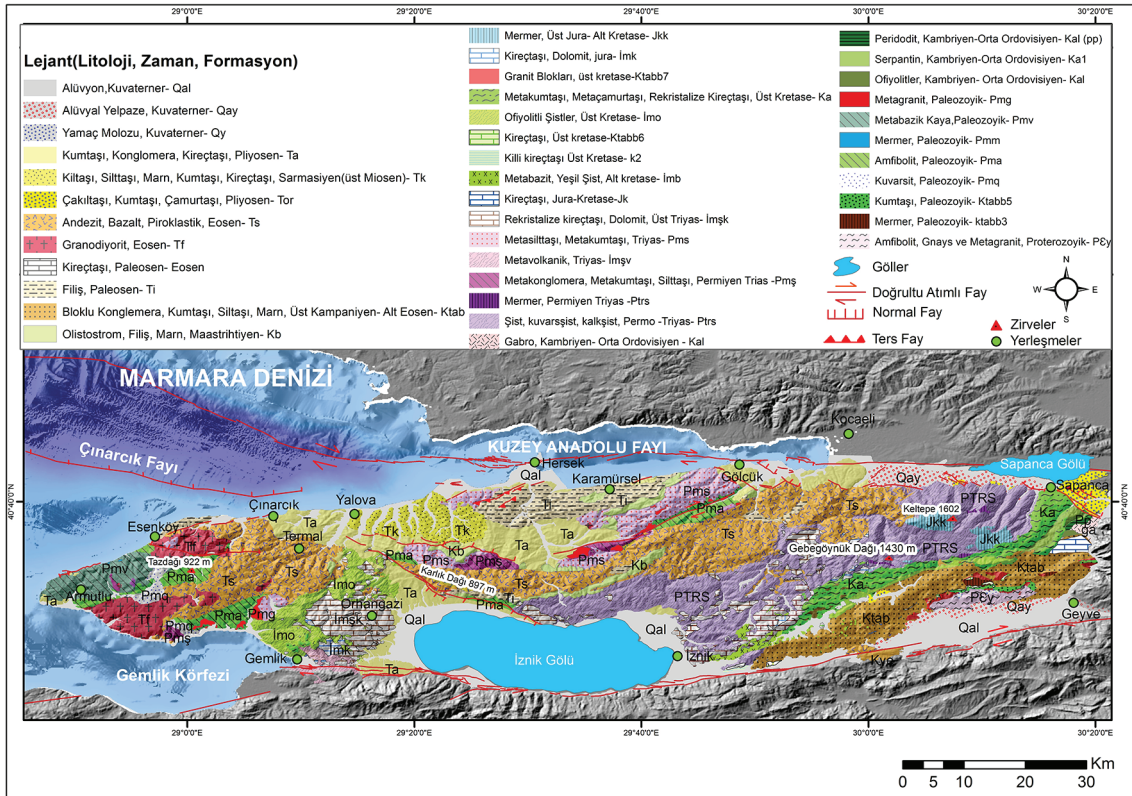
Çalışma alanını oluşturan Samanlı Dağları'nda litolojik birimler; Prekambriyen kaya gruplarından Kuvaterner'e ait alüvyon birimlere kadar yaş ve tür bakımından değişiklik gösterir. Temelde Prekambriyen-Alt Paleozoyik yaşlı olduğu düşünülen Pamukova metamorfite ve daha az metamorfizma gösteren Alt Trias-Kretase yaşlı İznik metamorfite yer almaktadır (Kendir, 2010). Pamukova metamorfite; Paleozoyik-Prekambriyen amfibolitler (Pma) ve bu birimler ile iç içe geçmiş Paleozoyik-Prekambriyen kuvarsitler (Pmq); Karlık Dağı'nın kuzeyindeki Permiyen-Triyas metakonglomeralar, metakumtaşları, silttaşları (Pms) ve Taz Dağı'nın batısında oldukça küçük yüzlekler veren Paleozoyik- Prekambriyen mermerler (Pmm) olarak tanımlanır (Göncüoğlu vd., 1987). İznik metamorfite Sapanca-İznik arasındaki kuşağı kaplar ve üç alt birimden oluşur. Bunlar; şist-mermer birliği, metamorfik olistostromlar ve metavolkanit birliğidir (Göncüoğlu vd., 1987). Gemlik ve Orhangazi kuzeyindeki Üst Kretase'ye ait ofiyolitli şistler (İmo); Orhangazi ve çevresinde dağılım gösteren Üst Triyas rekristalize kireçtaşı ve dolomitler (İmşk) ve Jura dönemine ait kireçtaşı ve dolomit (İmk); İznik Gölü doğusunda Alt Kretase'ye ait metabazit ve yeşil şistler (İmb) İznik metamorfik birliğinin bir parçasını oluştururlar. Bu birim içerisinde dikkat çeken diğer bir birliği ise Maşukiye Grubu (Ptrs) oluşturur. Samanlı Dağları doğusunda özellikle Sapanca, İznik ve Pamukova arasında yaygın yüzlekler veren şist, kuvarşist, kalkışist, mermer gibi bu başkalaşım kayalar topluluğu İznik metamorfik topluluğunun geniş bir parçasıdır (Erturaç, 2018). Samanlı Dağları'nın orta bölümleri ve özellikle kuzey yamaçlarında Paleojen, Neojen ve Kuvaterner birimleri yaygın olarak dağılışı gösterir (Şekil 2).

2. Materyal ve Metot

Çalışmanın veri kaynaklarını 1/25.000 ölçekli topografya haritaları ile 1/25.000 ölçekli jeoloji haritaları ve 1/250.000 ölçekli diri fay haritaları oluşturur. Çalışma da, ArcMap 10.4.1 ve QGIS 2.18.20 programları kullanılmıştır. Analizler, 1/25.000 ölçekli sayısal izohipslerden üretilen ve 10 metre yersel çözünürlüğe



Şekil 1. (A) Çalışma alanı ile birlikte ana akarsular ve swath profillerinin lokasyonu (SP); (B) Samanlı Dağları'nın D-B swath profilinin maksimum, minimum, ortalama ve lokal rölyefine ait topografik eğilimini gösterir.
 Figure 1. (A) The location of the main streams and swath profiles (SP) with the study area; (B) Shows the topographical trend of the E-W swath profile of the Samanlı Mountains according to maximum, minimum, mean and local relief.



Şekil 2. Samanlı Dağları'nın genelleştirilmiş jeolojisi haritası (Göncüoğlu vd., 1987; Kendir, 2010; Erturaç, 2018'den yeniden çizilmiştir ve fay verileri MTA Genel Müdürlüğü, 2021 göre düzenlenmiştir).
 Figure 2. Generalized geological map of Samanlı Mountains (rearranged from Göncüoğlu vd., 1987; Kendir, 2010; Erturaç, 2018 and fault data is retrieved from MTA Genel Müdürlüğü, 2021)

sahip, sayısal yükseklik modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Samanlı Dağları Kütlesi'nde farklı alanlara sahip 85 akarsu havzası belirlenip, sınırları çıkarılmıştır. Bu havzalar içerisinde küçük havzalar dışında seçilen 40 havza ise daha detaylı incelenmiştir. Araziye ait çeşitli analizleri içeren minimum erozyon hacim tahmini (Ebulk), swath profiller, hipsometrik eğri (Hc) ve integrali (Hi), drenaj havza asimetrisi (AF), normalize edilmiş nehir profili, yüzey engebeliliği ve yüzey indeksi uygulanmıştır. Son olarak literatürdeki mevcut çalışmalar ve analizler sonucunda, havzaların jeomorfolojik durumu ve havzaları etkileyen süreçler hakkında yorum ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu değerlendirmeler, Samanlı Dağları Kütlesi'ni batı, orta ve doğu bölümü olmak üzere 3 bölüme ayırıp, cephe yönleri de dikkate alınarak yapılmıştır. Saha çalışmaları ise, 3 bölümü örneklendirmesi amacıyla, batı, orta ve doğu bölümlerinde gerçekleştirilmiştir.

3. Analizler ve Bulgular

3.1. Morfometrik Analizler

Morfometri; arazinin nicel ölçümü olarak tanımlanır. Morfometrik analizler, arazinin uzun veya kısa dönemli tektonik aktiviteye ve iklim değişikliğine tepkisini ölçmek, farklı yer şekillerini karşılaştırmak, çeşitli jeomorfolojik parametreleri hesaplamak ve bir alanın belirli bir özelliğini tanımlaması açısından önemlidir (Strahler, 1952; Keller & Pinter, 2002; Azañón vd., 2015, Perez-Pena vd., 2016; García-Delgado vd., 2020). Bu çalışmada, sahanın genel özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak ve istenilen amaca ulaşılabilmesi için yüzey analizi ve morfometrik analizler uygulanmıştır.

Swath Profiller ve Normalize Edilmiş Nehir Profili; Swath profili ve boyuna nehir profili arazinin uzun veya kısa dönemli evriminin ölçülmesi bakımından en çok kullanılan analizlerden biridir. Swath profili ve normalize edilmiş nehir profili, Perez-Pena vd. (2016) tarafından önerilen, SwathProfiler ve NProfiler add-in yapıları, ArcMap programı üzerinden gerçekleştirilmiştir. SwathProfiler eklentisi, bir alan veya bant içindeki topografya-yı şu şekilde analiz etmeye izin verir; maksimum-minimum-ortalama yükseklikleri, birinci (Q1) ve üçüncü çeyreği (Q3), lokal rölyefi ve hipsometriyi. THi^* enine bir hipsometrik integral analizidir ve bu tarz grafiklerde önemli bilgiler sunar (Perez-Pena vd., 2016). Swath profilleri, istatistiksel olarak maksimum, minimum ve ortalama topografik yükseltiyi her kesit için çıkarabilir. Ortalama yükselti, arazinin genel topografik eğilimini swath profili içinde yansıtan iyi bir yaklaşımdır ancak maksimum ve minimum yükselti dikey yönde alan profilinde arazideki farklılığın bilgisini verebilir. Bunlara ek, diğer parametreler olan lokal relief (maksimum-min. yükselti arasındaki fark) ya da Q1 ve Q3 topografik farklılığı tanımlayabilir. Genel olarak durağan alanlar olarak havzalar ya da platolar ve az ile orta düzeyde yarılan platolar, lokal relief için düşük değerler verirler, tüm çizgiler buralarda birleşir. Tersine, yüksek lokal rölyef ve swath profilinde çizgiler arasındaki geniş farklılıklar, dağ sıraları ve yüksek şekilde parçalanmış, yüksek yarılmalara veya yükselmeye maruz kalmış arazilerle karakterize olacaktır (Perez-Pena vd., 2016).

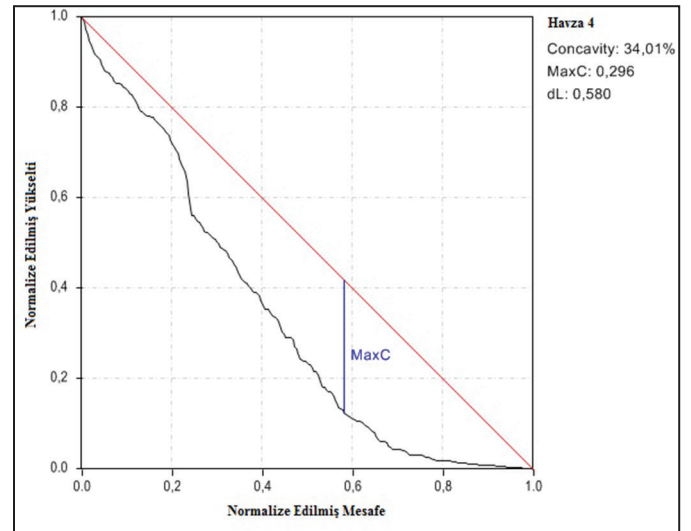
Belirgin olarak çoğu arazideki swath profilde, ortalama yükselti minimum yükseltiye, maksimum yükseltiden daha yakın olacaktır. Eğer ortalama yükselti maksimum yükseltiye yaklaşırsa bu yukarı yaklaşma, yüksek derecede yükselme (uplift)

durumuna geçişin göstergesi olabilir (Keller & Pinter, 2002; Perez-Pena vd., 2016). HI değerleri 1'e yakın olduğunda ortalama yükselti maksimum yükseltiye yakındır ve böylece genç geçiş arazisi olarak tanımlanır. Aksine, HI değerleri 0'a yakın ise olgun bir araziye işaret eder ve ortalama yükselti minimum yükseltiye daha yakındır (Perez-Pena vd., 2016). Ancak hipsometrik değerler genelde 0,2 altına ve 0,8 üzerine oldukça nadir olarak çıkar. Bu nedenle Perez-Pena vd. (2016) tarafından HI değerleri 0,2 ile 0,8 arasında yeniden ölçeklendirilerek bir alan profili boyunca, enine hipsometri indeksi (THi^*) olarak aşağıdaki denklem kullanılmıştır (1):

$$HI^* = \frac{(HI - 0.2)}{0.8 - 0.2} \quad (1)$$

$$THi^* = (HI^* - 0.5)w_i + 0.5$$

Homojen bir litoloji üzerinde akış gösteren akarsulara ait profiller, içbükey şekilli olup kaynak alanlarında daha yüksek eğime ve ağız kısmında ise daha yumuşak eğime sahiptir. Çökme ve erozyonun dengede olduğu bir akarsu sisteminde, dengenin bozulması durumunda akarsu eğim kırıklığı olarak bilinen nehir profil noktaları geliştirecektir ve boyuna profil ile içbükeylik de değişimler olacaktır. Akarsu boyuna profilleri, akarsuyu kontrol eden faktörlerdeki değişiklikleri (litoloji, iklim ve tektonizma gibi) belirlemek için kullanılır (Hayakawa & Oguchi, 2009; Perez-Pena vd., 2016; Rosenkranz vd., 2018). NProfiler eklentisi, uzunlaşmasına normalleştirilmiş nehir profillerini ve bunlarla ilgili normalleştirilmiş içbükeylik (CT), maksimum içbükeylik (Cmax) ve uzunluk olarak maksimum içbükeylik (Lmax) bilgileri elde etmeye izin verir (Perez-Pena vd., 2016) (Şekil 3).



