

## Yukarı Ceyhan Havzasındaki Heyelanların Dağılımının ve Karakteristiğinin Belirlenmesi

Mehmet Emin CİHANGİR\*<sup>1</sup> ORCID 0000-0001-8881-5308

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kahramanmaraş

Geliş tarihi: 18.10.2023

Kabul tarihi: 28.03.2024

Atıf şekli/ How to cite: CİHANGİR, M.E., (2024). Yukarı Ceyhan Havzasındaki Heyelanların Dağılımının ve Karakteristiğinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(1), 239-250.

### Öz

Yukarı Ceyhan Havzası topoğrafik ve litolojik geçişlerin sık olduğu bir bölgedir. Çalışmanın amacı yerleşmenin, tektonik aktivitenin ve yüzey şekillenmesinin yoğun olduğu sınırları belirlenen alanda heyelanların dağılımı ve temel karakteristiklerini etkileyen faktörleri detaylı bir şekilde incelemektir. Bu amaçla yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden heyelan envanteri tanımlanmıştır. Envanterin doğruluğu arazi çalışmaları ile sağlanmıştır. Çalışma alanında 441 farklı tip heyelanın havzanın %3,6'sını kapladığı tespit edilmiştir. Heyelanların çoğunun ana tip olarak kayma tipinde olduğu (%70), bunun yanı sıra düşme ve akmalarda belirlenmiştir. Heyelanların büyüklük dağılımının 0,0005 km<sup>2</sup>-10,1 km<sup>2</sup> arasında oldukça geniş olduğu ortaya çıkmıştır. Buna çeşitli jeolojik ve jeomorfolojik süreçlerin etkili olduğu ve farklı mekanizmaların rol oynadığı belirlenmiştir. Bu doğrultuda literatürdeki heyelan ile ilişkilendirilen topoğrafik faktörler ve jeolojik faktörler uzman tarafından çalışma sahasına özgü olarak değerlendirilmiştir. Buna göre eğim, yükselti, rölyef ve topoğrafik nemlilik indeksi topoğrafik faktörlerin heyelan tipine göre farklı seviyelerde heyelanı kontrol etmektedir. Paleo heyelanların dağ-ova arasındaki keskin rölyef geçişinde gelişmektedir. Havzada heyelanlar kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı birimlerinde yoğunlaşmaktadır. Faya yakın zonda küçük heyelanlar bulunmasına rağmen 06 Şubat 2023 depremleri bu sınırlarda küçük düşmelere neden olmuştur. Heyelanlar dağılımı topoğrafik ve jeolojik faktörlerin özelliğine göre değişiklik göstermektedir. Sonuç olarak heyelanların jeolojik, topoğrafik ve çevresel karmaşık etkileşimi sonucunda meydana geldiğini söyleyebiliriz. Bu nedenle çalışmaya ait analizler bölge için heyelan duyarlılık, tehlike ve risk çalışmalarında dikkate alınması açısından önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Heyelan dağılımı, Jeomorfolojik süreç, Ceyhan havzası, Kahramanmaraş

### Determination of Landslide Distribution and Characteristics in the Upper Ceyhan Basin

#### Abstract

The Upper Ceyhan Basin is an area where topographic and lithological transitions are frequent. The aim of the study is to examine in detail the factors that affect the distribution and fundamental characteristics of

\*Sorumlu yazar (Corresponding Author): Mehmet Emin CİHANGİR, [m.e.cihangir@gmail.com](mailto:m.e.cihangir@gmail.com)

landslides in the defined area where settlement, tectonic activity, and surface shaping are intensive. This purpose has been defined through high-resolution satellite images for landslide inventory. The accuracy of the inventory has been ensured through field studies. It has been determined that 441 different types of landslides cover 3.6% of the basin in the study area. The majority of landslides are identified as sliding type (70%), in addition to falling and flowing type landslides. It has been revealed that the size distribution of landslides ranges widely from 0.0005 km<sup>2</sup> to 10.1 km<sup>2</sup>. It has been determined that various geological and geomorphological processes are effective in this, and different mechanisms contribute to it. In this regard, topographic factors associated with landslides in the literature and geological factors have been evaluated specifically for the study area by an expert. Accordingly, slope, elevation, relief, and topographic wetness index control landslides at different levels depending on the type of landslide. The paleo-landslides occurred at the sharp relief transition between the mountain and plain. Landslides are concentrated in sandstone-mudstone-limestone units. Despite the presence of small landslides in the fault-proximal zone, the earthquakes on February 6, 2023 caused minor collapses in these boundaries. Landslides exhibit distribution based according to on the characteristics of topographic and geological factors. Finally, we can say that landslides occur as a result of the complex interaction of geological, topographic, and environmental factors. Therefore, the analyses conducted in this study are important in terms of considering landslide susceptibility, hazard, and risk studies for the region.