Şekil 3. Samanlı Dağları'ndaki 4 numaralı havzaya ait normalize edilmiş nehir profili. CT: %34,01 (içbükeylik), Max C: 0,296 (maksimum içbükeylik) ve Lmax: 0,580 (uzunluk olarak maksimum içbükeylik) değerleriyle temsil edilmiştir.

Figure 3. Normalized river profile of stream in basin number 4 in Samanlı Mountains. CT: 34,07% (concavity), Max C: 0,296 (maximum concavity) and Lmax: 0,580 (maximum concavity in length) represented by the values.

Hipsometrik eğri; yükseltinin arazideki dağılımını ifade eder ve ölçek aralığı bir drenaj havzasından tüm dünyayı kapsayacak şekilde değişiklik gösterebilir (Keller & Pinter, 2002). Diğer bir ifadeyle kara yüzeyindeki yüksekliklerin dağılım frekansını verir. Eğri, toplam havza alanının (rölatif alan- a/A) havzanın toplam yükseltisi (rölatif yükselti h/H) oranına bağlı olarak

oluşturulur (Keller & Pinter, 2002). Strahler (1952)'e göre integral gençlik aşamasında dışbükey bir eğri oluşturur ve havzalar derin şekilde yarılmış engebeli topografya ile temsil edilir. Denge durumunda yani olgunluk aşamasında "S" formunda bir eğri, yaşlılık aşamasında ise içbükey eğriler oluşturduğunu belirtmektedir. Böylece arazinin erozyon aşamasıyla korelasyonu sağlanabilir. *Hipsometrik integral*; hipsometrik eğriye ait şekli karakterize etmenin basit yoludur. Integral, hipsometrik eğri altındaki alanı tanımlar (Strahler, 1952).

Yüzey Analizi; yükseltilmiş bir yüzeyin aynı anda korunmuş ve aşınımına uğramış kısımlarını haritalandırmak için yüzey analizi (SI) uygulanır (Andreani vd., 2014). Hipsometrik integral (HI), aşağıdaki denklem kullanılarak (2) belirli bir alan için hesaplanabilir (Pike & Wilson, 1971).

$$HI = \frac{H_{mean} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}} \quad (2)$$

Yüzey engebelleliği; jeomorfolojide topografik ya da arazi engebelleliği olarak da adlandırılan yüzey engebelleliği, iki boyutlu düz bir yüzeyin, yükselti ve eğime sahip üç boyutlu bir yüzeye oranı olarak ifade edilir. Yüzey engebelleliği, Andreani vd. (2014) tarafından önerilen denkleme göre (3) hesaplanmıştır. Burada (SR) yüzey engebelleliğini, (TS) topoğrafik yüzeyi ve (FS) düz yüzeyi ifade eder.

$$SR = \frac{TS}{FS} \quad (3)$$

Yüzey indeksi, hipsometrik integral, yüzey engebelleliği ve sayısal yükselti modelinin kombinasyonları kullanılarak aşağıdaki denkleme (4) göre üretilir.

$$SI = \left(\frac{HI - HI_{min}}{HI_{max} - HI_{min}} \right) \times \left(\frac{h - h_{min}}{h_{max} - h_{min}} \right) - \left(\frac{SR - SR_{min}}{SR_{max} - SR_{min}} \right) \quad (4)$$

SI; hipsometrik integral (HI), yükselti (h) ve engebelleğin (SR) her raster verisi için minimum ve maksimum oranlar kullanılarak dönüştürülen piksellerin değerlerini temsil eder. Pozitif SI değerleri zayıf gömülmelere (yüksek hipsometrik integral ve düşük yüzey pürüzlülüğü ile karakterize edilen) negatif SI değerleri ise parçalanmış yüzeyleri, taban seviyesi ve tektonik etkilere tepki olarak yüksek gömülme derecelerini yansıtır (Andreani vd., 2014).

Minimum Erozyon Hacmi (E_{bulk}), enterflüvler boyunca oluşan düz yüzeyler, sahanın aşınmadan önceki yüzeyine karşılık gelen relikt yüzeyler olarak önerilebilir ve bu basit yapılandırma sonrasında aşınım öncesi yüzey ile güncel yükselti verisi arasından minimum erozyon hacmi hesaplanabilir (Menéndez vd., 2008; Rosenkranz vd., 2018). Her akarsu havzasının güncel yükselti verisi yardımıyla, sırt hatlarına karşılık gelen yükseltilere nokta ataması yapılarak, aşınım öncesi yüzeye ait katman oluşturulur. Oluşturulan katman deleunay üçgenleme ile sayısal yükselti modeline (SYM) dönüştürülerek, aşınım öncesi yüzey elde edilebilir. Aşınım öncesi yüzey ile güncel SYM verisi birbirlerinden çıkarılarak, elde edilen değer, SYM çözünürlüğü ile çarpılmış, m³ cinsinden elde edilen değer km³'e çevrilmiştir. Böylece uzun dönemli malzeme kaybı hesaplanabilir.

Drenaj Havzası Asimetri Faktörü (AF), akarsu havzalarında drenajın simetri ve asimetri özelliği göstermesinde, havzayı et-

kileyen tektonik rejimin rolü büyüktür. Bu etkiyi belirleme de drenaj havzası asimetrisi (AF) kullanılan yöntemlerden birisidir (Keller & Pinter, 2002) ve aşağıdaki formüle (5) göre hesaplanır:

$$\text{Asimetri Faktörü (AF)} = 100 (Ar/At) \quad (5)$$

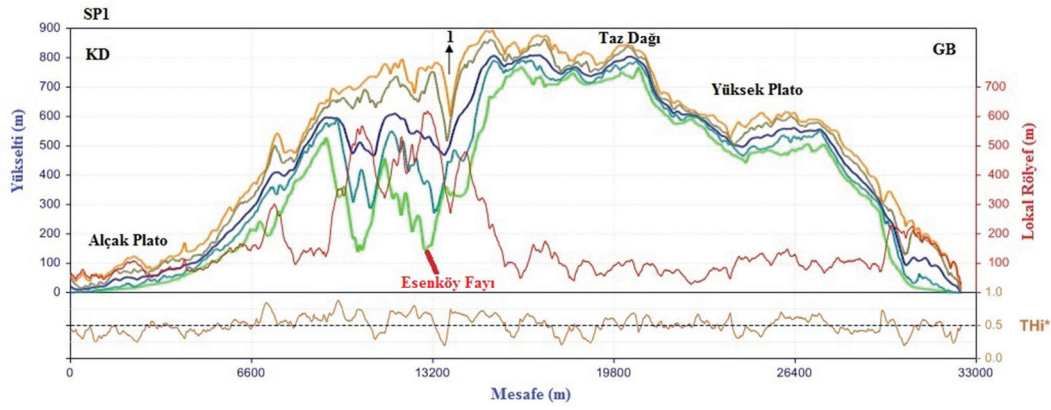
Burada (Ar) havzanın akış yönünde kalan sağdaki alanı, (At) ise havza alanını kapsar. Duraylı bir havza da AF değeri 50 iken, AF değeri < 50 veya > 50 olması havzanın çarpıldığını gösterir.

3.2. Bulgular

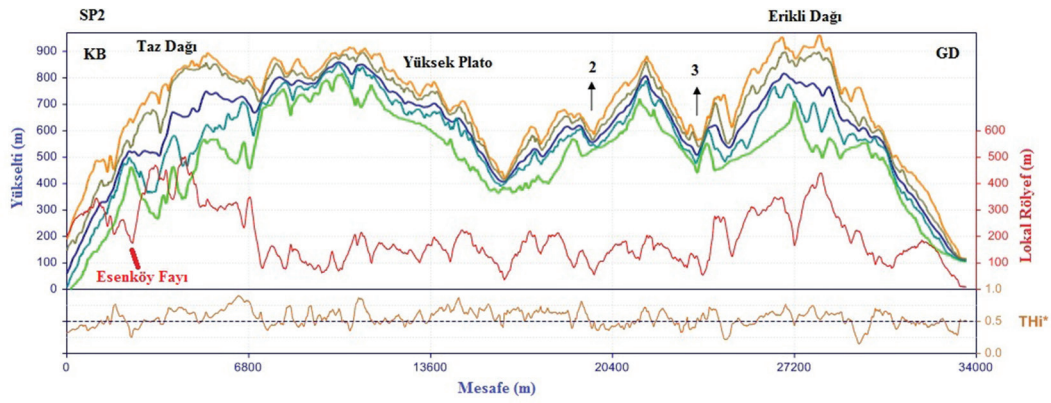
Samanlı Dağları'nda D-B yönlü swath profili incelendiğinde, yüksek lokal rölyef değerlerinin batı ve doğu bölümünde, en düşük değerlerin ise orta bölümde (alçak plato sahası) yer aldığı görülür (Şekil 1). Genel olarak durağan alanlar, az ile orta düzeyde yarılmış platolar lokal rölyef için düşük değerler verir ve tüm çizgiler bu sahalarda birleşir (Perez-Pena vd., 2016). Swath profilinde yüksek lokal rölyef değerleri genel olarak dağlık bölgeler ile uyumludur. Yüksek lokal rölyef ve swath profilinde görülen geniş farklılıklar dağ sıraları ve yüksek şekilde parçalanmış, yüksek yarılmalara veya yükselmeye maruz kalmış arazilere karşılık gelmektedir (Perez-Pena vd., 2016).

Samanlı Dağları'nın batı bölümünde SP1 (swath profil) profilinde, özellikle KD tarafında alçak platoluk sahadan hemen sonra, ortalama yükseltinin maksimum yükseltiye daha yakın olduğu ve Taz Dağları zirvesinden sonra, ortalama yükseltinin minimum yükseltiye yaklaştığı görülür. Yine aynı şekilde SP2 profilinde, genel itibarıyla kuzeye dönük (KB yönü) yamaçlarda ortalama yükseltinin maksimum yükseltiye daha yakın olduğu, yüksek platoyu aştıktan sonra ortalama yükseltinin minimum yükseltiye yaklaştığı ve ayrıca düşük lokal rölyef değerlerinin de bu hat boyunca uzandığı dikkati çeker (Şekil 4 ve 5). Eğer ortalama yükselti maksimum yükseltiye yaklaşırsa, bu yukarı yaklaşma daha yüksek arazinin, yükselme durumuna geçişinin göstergesi olabilir (Keller & Pinter, 2002). Bu sapmalar hipsometrik integral (HI) değerleriyle de incelenebilmektedir. HI değerleri 1'e yaklaştıkça, ortalama yükselti maksimum yükseltiye yakın ve genç geçiş arazisi olarak tanımlanır. Aksine HI değerleri 0'a yakın ise olgun bir araziye işaret eder ve ortalama yükselti minimum yükseltiye yakındır (Perez-Pena vd., 2016). Bu değerler transverse hipsometrik integral (THi*) olarak hesaplanmıştır. Taz Dağı ile yüksek plato arasında, THi* değerleri 0,5'in üzerinde uzanış gösterir. Bu değerler, SP1 profilinde alçak platodan sonra Taz Dağının yükselmeye maruz kaldığını, yine SP2 profilinde de özellikle Esenköy Fayından GD'ya doğru maksimum THi* değerleri görülürken, Taz Dağı ile yüksek plato arasında lokal olarak yükseltilerin olduğu yorumunu güçlendirmektedir. Profiller boyunca yükselimin bir diğer işareti ise Erikli Dağı'nda görülmektedir (Şekil 5). SP3 ve SP4'de, THi* değerleri Samanlı Dağları'nın orta bölümünde bazı lokal yükselmeler haricinde 0'a daha yakındır (Şekil 6 ve 7). Bu durum orta bölümün yakın bir zaman da yükselme geçirmediğinin göstergesi olarak yorumlanabilir. SP5'de ise Samanlı Dağları'nın zirvesine karşılık gelen Kartepe'de (yüksek plato) THi* değerlerinin 1'e yaklaştığı dikkati çeker (Şekil 8).

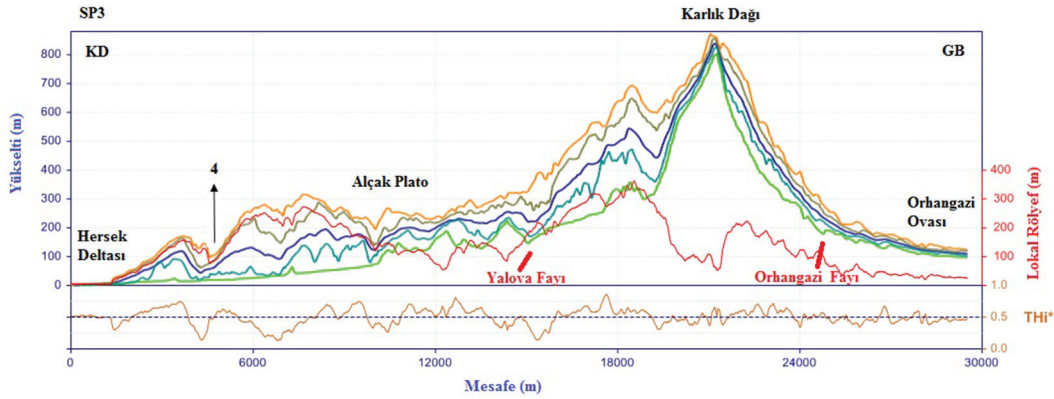
SP6'da tüm çizgilerin birleştiği kısım, Serindere'ye karşılık gelir (Şekil 9). Yüksek bir plato özelliği gösteren Kartepe ve Gebegöynük Dağı arasında yükselen bu sahaya, akarsu gömülmüş ve kanyon oluşturmıştır (Fotoğraf 1).



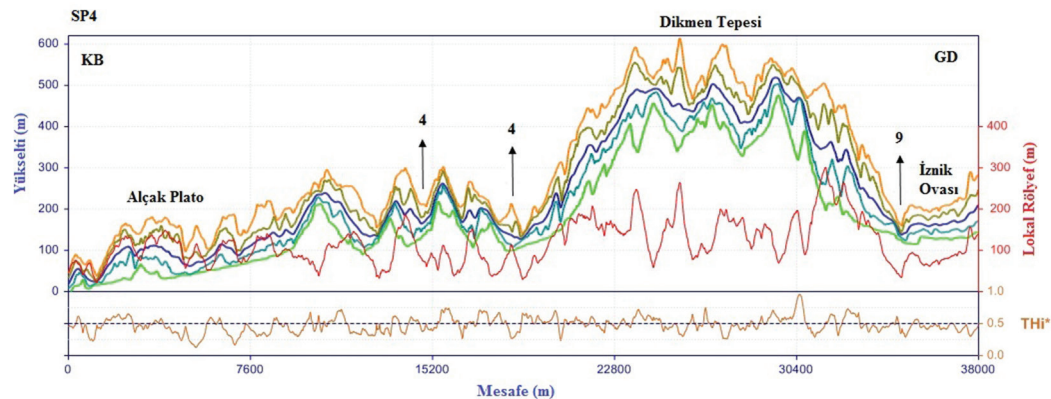
Şekil 4. Samanlı Dağları'nın batı bölümündeki SP1 swath profilinin maksimum, minimum, ortalama, lokal rölyef ve THI*'ye ait topografik eğilimi.
Figure 4. Topographic trend of the SP1 swath profile in the western part of Samanlı Mountains for maximum, minimum, mean, local relief and THI*.



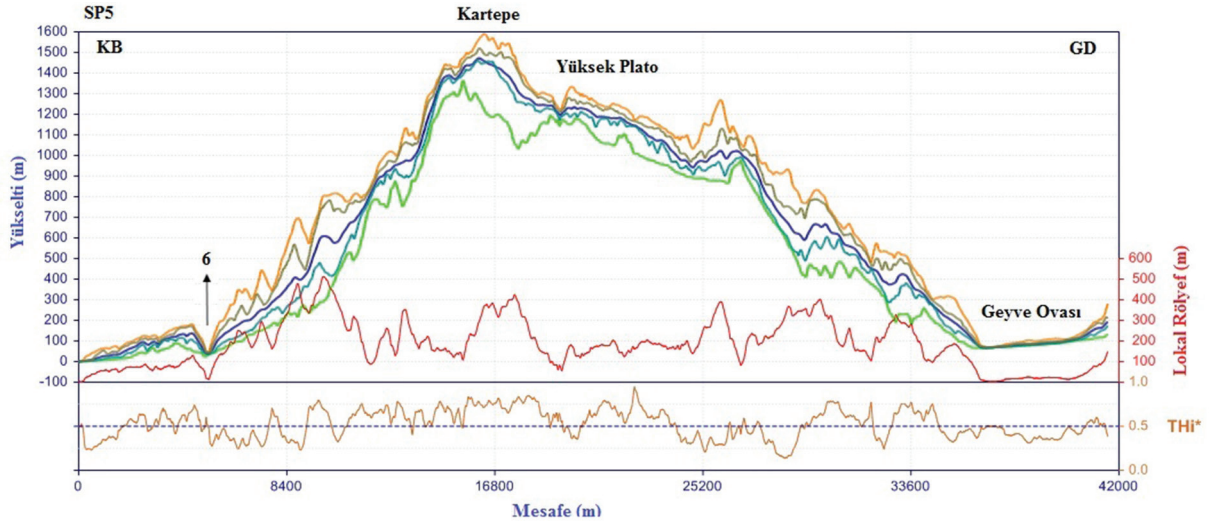
Şekil 5. Samanlı Dağları'nın batı bölümündeki SP2 swath profilinin maksimum, minimum, ortalama, lokal rölyef ve THI*'ye ait topografik eğilimi.
Figure 5. Topographic trend of the SP2 swath profile in the western part of Samanlı Mountains for maximum, minimum, mean, local relief and THI*.



Şekil 6. Samanlı Dağları'nın orta bölümündeki SP3 swath profilinin maksimum, minimum, ortalama, lokal rölyef ve THI*'ye ait topografik eğilimi.
Figure 6. Topographic trend of the SP3 swath profile in the central part of Samanlı Mountains for maximum, minimum, mean, local relief and THI*.

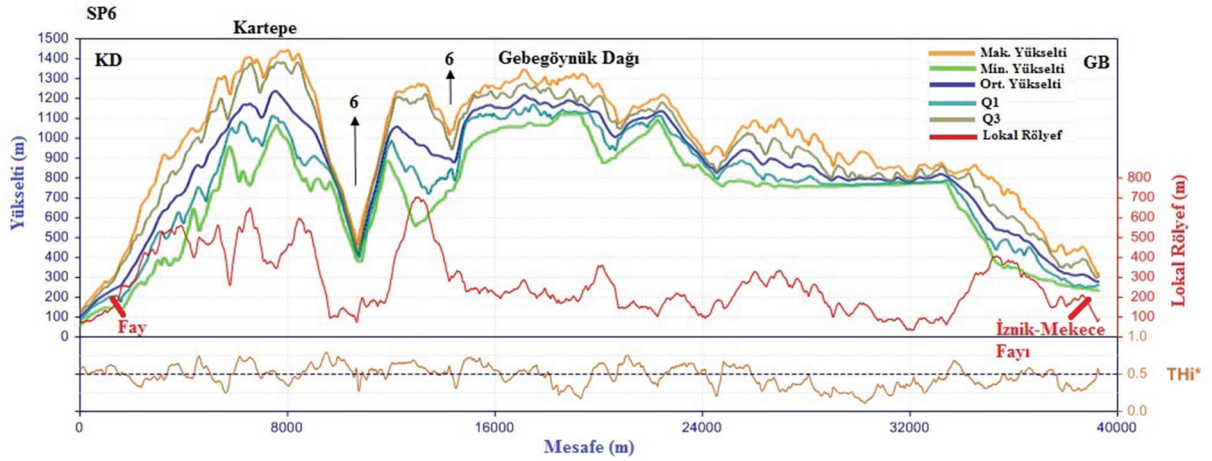


Şekil 7. Samanlı Dağları'nın orta bölümündeki SP4 swath profilinin maksimum, minimum, ortalama, lokal rölyef ve THI*'ye ait topografik eğilimi.
Figure 7. Topographic trend of the SP4 swath profile in the central part of Samanlı Mountains for maximum, minimum, mean, local relief and THI*.



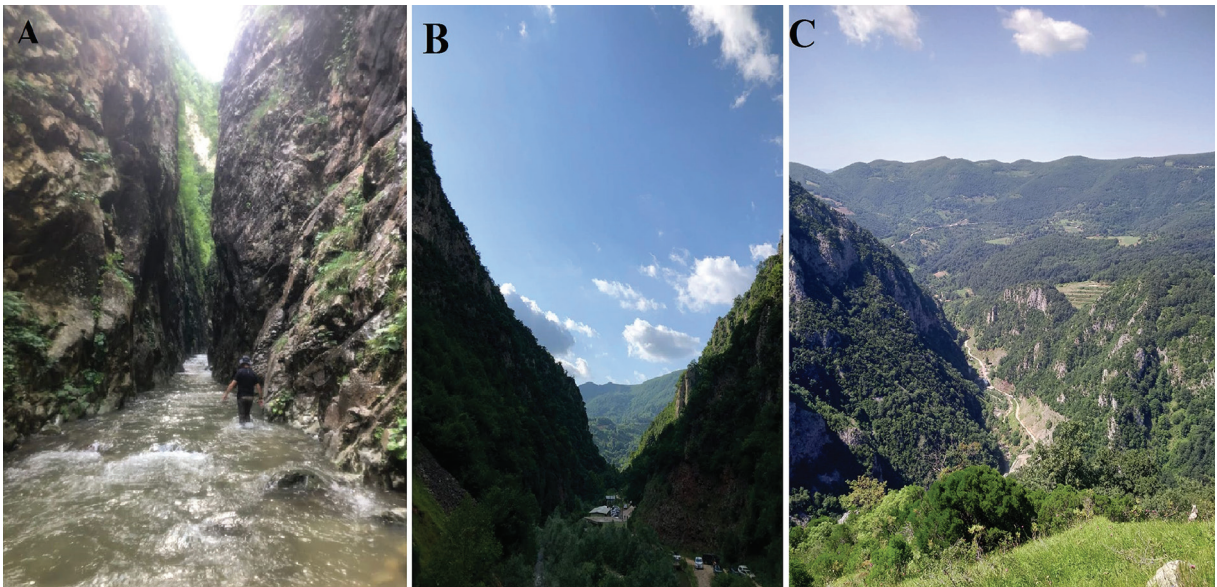
Şekil 8. Samanlı Dağları'nın doğu bölümündeki SP5 swath profilinin, maksimum, minimum, ortalama, lokal rölyef ve Thi*'ye ait topografik eğilimi (6 numara ile gösterilen akarsu, Serindere'nin aşağı kesimindeki Kirazdere'yi temsil eder).

Figure 8. Topographic trend of the SP5 swath profile in the east part of Samanlı Mountains for maximum, minimum, mean, local relief and Thi* (The stream indicated with the number 6 represents Kirazdere in the lower part of Serindere).



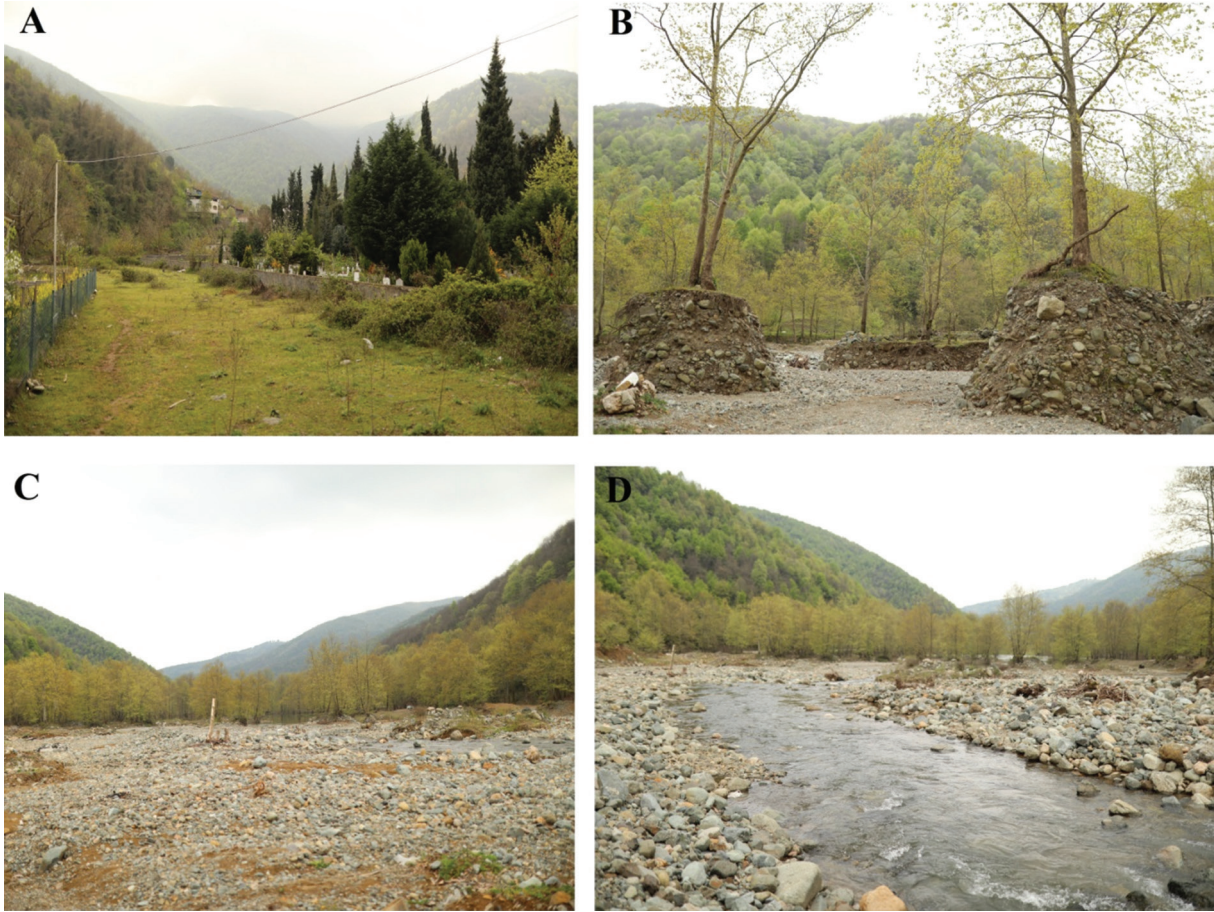
Şekil 9. Samanlı Dağları'nın doğu bölümündeki SP6 swath profilinin, maksimum, minimum, ortalama, lokal rölyef ve Thi*'ye ait topografik eğilimi.

Figure 9. Topographic trend of the SP6 swath profile in the east part of Samanlı Mountains for maximum, minimum, mean, local relief and Thi*.



Fotoğraf 1. (A) Serindere kanyon girişi, (B) V şekilli vadi içerisinde akış gösteren Serindere ve derin bir şekilde yarılmış topografya, (C) Kızılesinden Serindere vadisine bakış.

Photo 1. (A) Serindere canyon entrance, (B) Serindere flowing in a V-shaped valley and deeply incised topography and (C) View of Serindere valley.



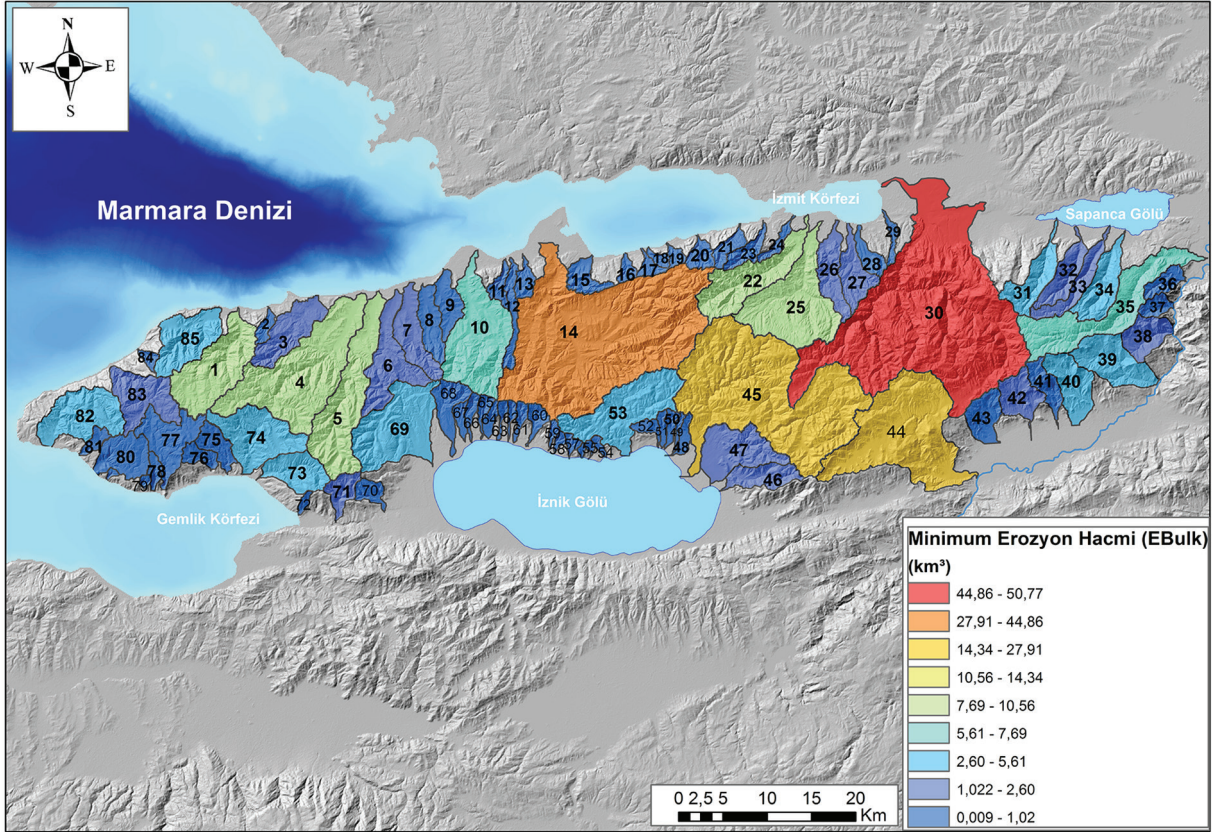
Fotoğraf 2. (A) Karpuzdere vadisine bakış, (B) Esenköy Fayından sonra eğimin azalmasına bağlı olarak kötü boylanmış depolar, (C) vadi tabanının genişlediği kesimlerde belirli bir derecelenme göstermeyen akarsu çökelleri, (D) Kuzey yönde, Marmara Denizi'ne doğru akan Karpuzdere.

Photo 2. (A) View of the Karpuzdere valley, (B) poorly sorted deposits due to the decrease in slope after the Esenköy Fault, (C) poorly graded fluvial deposits in the widened sections of the valley floor, (D) Flow towards the Marmara Sea in the north direction.

Uzun dönemli erozyon oranları bakımından normalize edilmiş minimum erozyon hacmi (Ebulk) $7830000000/10^9$ ile km^3 olarak hesaplanmıştır (Tablo 1 ve şekil 10). Buradaki ilk değer m^3 olarak elde edilen değer olup bu değer km^3 olarak dönüştürülmüştür. Uzun dönemli erozyon oranları genelde D-B ve KD-GB uzanımlı normal fay, ters fay ve doğrultu atımlı faylar gibi kritik zonlarda ve de tektonik olarak SP profillerinde yükselmenin delilleri olan havzalarda, kuzey yamaçlarda bulunmaktadır (Halis, 2020). Bu duruma, yüksek oranda erozyon değerleriyle 1 numaralı ve 30 numaralı havzalar örnek oluşturur (Fotoğraf 1 ve 2). Uzun dönemli erozyon oranlarının bu şekilde dağılım göstermesi, García-Delgado vd. (2020) ve Azañón vd. (2015) gibi araştırmacıların farklı aktif tektonik sahalarda yapmış oldukları çalışmalar ile benzerdir. THi^* değerlerinin işaret ettiği gibi, SP6 profilinde Serindere'de maksimum, ortalama, minimum, Q1 ve Q3 değerleri bir hat boyunca birleşmiş, bunlara ek olarak, Serindere (6 numara ile gösterilen akarsu, bu akarsu kollarıyla birlikte SP5 ve SP6'da gösterilmiştir) çevresinde THi^* değerleri 1'e yaklaşmıştır. Yükselme ve gömülmelere işaret eden bu değerler, Samanlı Dağları'nda 30 numaralı havza ile en yüksek erozyon oranına sahiptir (Fotoğraf 1). Esenköy Fayının güneydoğusunda, SP2'de görülen yükselme delilleri ve ayrıca fayın havzada oluşturduğu kısa mesafede değişen eğim değerleri, 1 numaralı havzada da yüksek oranda erozyona yol açmıştır (Fotoğraf 2 ve 3). Genelde uzun dönemli erozyon oranlarının düşük olduğu sahalarda ise Armutlu Yarımadası'nın güneyinde kalan metamorfik birimlerin ve derinlik kayalarının yer aldığı havzalara karşılık gelir.

Uzun dönemli erozyon oranlarını kontrol eden faylar ve yükselmelere tepki veren akarsular, arazide yüksek engebелilik oranları oluşturmuştur. Swath profilinde lokal rölyefin düşük değerler gösterdiği sahalarda (SP1 profilinde 1 numaralı akarsu, SP2 profilinde yer alan 2 ve 3 numaralı akarsular, Karlık Dağı ve SP6'da yer alan 6 numaralı akarsu) ki bu alanlar lokal gömülmelere karşılık gelip engebелilik değerler haritasında, yüksek engebелilik oranları ile temsil edilir. Armutlu Yarımadası'nın kuzey yamaçlarında ve Karamürsel'den Geyve Boğazı'na kadar olan bölümde engebелilik oranları 1, 4, 5, 14, 22, 25, 30, 31, 34 ve 35 numaralı havzalar da yüksektir ve bu durum uzun dönemli erozyon oranları ile de uyumludur (Şekil 11). Batı ve doğu bölümlerinde not edilen bu yüksek engebелilik değerleri, Samanlı Dağları'nda D-B uzanımlı, Esenköy (EF), Yalova (YF), Orhangazi Fayları (OF), Yalakdere Fayı (YDF) ve doğu bölümünde de devam eden faylar ve de yükselmelere bağlı olarak buradaki akarsuların etkinliği doğrultusunda şekillenmiştir (Halis, 2020). Bu dinamik koşullar, drenaj havzalarında eğim kırıklıkları da oluşturmuştur (Şekil 13). Buna karşılık, düz alanlarda ve litolojik olarak direnç gösteren sahalarda (Kartepe ve Taz Dağları) düşük engebелilik değerleri görülür. Yüzeysel engebелilikteki minimum değerler, düşük lokal gömülmelere karşılık gelir (Andreani vd., 2014).

Hipsometrik integral de en düşük değerler, genelde drenajın iyi geliştiği sahalarda ile uyumludur ve bu sahalarda yüksek oranda gömülmeleri içerir. Serindere, Akçay Nehri, Karpuzdere, Yalakdere Fayıyla uyumlu olarak uzanan Beyoğlu Deresi ve Sakarya Nehri'nin açtığı Geyve Boğazı bunlara örnek verilebilir. Genel

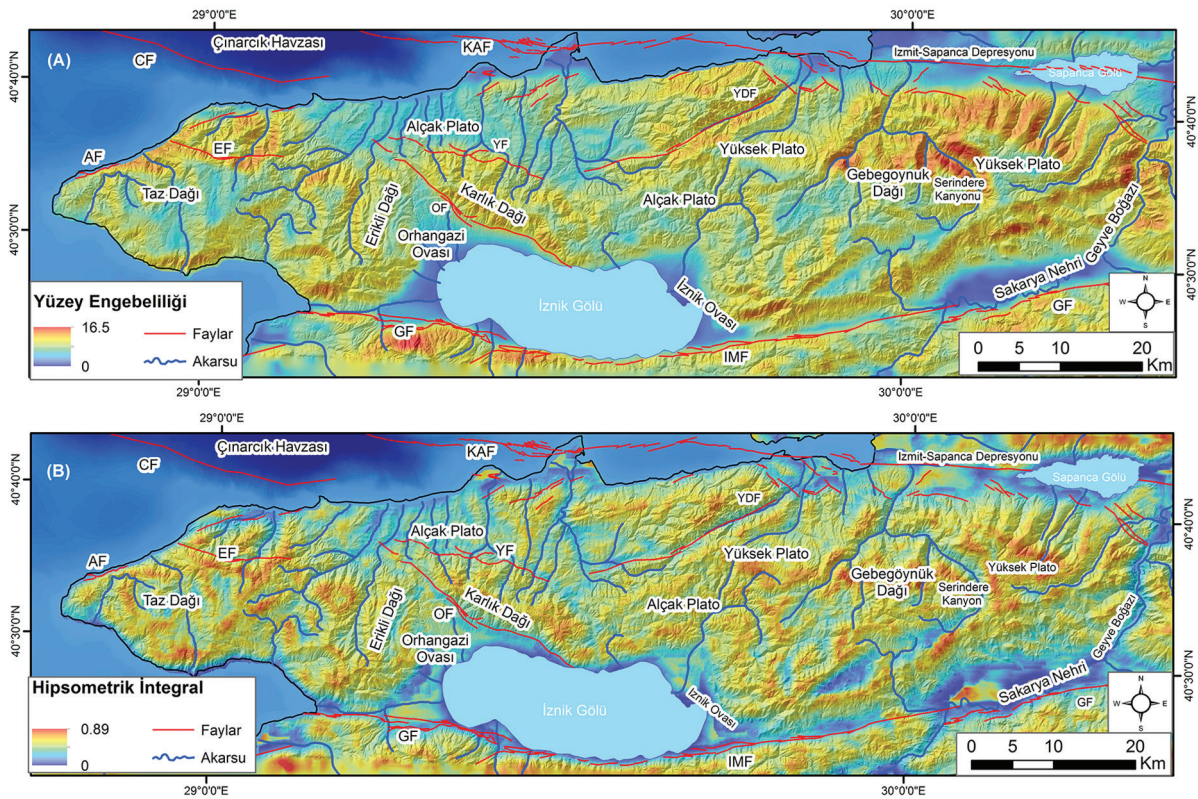


Şekil 10. Samanlı Dağları Kütleli'sinde erozyon oranları hesaplanan havzalar ve uzun dönemli erozyon oranları.

Figure 10. Long-term erosion rates in the Samanlı Mountains Mass and the basins whose erosion rates were calculated.

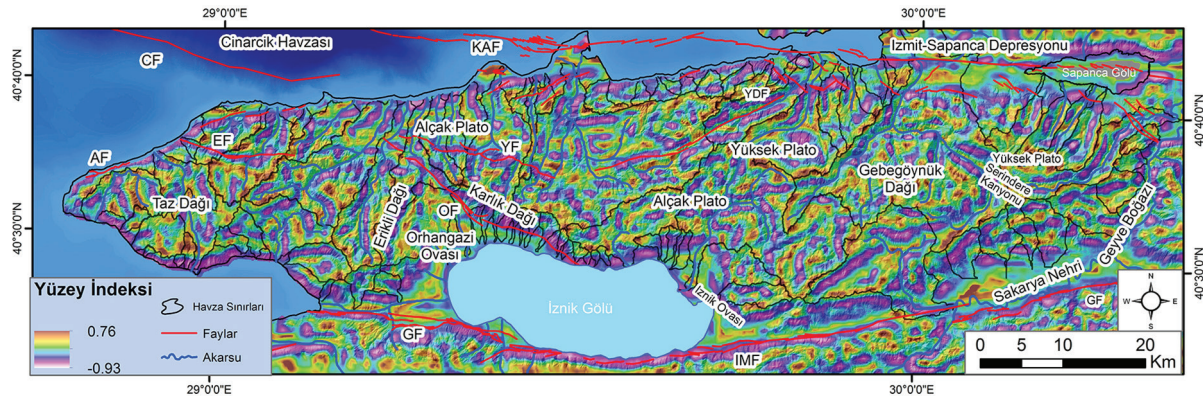
olarak yükselmiş yüzeyler ve platolar, lokal olarak aşınımına karşı direnç gösteren yüzeyler, yüksek hipsometrik integral değerlerine sahiptir. Kartepe zirvelerinde yer alan, Üst Jura-Alt Kretase Mermerleri, Taz Dağları'nda yer alan metamorfik birlikler, Gebegöynük Dağı, Karlık Dağı ve Taz Dağları'nda yüksek hipsomet-

rik integral değerleri görülür (Halis, 2020). Özellikle bu dağlar ve platoların yamaçlarına karşılık gelen yüksek değerler, topografik diklikler ile ilişkilidir (Şekil 11). Yüzey indeksinde negatif olarak temsil edilen, yüksek gömülme dereceleri sözü edilen faylar ve yükselmelere bağlı olarak yayılış gösterir (Şekil 12).

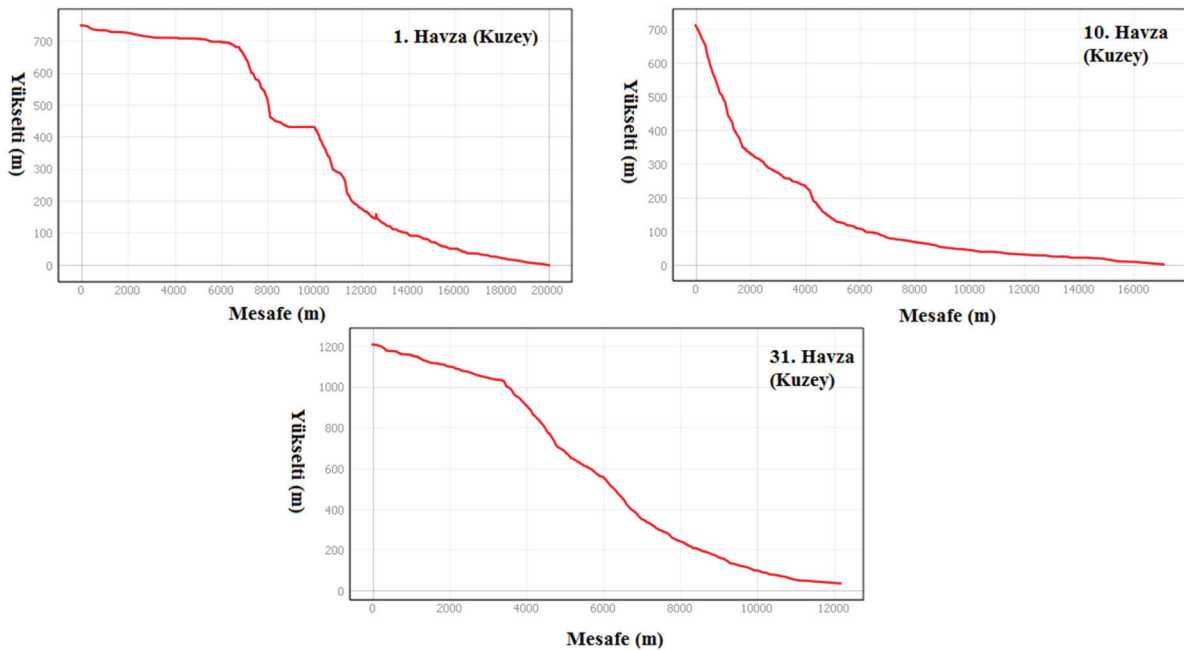


Şekil 11. (A) Çalışma sahasına ait yüzey engelibelliği, (B) hipsometrik integral değerlerinin dağılış özellikleri.

Figure 11. (A) Distribution properties of surface roughness, (B) hypsometric integral values of the study area.



Şekil 12. Çalışma sahasına ait yüzey indeksi değerlerinin dağılışı özellikleri.
Figure 12. The distribution features of Surface Index values in the study area.

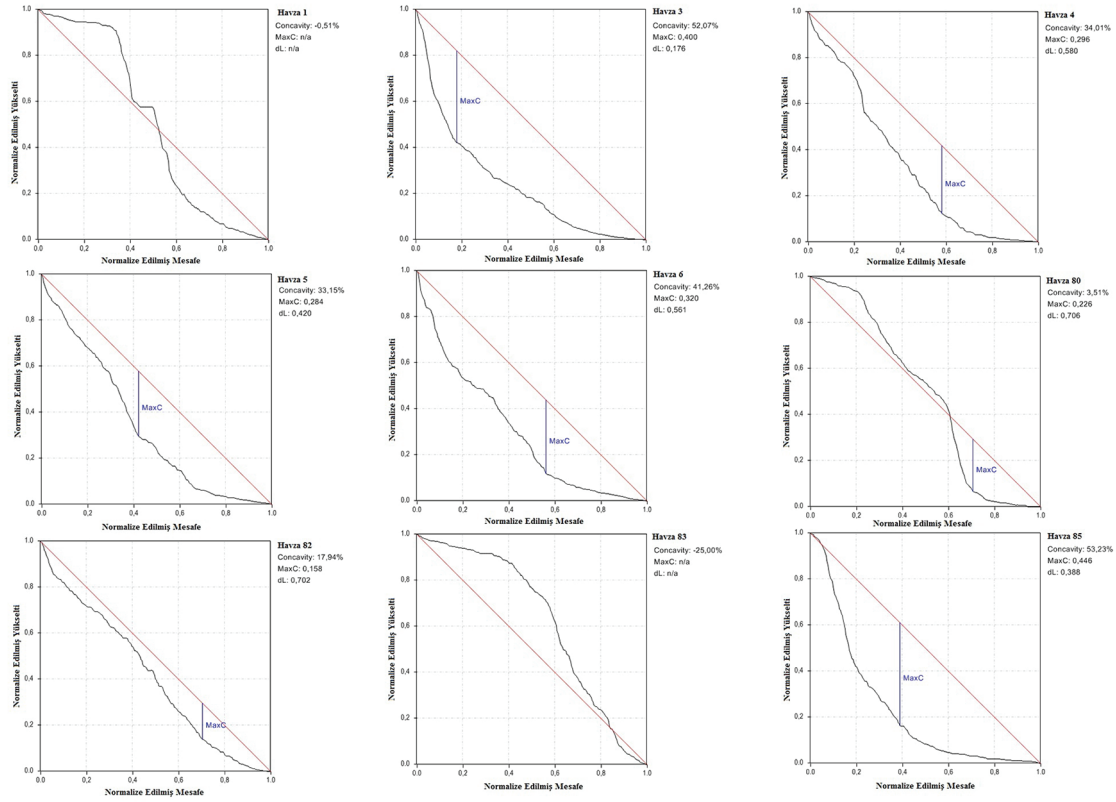


Şekil 13. 1 (Esenköy fayı), 10 (Yalova fayı) ve 31 numaralı (litolojik dokanak noktası) havzalardaki akarsulara ait eğim kırıklıkları.
Figure 13. Knickpoint of rivers in basins numbers 1 (Esenköy fault), 14 (Yalova fault) and 31 (lithologic contact).

Çalışma havzalarının drenaj analizleri, çalışma alanı boyunca seçilmiş 40 havza üzerinden gerçekleştirilmiştir (Tablo 1). Havzalar, batı, orta ve doğu olmak üzere bölümlere ayrılmıştır. Alçak plato özelliği gösteren Samanlı Dağları'nın orta bölümünün ortalama nehir içbükeylilik faktörü (Concavity) 51,11'dir. Samanlı Dağları'nın batı (Armutlu Yarımadası) ve doğu bölümlerinde sırasıyla, nehir içbükeylilik faktörü ortalama 21,16 ve 25,35'dir. En yüksek içbükeylilik faktörü 10 numaralı havza ile orta bölümde görülürken, en düşük içbükeylilik havza 77'de batı bölümünde elde edilmiştir. Lale Dere havzası olarak adlandırılan 10 numaralı havza, Uzun (2014) tarafından incelenmiş, olgun-yaşlı safhalarının tam sınırındaki jeomorfolojik gelişim aşamasında olduğu tespit edilmiştir. Bu düşük değerleri (77 numaralı havzayı) batı bölümünde 83 numaralı havza ve 1 numaralı havza takip etmiştir. Bu akarsu havzalarının düşük içbükeylilik değerleri sırasıyla, -33,47, -25 ve -0,51'dir (Tablo 1, şekil 14, 15 ve 16).

Samanlı Dağları'nın, akarsu havzaları için hesaplanan orta bölümünün ortalama hipsometrik integral (Hi) değerleri 0,35'dir. Samanlı Dağları'nın batı (Armutlu Yarımadası) ve doğu bölümlerinde sırasıyla, hipsometrik integral değerleri ise ortalama 0,48 ve 0,49 ile orta bölümden daha yüksek değerlerle temsil edilir.

En yüksek Hi değerleri, Armutlu Yarımadası'ndaki havza 83 ve 77'de görülürken, en düşük değerler ise orta bölümde havza 8 ve 9'da görülmektedir. Yüksek Hi değerleri, topografyanın yüksekliğinin bir göstergesi olup, değerlerin düşük ve orta çıkması ise oldukça aşındırılmış parçalanmış topografyayı yansıtır (Özdemir, 2011). Yüksek ve düz bir topografik görünüm sunan Armutlu Yarımadası'nın özellikle batısında, düşük engebellelik oranlarına sahip Taz Dağları'nda, hipsometrik eğrinin dışbükey şeklinde çıkması ve Hi değerlerinin 0,65 ile 0,59 arasında değişiklik göstermesi (77, 80 ve 83 numaralı havzalar) topografyanın genç olduğunu göstermektedir. Uzun dönemli erozyon oranları bakımından en düşük oranlarda bu havzalarda toplanmıştır. Armutlu Yarımadası'nın kuzeyindeki 1 numaralı havza ve doğu bölümünün güneyinde kalan 44 numaralı havzaların eğrilerin de dikkate değer kırıklıkların var olması, bunlara ek olarak 35 numaralı ve 30 numaralı havzalarda daha hafif geçişlerle var olan eğrideki kırıklar, havzalardaki sürecin sürekli sabit olmadığına dair ipuçları vermektedir. Hipsometrik eğri'nin sürekli olarak içbükey veya dışbükey bir eğri özelliği göstermeyip, yükseltiye bağlı değişkenlik göstermesi, farklı etkenlerin delillerini ortaya koyması bakımından önemlidir (Cürebal & Erginal, 2007; Bayrakdar, 2013). 1 numaralı havzaya ait arazi çalışmaları sırasında, hipsometrik eğrideki eğim kırığına karşılık gelen şelaller tespit



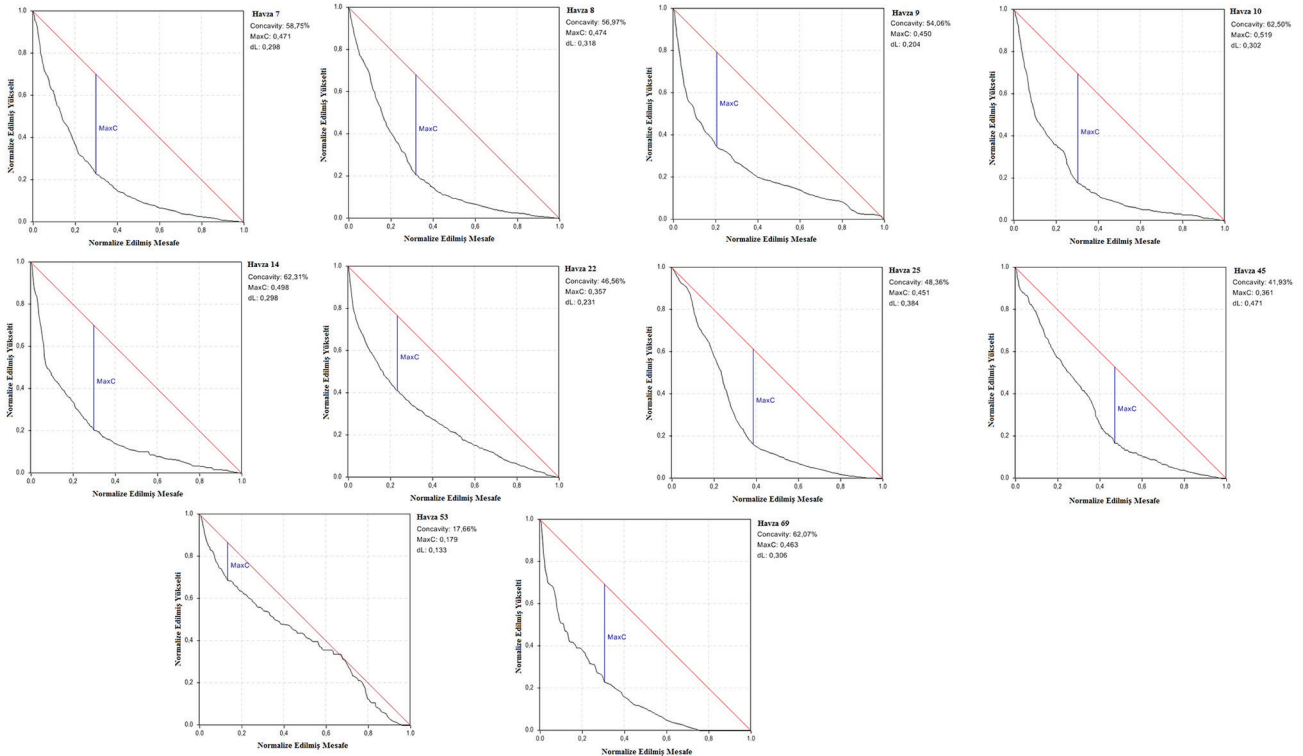
Şekil 14. Batı bölümüne ait normalize edilmiş nehir profilleri.

Figure 14. Normalized river profiles of the western section.

edilmiştir (Halis, 2020). Havzadan D-B uzanımlı geçen normal fay karakterli Esenköy Fayı, iki farklı litolojik birimin dokanak noktasında eğim kırığı oluşturarak, iki basamak halinde su düşüşlerini meydana getirmiştir (Halis, 2020) (fotoğraf 3).

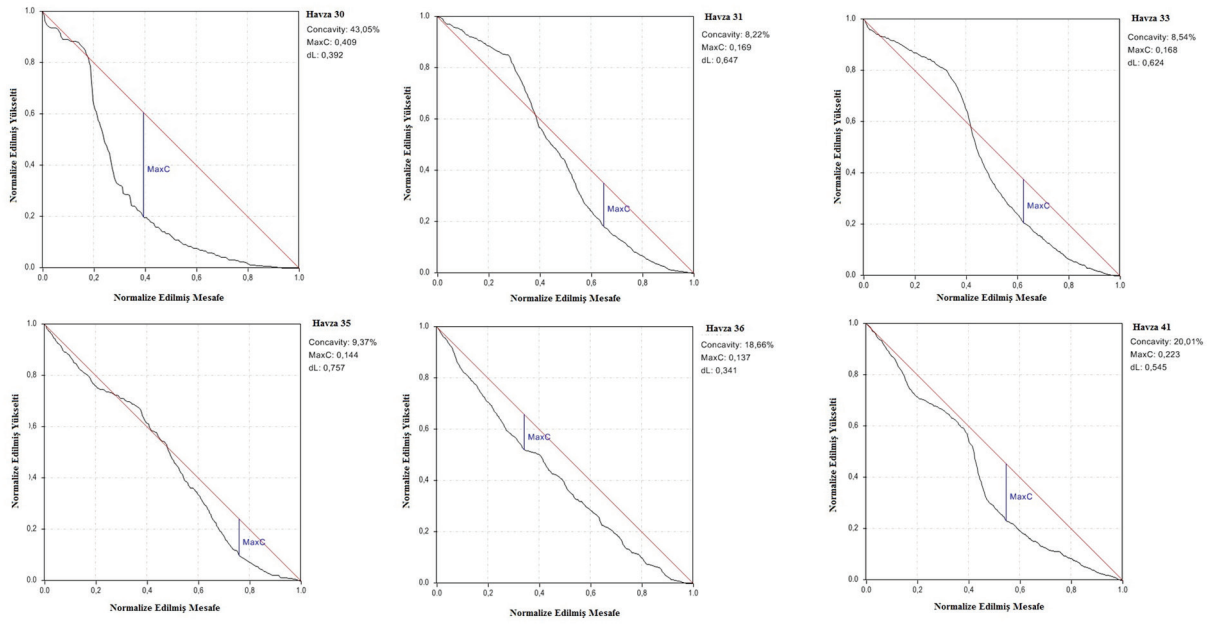
Hipsometrik eğriler incelendiğinde, batı ve doğu bölümünde yer alan havzaların, özellikle Armutlu Yarımadası'nda yer alan yük-

sek düz kütledeki akarsu havzalarının (82, 80, 77 ve 1 numaralı havzalar), dışbükey eğri karakteri gösterip, gençlik aşamasına daha yakın olduğu görülmektedir. Genel itibariyle orta bölümde yer alan eğrilerin 47, 53, 46 ve 25 numaralı havzalar dışında genelde içbükey eğriler oluşturduğu görülür. Buna ek olarak, orta bölümde yer alan havzaların eğrileri kaynak kısımlarından ağır kısımlarına kadar içbükey bir karakter gösterir (Şekil 17).



Şekil 15. Orta bölüme ait normalize edilmiş nehir profilleri.

Figure 15. Normalized river profiles of the central section.



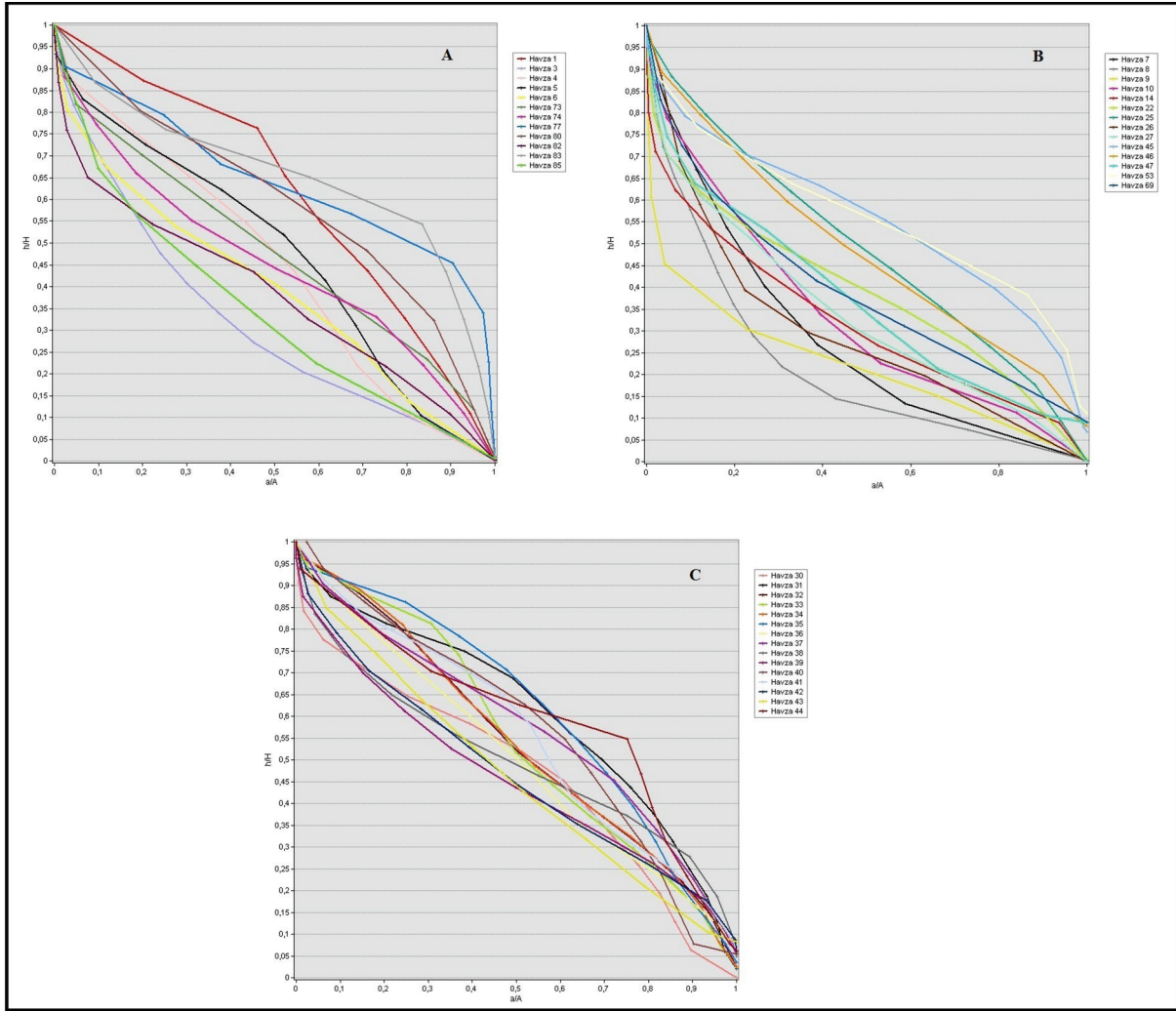
Şekil 16. Doğu bölümüne ait normalize edilmiş nehir profilleri.
Figure 16. Normalized river profiles of the eastern section.



Fotoğraf 3. 1 numaralı havzada yer alan, Eriklı Çifte şelaleler.
Photo 3. Eriklı Çifte waterfalls located in the number 1 basin.

Havzalara ait asimetri değerleri incelendiğinde, en yüksek değerler havza 77, 69, 14 ve 30 numaralı havzalarda bulunmuştur. 1, 5, 10, 14, 30 ve 44 numaralı havzalarda yüksek olan sola çarpılma değerleri, yüksek erozyon oranları bakımından anlamlıdır. 45 ve 53 numaralı havzalarda ise sağa çarpılma kuvvetlidir. Metot, havzadaki litolojik farklılıklara da duyarlıdır. Örneğin 1 numaralı havzanın solunda amfibolit ve granitoid birimleri yer alırken, sağ tarafında ise daha çok piroklastik maddeler yer alır. Dolayısıyla havzanın sağ kesiminde daha fazla akaçlama alanı söz konusudur. 14 numaralı havza da, Yalakdere Fayı havzanın sağında kalan alanda uzanış göstermektedir. Bu fayın oluşturduğu deformasyon ile uyumlu uzanan yan kol, Yalakde-

re'nin en uzun kollarından birisini oluştur ve havza sola doğru güçlü bir şekilde çarpılmıştır. Bu havzanın KD'sunda yer alan, 22 numaralı havza da tamamen Yalakdere fayından etkilenmiş olan Beyoğlu Deresi, fay ile uyumlu bir şekilde uzanarak 50,60 ile tam bir simetrik özellik göstermektedir. Genel olarak AF değerleri üzerinde KAF'ın etkisiyle birlikte, lokal faylarında büyük bir etkisi vardır. Normal fay karakterinde olan Armutlu Fayı, tamamen aynı birim içerisinde akış gösteren akarsuyun sağa yani faya doğru çarpılmasına neden olmuştur. Batı bölümünün en batı ucunda kalan bu yüksek düz kütlede 82 numaralı havzanın erozyon oranları çarpılmadan etkilenmiş olmalıdır.



Şekil 17. (A) Batı bölümünde yer alan havzaların hipsometrik eğrisi, (B) Orta bölümde yer alan havzaların hipsometrik eğrisi, (C) Doğu bölümde yer alan havzaların hipsometrik eğrisi.

Figure 17. (A) The hypsometric curve of the basins in the western section, (B) the hypsometric curve of the basins in the middle section, (C) the hypsometric curve of the basins in the eastern section.

4. Tartışma

Akarsu erozyonu, yükselme ve iklim arasındaki rekabet tarafından yönlendirilir (Burbank, 1992). Bu yönlendirme taban seviyesine kadar devam eder. Bölgenin genel taban seviyesini ise Marmara Denizi oluşturur. Pliyo-Pleistosen'de evrimi başlayan Marmara Denizi seviyesi birçok kez değişmiştir (Eriş & Çağatay, 2011). Bu seviye küresel ölçekte yapılan modellere göre, GÖ 175 bin yılında -80 m, GÖ 150 bin yılında -100 m seviyesine düşmüştür. MIS 3 (3. deniz izotop dönemi) süresince ve MIS 2'nin büyük bölümünde yani GÖ 60-15 bin yılları arasında Marmara Denizi tatlı bir su gölüne dönüşmüş ve özellikle son buzul maksimumunda -120 m. günümüzden alçalmıştır (Masalli & Trincardi, 2013; Eriş & Çağatay, 2011). Çalışma sahasında yer alan havzaların büyük bir bölümü için Marmara Denizi taban seviyesi görevi görüp ayrıca Sakarya Nehrine ulaşan akarsular ise Karadeniz taban seviyesi tarafından kontrol edilirken, küresel ölçekte deniz seviyesi değişiklikleri dikkate alındığında, uzun dönemli erozyon oranlarında farklılıkların oluşması tektonik hareketler ile ilişkili olmalıdır. Samanlı Dağları'nın kuzeyinde Karadeniz'den gelen nemli hava, Kocaeli Platosunu geçerken, büyük bir engelle takılmadan Samanlı Dağları'na ulaşır ve aniden yükselime zorlanır. Genel sirkülasyonu dik kesen dağlar, gezici depresyonlar ve cephe sis-

temlerini yükselime zorlayarak orografik yağışlara neden olur (Gönençgil, 2009). Samanlı Dağları'nın kuzeyinde yükselime zorlanan hava kütlesi, güney bölüme daha kurak bir şekilde ulaşır. Samanlı Dağları'nın kuzey yamaçları güney yamaçlarına göre daha nemlidir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre, Çınarcık Meteoroloji istasyonunun da 882 mm olan yıllık yağış miktarı, güney yamaçta Gemlik de 604 mm'ye düşer. Yine aynı şekilde doğu bölümünde Sapanca da yıllık yağış miktarı 852 mm iken doğu bölümünün güney yamaçlarında Geyve'de 635 mm'dir. Kuzey yamaçların daha nemli olması da jeomorfolojik gelişim ve erozyon oranlarını etkilemiş olmalıdır ancak kuzey yamaçlardaki havzalarında birbirinden farklı erozyon değerleriyle temsil edilmesi, tektonik etkiyi öne çıkarmaktadır. KAF'ın Pliosen'de bölgeye sokulmasıyla başlayan toptan yükselme ve lokal faylar uzun dönemli erozyonu yönlendiren temel süreçleri oluşturmuş olmalıdır.

Kaya ya da örtü yüzeylerde; aşınma ve aşınım ürünü olan malzemelerin taşınmasıyla gerçekleşen, malzeme kayıpları ve bu yolla meydana gelen fiziksel değişim, erozyon olarak tanımlanır (Turoğlu, 2018). Aktif tektonik bölgelerde, yüzey süreçlerinin rolü artar ve akarsular orojenik sistemlerden kabuksal materyali çıkararak, malzeme kaybı sağlar (Zeitler vd., 2001). Lokal yükselme, akarsuların yataklarını kazma, derin vadiler ve

Tablo 1. Samanlı Dağları'nda yer alan havzaların morfometrik indekslerin sayısal değerleri**Table 1.** Numerical values of morphometric indexes of the Samanlı Mountain catchments.

Akarsu Havza No	Alan Km ²	Ebulk km ³ (m ³ /10 ⁹)	HI	İçbükey (%) Concavity	Cmax	Lmax	AF
1	59,22	7,83	0,62	-0,51			59,32
3	30,87	1,85	0,30	52,07	0,400	0,176	48,59
4	111,24	7,96	0,44	34,01	0,296	0,58	45,84
5	72,09	8,55	0,46	33,15	0,284	0,42	58,33
6	40,30	2,13	0,38	41,26	0,320	0,561	47,14
7	26,36	1,28	0,26	58,75	0,471	0,298	38,46
8	17,93	0,70	0,20	56,97	0,474	0,318	50,19
9	15,38	0,71	0,21	54,06	0,450	0,204	58,51
10	75,49	5,70	0,32	62,5	0,519	0,302	61,84
14	275,15	44,21	0,31	62,31	0,498	0,298	64,72
22	49,34	9,88	0,38	46,56	0,357	0,231	50,60
25	76,64	8,94	0,48	48,36	0,451	0,384	46,75
30	329,74	55,77	0,46	43,05	0,409	0,392	66,87
31	24,36	3,07	0,60	8,22	0,169	0,647	39,03
32	19,32	2,46	0,53	23,57	0,249	0,459	39,28
33	18,48	1,48	0,54	8,54	0,168	0,624	45,99
34	27,39	3,30	0,53	31,76	0,307	0,467	54,98
35	69,50	7,18	0,54	9,37	0,144	0,757	48,24
36	9,37	0,63	0,47	18,66	0,137	0,341	53,75
37	7,09	0,89	0,54	28,69	0,216	0,663	36,81
38	19,39	2,55	0,47	21,23	0,215	0,271	30,34
39	35,54	4,78	0,42	47,74	0,417	0,255	48,25
40	27,14	2,88	0,37	38,18	0,326	0,396	52,78
41	12,93	0,72	0,52	20,01	0,223	0,545	34,80
42	19,78	1,97	0,36	20,45	0,236	0,561	50,60
43	17,92	0,71	0,40	32,78	0,259	0,573	62,83
44	125	14,44	0,57	28,04	0,275	0,659	55,67
45	221,64	27,44	0,52	41,93	0,361	0,471	33,00
46	38,87	2,02	0,43	37,79	0,321	0,278	55,81
47	38,87	2,28	0,30	39,97	0,269	0,468	46,89
53	62,02	3,17	0,50	17,66	0,179	0,133	32,07
69	66	3,73	0,32	62,07	0,463	0,306	65,09
71	11,53	1,08	0,52	32,73	0,293	0,396	52,03
73	24,45	3,40	0,47	30,62	0,215	0,482	54,16
74	46,93	3,92	0,44	35,56	0,379	0,514	48,86
77	31,82	1,02	0,64	-33,47			22,01
80	24,64	0,71	0,59	3,51	0,226	0,706	32,46
82	43,82	3,09	0,37	17,94	0,158	0,702	41,86
83	35,19	2,57	0,65	-25			42,85
85	37,31	4,44	0,33	53,23	0,446	0,388	56,25

boğazlar oluşturmasında ve dolayısıyla malzeme kayıplarında etkilidir (Zeitler vd., 2001). Bu bakış açısıyla yükselim delillerini sağlayabilecek ve minimum malzeme kayıplarını hesaplamaya yönelik analizler uygulanmıştır. Böylece jeomorfolojik gelişim ve uzun dönemli erozyon oranlarına yaklaşım sağlanmaya çalışılmıştır. Swath profillerinde, örneğin SP1'de alçak platodan sonra 0,5 üzerine çıkan THi^* değerleri, yüksek lokal rölyef, SP2 de Taz Dağı-yüksek plato arasındaki kesimde 0,5 üzerindeki THi^* değerleri Samanlı Dağları'nın batı bölümünün yükseldiğini ve genç geçiş arazisi olduğuna işaret etmektedir. Özellikle 1, 4 ve 5 numaralı havzaların yukarı kesimleri bu yükselmelerden etkilenmiş ve kütle üzerindeki erozyon oranlarında da bu havzalar, yüksek erozyon değerleriyle öne çıkmıştır (Şekil 10). Normalize nehir profillerinde görüldüğü üzere, profiller dışbükey eğri çizdikten sonra içbükey eğriye geçiş göstermektedir (Şekil 14). Bunlara ek olarak, geçiş durumu yansıtan bu sahalarda yüksek derecede gömülme değerleri dikkat çekmektedir (Şekil 12). Dolu vd. (2007) Armutlu Yarımadası'nın yükselmesine bağlı olarak, yaklaşık 200 bin yıldan itibaren Hersek Deltası'nın gelişiminin hızlandığını belirtmektedir. Azañón vd. (2015) swath profillerinde, ortalama yükseltinin maksimum yükseltilere çıktığı sahalarda, hesaplanmış oldukları EBulk yönteminde (minimum erozyon oranlarında) Sierra Nevada için maksimum değerler bulmuşlardır. Yükselme ve nehir profillerinde görülen dışbükeylik havza 83'de (-25,00) dikkat çekicidir. Çalidere Havzası olarak adlandırılan 83 numaralı havza, Güney (2018) tarafından incelenmiş ve belirgin bir şekilde dışbükey bir eğriye ve tektonik deformasyonlara maruz kalarak, asimetrik bir yapıya sahip olduğu belirtilmiştir. Bu havzada uzun dönemli erozyon oranlarının düşük olması, litolojik birimle ilişkili olmalıdır. Genel olarak Armutlu Yarımadası'nın batı bölümünde uzun dönemli erozyon oranları ve engebelilik oranları düşüktür. SP1 profilinde yükselme deliline rastlanmasa da havza 80'de (3,51) dışbükey nehir profili sergilemektedir (Şekil 14). Bu havzalarda erozyon oranlarının düşük olması, litoloji ve lokal faylardan etkilenmemiş olmasıyla ilişkili olmalıdır. SP3 ve SP4 profilinde de Hersek Deltası'ndan Karlık Dağı eteklerine kadar bazı lokal yükselmeler haricinde yükselime işaret eden deliller güçlü değildir. Ancak 14 numaralı havzanın doğu bölümünde Ayvaşa Dağı'nda yer alan yükselim delilleri, AF oranlarındaki sol'a doğru çarpılma delilleri, 14 numaralı havzanın yüksek erozyon oranlarını etkilemiş olmalıdır. Orta bölümde yer alan, kuzey yamaçtaki havzaların normalize edilmiş nehir profilleri ve hipsometrik eğrileri neredeyse tamamı içbükey bir eğriye sahiptir. Tarı ve Tüysüz (2008) tarafından, Samanlı Dağları'nın orta bölümüne karşılık gelen kısımlarda incelemeye konu olan Yalakdere (14 numaralı havza) ve Kazıklı Havzalarının (22 numaralı havza) içbükey eğrilere sahip olduğu, litolojinin dayanaksız olmasından dolayı olgun bir jeomorfolojik gelişim aşamasında olduğu belirtilmiştir.

Doğu bölümünde 30 numaralı havzada uzun dönemli erozyon oranının yüksek olması SP5 ve SP6 profilinde THi^* değerlerinin de işaret ettiği üzere sahanın yükselimine ait deliller ve Samanlı Dağları'nın zirvelerinden kaynağını alması etkili olmuştur (Şekil 10). Ayrıca 30 numaralı havzaya ait nehir profilinde yükselime işaret eden dışbükey eğri (havzanın yukarı kesiminde) ani içbükey eğri olarak değişiklik göstermektedir. Gürbüz ve Güner (2008) Sapanca Gölü güneyindeki kütleli yükselim hızının gölün kuzeyine göre daha fazla olduğunu belirtmesi bu yüksek erozyon oranlarını destekler niteliktedir. Kartepe ve Gebegöynük Dağı arasında kalan bu kesim de akarsu yükselim

hızına ayak uydurarak sahaya gömülmüş ve kanyon vadi gelişimini sağlamıştır. Tarı ve Tüysüz (2008) Sapanca Gölü'nün güneyinde yer alan havzaların hipsometrik eğrilerinin daha genç özelliklere işaret etmesini, akarsuların anakaya üzerinde akması ve tektonik yükselmeyle ilişkili olmasıyla açıklamaktadır. Ayrıca lokal olarak tektonik hareketler havza asimetrisini etkileyerek çarpımlara yol açmış ve havzaların akaçlama alanını değiştirerek erozyon oranlarını etkilemiş olmalıdır. Böylece kütle üzerinde en yüksek erozyon oranı 30 numaralı havzada tespit edilmiştir (Fotoğraf 1 ve Şekil 10). Doğu bölümünde yer alan akarsuların, yukarı kısımlarının genelde dışbükey eğri ile başlaması swath profillerindeki yükselimin işaret ettiği alanlara karşılık gelmektedir. Özellikle dışbükey eğrinin, içbükey eğriye dönüştüğü geçiş kısımlarında, yüzey indeksi değerler haritasında yüksek gömülme dereceleri mevcuttur (Şekil 12). Sapanca ve Sakarya Nehrine akaçlanan dar ve küçük havzaların kütle üzerinde yer alan diğer havzalardan erozyon bakımından farklılık göstermesi yükselim ile ilişkili olmalıdır (Şekil 10).

5. Sonuç

Samanlı Dağları sınırları içerisinde gerçekleştirilmiş olan bu çalışma da uzun dönemli erozyon oranları, malzeme kayıplarını yönlendiren süreçler ve süreçlerin drenaj havzalarıyla etkileşimi ve bu etkileşimin jeomorfolojik delilleri araştırılmıştır. Arazi çalışmaları, morfometrik analizler ve yüzey analizlerine bağlı olarak elde edilen aktif tektonik deliller, havzaların geçiş aşamasını yansıtan jeomorfolojik evreleri, yatağını derinleştiren akarsuların yüksek gömülme dereceleri, eğim kırıkları, normalize edilmiş akarsu boyuna profillerinde görülen anomaliler, maksimum içbükeylik (C_{max}) değerleri, drenaj havzalarında yer alan çarpımlar bu etkileşimlerin jeomorfolojik delillerini temsil etmektedir. Arazi çalışmaları ve bilgisayar ortamında gerçekleştiren analizler, havzaların kaybettiği malzeme miktarlarını tanımlarken, güçlü deliller de ortaya koymaktadır. Samanlı Dağları'nın kuzey yamaçlarında D-B uzanan faylar morfometrik analiz ve yüzey analizinde çok belirgin deformasyonlar oluşturmuş ve bu deformasyonlar uzun dönemli erozyon oranlarıyla uyumluluk göstermiştir. Samanlı Dağları'nın batı ucundan itibaren D-B uzanış gösteren Esenköy Fayı, Yalova Fayı ve İzmit Körfezi'nin güneyinde yer alan normal faylar, Marmara Denizi'ne doğru olan kesmin alçalan blok şeklinde çalışmasına ve arazide eğim koşullarını değiştirmesine neden olarak erozyon oranlarını etkilemiştir. Swath profilleri, normalize edilmiş nehir profilleri, HI ve engebelilik değerler haritasının işaret ettiği gibi batı ve doğu bölümleri yükselme veya daha genç olma delilleri gösterirken, orta bölüm özellikle kuzey yamaçları geniş tabanlı vadiler, olgun bir drenaj ağı ve alçak bir plato özelliği göstermektedir.

Kaynakça

- Andreani, L., Stanek, K. P., Gloaguen, R., Krentz, O., & Domínguez-González, L. (2014). DEM-based analysis of interactions between tectonics and landscapes in the Ore Mountains and Eger Rift (East Germany and NW Czech Republic). *Remote Sensing*, 6(9), 7971-8001. <https://doi.org/10.3390/rs6097971>
- Azañón, J. M., Galve, J. P., Pérez-Peña, J. V., Giaconia, F., Carvajal, R., Booth-Rea, G., A. Jabaloy, M. Vázquez, A. Azor, & Roldán, F. J. (2015). Relief and drainage evolution during the exhumation of the Sierra Nevada (SE Spain): Is denudation keeping pace with uplift? *Tectonophysics*, 663, 19-32. <https://10.0.3.248/j.tecto.2015.06.015>
- Ardel, A., & İnanlık, H. (1957). Marmara Denizi'nin teşekkül ve tekamülü. *Türk Coğrafya Dergisi*, (17), 1-19.
- Bilgin, T. (1967). *Samanlı Dağları: Coğrafi etüd*. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayını
- Bayrakdar, C. (2013). *Akdağ Kütlesi'nin (Batı Toroslar) Jeomorfolojik Evrimine Morfometrik Yaklaşım*. [Sempozyum] TÜCAUM VII. Coğrafya Sempozyumu, 48-56. Ankara, Türkiye. <http://tucaum.ankara.edu.tr/tucaum-vii-coğrafya-sempozyumu/>
- Burbank, D. W. (1992). Causes of recent Himalayan uplift deduced from deposited patterns in the Ganges basin. *Nature*, 357(6380), 680-683. <https://doi.org/10.1038/357680a0>
- Champagnac, J. D., Molnar, P., Sue, C., & Herman, F. (2012). Tectonics, climate, and mountain topography. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117(B2). <https://doi.org/10.1029/2011JB008348>
- Champagnac, J. D., Schlunegger, F., Norton, K., Von Blanckenburg, F., Abbühl, L. M., & Schwab, M. (2009). Erosion-driven uplift of the modern Central Alps. *Tectonophysics*, 474(1-2), 236-249. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.02.024>
- Cürebal, İ., & Erginal, A. E. (2007). Mihlı Çayı Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerinin jeomorfik indislerle analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(19), 126-135. <https://dergipark.org.tr/en/pub/esosder/issue/6133/82245>
- Clift, P. D., Hodges, K. V., Heslop, D., Hannigan, R., Van Long, H., & Calves, G. (2008). Correlation of Himalayan exhumation rates and Asian monsoon intensity. *Nature geoscience*, 1(12), 875-880. <https://doi.org/10.1038/ngeo351>
- Dolu, E., Gökaşan, E., Meriç, E., Ergin, M., Görüm, T., Tur, H., Ecevitöğlü, B., Avşar, N., Görmüş, M., Batuk, F., Tok, B., & Çetin, O. (2007). Quaternary evolution of the Gulf of İzmit (NW Turkey): a sedimentary basin under control of the North Anatolian Fault Zone. *Geo-Marine Letters*, 27(6), 355-381. <https://doi.org/10.1007/s00367-007-0057-3>
- Eriş, K. K., & Çağatay, M. N. (25 - 29 Nisan 2011). *Marmara Denizi'nde geç pleystosen holosen su geçişleri ve su seviyesi değişimleri sığ sismik ve karot çalışmalarından ipuçları* [Bildiri özeti]. 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı (ss.57). Ankara, Türkiye.
- Erturaç, M. (2018). Sakarya'nın jeolojik özellikleri. İçinde İkiel, C. (Ed), *Sakarya'nın fiziki, beşeri ve iktisadi coğrafya özellikleri*, (ss.99-125). Sakarya Üniversitesi.
- Ertek, T. A., Yıldırım, C., Güneysu, A. C., Yaltrak, C., (2000). *Marmara Denizi kıyı taraçaları korelasyonu*. [Bildiri özetleri kitapçığı] 1. Ulusal Deniz Bilimleri Konferansı, (ss. 108-109) Kültür ve Kongre Merkezi ODTÜ, Ankara.
- Grujic, D., Coutand, I., Bookhagen, B., Bonnet, S., Blythe, A., & Duncan, C. (2006). Climatic forcing of erosion, landscape, and tectonics in the Bhutan Himalayas. *Geology*, 34(10), 801-804. <https://doi.org/10.1130/G22648.1>
- García-Delgado, H., Machuca, S., Velandia, F., & Audemard, F. (2020). Along-strike variations in recent tectonic activity in the Santander Massif: New insights on landscape evolution in the Northern Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 98, 102472. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102472>
- Göncüoğlu, M. C., Erendil, M., Tekeli, O., Aksay, A., Kuscu, İ., & Ürgün, B. (1987). Geology of the Armutlu peninsula. IGCP project, 5, 12-18.
- Gönençgil, B. (2009). *Küresel degradasyon sürecinde dağlar ve dağ alanları yönetimi*. Çantay Yayınları
- Güney, Y. (2018). Çalidere Havzası'nın (Armutlu Yarımadası, Yalova) morfolojisinin jeomorfolojik analizlerle değerlendirilmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(2), 259-271. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000201
- Gürbüz, A., & Gürer, Ö. F. (2008). Tectonic geomorphology of the north anatolian fault zone in the Lake Sapanca basin (eastern Marmara Region, Turkey). *Geosciences Journal*, 12(3), 215-225. <https://doi.org/10.1007/s12303-008-0022-9>
- Halis, O. (2020). *Samanlı Dağları Kütlesi'nde uzun dönemli erozyonu kontrol eden faktörlerin havza tabanlı değerlendirilmesi*. (Yayın no: 644853) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi] Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı, Tez Merkezi.
- Hayakawa, Y. S., & Oguchi, T. (2009). GIS analysis of fluvial knickzone distribution in Japanese mountain watersheds. *Geomorphology*, 111(1-2), 27-37. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.11.016>
- Keller, E. A., & Pinter, N. (2002). Active tectonics: *Earthquakes, uplift, and landscape*. Prentice Hall.
- Kendir, O. (2010). *Yalova il merkezinde alüvyon çökellerinin mühendislik özellikleri* (Yayın no: 282675) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi] Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı, Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Ketin, İ. (1969). Kuzey Anadolu fayı hakkında. *MTA Dergisi*, 72, 1-27. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/599633>
- Koral, H. (2007). Modes, rates and geomorphological consequences of active tectonics in the Marmara Region, NW Turkey—a critical overview based on seismotectonic field observations. *Quaternary International*, 167, 149-161. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.02.023>
- Maden Tetik Arama Genel Müdürlüğü (2021). Yerbilimleri harita görünümleri. <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/>
- Maselli, V., & Trincardi, F. (2013). Large-scale single incised valley from a small catchment basin on the western Adriatic margin (central Mediterranean Sea). *Global and Planetary Change*, 100, 245-262. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.008>
- McHugh, C. M., Gurung, D., Giosan, L., Ryan, W. B., Mart, Y., Sancar, U., Burckle, L., & Çağatay, M. N. (2008). The last reconnection of the Marmara Sea (Turkey) to the World Ocean: A paleoceanographic and paleoclimatic perspective. *Marine Geology*, 255(1-2), 64-82. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2008.07.005>
- Menéndez, I., Silva, P. G., Martín-Betancor, M., Pérez-Torrado, F. J., Guillou, H., & Scaillet, S. (2008). Fluvial dissection, isostatic uplift, and geomorphological evolution of volcanic islands (Gran Canaria, Canary Islands, Spain). *Geomorphology*, 102(1), 189-203. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.06.022>
- Meriç, E., Nazik, A., Avşar, N., Alpar, B., Ünlü, S., & Gökaşan, E. (2012). Kuvaterner'de olası Marmara Denizi-İznik Gölü bağlantısının delilleri: İznik Gölü (Bursa-KB Türkiye) güncel sedimanlarındaki ostrakod ve foraminiferlerin değerlendirilmesi. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 22(1), 1-19. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/173659>

- Erol, O., & Şencan, A. (1996). Çınarcık ve çevresinin jeomorfolojik etüdü. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (1), 57-62.
- Okay, A. I., Zattin, M., Özcan, E., & Sunal, G. (2020). Uplift of Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(5). <https://doi.org/10.3906/yer-2003-10>
- Okay, I. A., Mater, B., Artüz, O. B., Gürseler, G., Artüz, M. L., & Okay, N. (2007). Bilimsel açıdan Marmara Denizi. *Türkiye Barolar Birliği Yayınları*, 119.
- Olen, S. M., Bookhagen, B., & Strecker, M. R. (2016). Role of climate and vegetation density in modulating denudation rates in the Himalaya. *Earth and Planetary Science Letters*, 445, 57-67. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2016.03.047>
- Özdemir, H. (2011). *Havza morfometrisi ve taşkınlar*. Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu yayınları, No 5, 457-474.
- Pérez-Peña, J. V., Al-Awabdeh, M., Azañón, J. M., Galve, J. P., Booth-Rea, G., & Notti, D. (2017). SwathProfiler and NProfiler: Two new ArcGIS Add-ins for the automatic extraction of swath and normalized river profiles. *Computers & Geosciences*, 104, 135-150. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2016.08.008>
- Pike, R. J., & Wilson, S. E. (1971). Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. *Geological Society of America Bulletin*, 82(4), 1079-1084. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1971\)82\[1079:ERHIAG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1971)82[1079:ERHIAG]2.0.CO;2)
- Rosenkrantz, R., Spiegel, C., Schildgen, T., & Wittmann, H. (2018). Coupling denudation rate and topography in the rainiest place on Earth: Reconstructing the Shillong Plateau uplift history with in-situ cosmogenic ¹⁰Be. *Earth and Planetary Science Letters*, 483, 39-51.
- Schaller, M., Ehlers, T. A., Lang, K. A., Schmid, M., & Fuentes-Espoz, J. P. (2018). Addressing the contribution of climate and vegetation cover on hillslope denudation, Chilean Coastal Cordillera (26–38 S). *Earth and Planetary Science Letters*, 489, 111-122.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological society of America bulletin*, 63(11), 1117-1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)
- Sengör, A. M. C. (1979). The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. *Journal of the Geological Society*, 136(3), 269-282. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.136.3.0269>
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., Imren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Pichon, L.P., & Rangin, C. (2005). The North Anatolian fault: A new look. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33, 37-112. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.32.101802.120415>
- Şaroğlu, F., & Güler, B. (2020). Batı Anadolu tektonik kaması'nın güncel deformasyonu: Batıya doğru kaçıştan kaynaklanan blok hareketleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 63(2), 161-194. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1024176>
- Tarı, U., & Tüysüz, O. (2008). İzmit Körfezi ve çevresinin morfotektoniği. *İTÜ Dergisi/d,1(7)*, 17-28. http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_d/article/viewFile/383/329
- Turoğlu, H. (2018). Kaya yüzeyi sertliği ile ayrışma ve kaya erozyonunun tahmin edilmesi: avşa adası granit formasyonları üzerine bir örnek çalışma. *Jeomorfolojik araştırmalar dergisi*, (1), 1-12. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jader/issue/43138/523009>
- Uzun, M. (2014). Lale Dere (Yalova) Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerinin jeomorfometrik analizlerle incelenmesi. *Route Educational and Social Science Journal*, 1(3), 72-88.
- Whipple, K. X., & Tucker, G. E. (1999). Dynamics of the stream-power river incision model: Implications for height limits of mountain ranges, landscape response timescales, and research needs. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 104(B8), 17661-17674. <https://doi.org/10.1029/1999JB900120>
- Whittaker, A. C., Cowie, P. A., Attal, M., Tucker, G. E., & Roberts, G. P. (2007). Contrasting transient and steady-state rivers crossing active normal faults: New field observations from the Central Apennines, Italy. *Basin Research*, 19(4), 529-556. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2117.2007.00337.x>
- Yaltrak, C. (2015). Marmara Denizi ve çevresinde tarihsel depremlerin yerleri ve anlamı. *İTÜ Vakfı Dergisi*, 67, 56-62.
- Zattin, M., Cavazza, W., Okay, A. I., Federici, I., Fellin, M. G., Pignalosa, A., & Reiners, P. (2010). A precursor of the North Anatolian Fault in the Marmara Sea region. *Journal of Asian Earth Sciences*, 39(3), 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2010.02.014>
- Zeitler, P. K., Meltzer, A. S., Koons, P. O., Craw, D., Hallet, B., Chamberlain, C. P., Kidd, W.S.F., Park, S.K., Seeber, L., Bishop, M., & Shroder, J. (2001). Erosion, Himalayan geodynamics, and the geomorphology of metamorphism. *Gsa Today*, 11(1), 4-9. <https://www.geosociety.org/gsatoday/archive/11/1/pdf/i1052-5173-11-1-4.pdf>