**Keywords:** Landslide distribution, Geomorphological processes, Ceyhan Basin, Kahramanmaraş

## 1. GİRİŞ

Nüfus artışıyla uygun olmayan zeminlerin yerleşim yeri olarak açılması heyelan tehlikesini artırmaktadır. Yamaç stabilitesine olumsuz etki eden yapılaşma dünyada olduğu gibi ülkemizde ölümcül heyelanların artmasına neden olmuştur [1]. Heyelan geçmişine sahip yamaçlarda yapılaşmanın artmasıyla birlikte yeniden aktif olma durumu [2] heyelan risk boyutunu artırmaktadır. Bu özelliğe sahip havzalarda heyelanların karakteristiğinin ve kontrol denetiminin ortaya konulması, bölgesel duyarlılık ve tehlike durumunu belirlenmesine ve nihai olarak risk kontrolüne katkı sağlamaktadır [3-5]. Bunun için tip ve alan bakımından heyelan tanımlanması ve buna bağlı envanter oluşturulması önemlidir. Tarihsel seyri incelendiğinde heyelan tanımlanması ilk çalışmalarda; hava fotosu [6-9] ve uydur görüntülerinden [10-12] ilerleyen zamanlarda UAV insansız hava araçlarından elde edilen fotogrametrik DEM ve Lidar (Light Detection and Ranging) DEM'den (Digital Elevation Model) [13] yararlanılmıştır. Fotogrametrik DEM ve Lidar DEM yüksek veri kapasitesinin işlenmesinden dolayı küçük ölçekteki mekânların heyelan envanterinde daha fazla tercih edilmektedir. Bu datalarda envanter hazırlama işlemi uzman veya yarı otomatik olarak belirlenebilmektedir [10,13-15]. Her iki yöntem için heyelanın tespitinde sahada

bıraktığı morfolojik kalıntılar önemlidir. Morfolojik kalıntıların izleri heyelan tipine ve yoğunluğuna bağlıdır. Heyelan tipi ve yoğunluğu topoğrafik, litolojik, iklimik ve tektonik özelliklere bağlı olarak lokal, bölgesel ve yamaçlara göre değişkenlik göstermektedir [16-18].

Heyelan yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarda ortam koşullarının farklılığı, heyelanın tipini ve heyelanı meydana getiren koşulları da değiştirmektedir [19,20]. Topoğrafik ve litolojik geçişlerin çok fazla olduğu alanlar, heyelanın büyüklüğü tipi ve aktivite durumu üzerinde etkili olmaktadır [21]. Eğimin heyelan üzerindeki etkinliği kayma, akma, düşme tipi heyelanlarda daha belirgindir. Eğimin <45° fazla olduğu yamaçlarda kurak ve yarı kurak topoğrafyada ayrışma etkinliğinin az olmasından dolayı daha çok moloz ve kaya düşmesi görülmektedir [22]. Rölyef farkının yüksek olduğu yamaçlar daha çok büyük heyelanlara neden olmaktadır [23]. Özellikle rölyef düşme tipi heyelanlarda daha etkilidir [21]. Deprem ve iklimik gibi tetikleyici koşullar ise heyelanın büyüklüğü üzerinde etkilidir. Özellikle iklimik unsorda yağışın şiddeti, sıklığı ve süresi heyelanı alansal büyüklüğü ve yoğunluğunu etkilemektedir [4,5,24,25]. Aynı şekilde depremin merkez üssü ve faya uzaklığı heyelan büyüklük ve yoğunluğunu değiştirmektedir [26,27]. Bu faktörler heyelanın

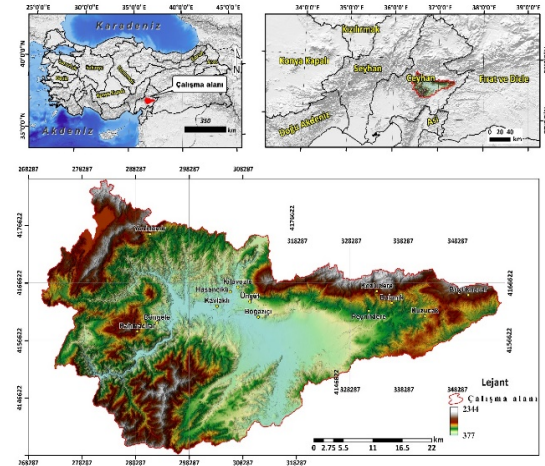
topoğrafyadaki izlerini ve bölgesel anlamda desenini belirlemektedir. Heyelanın havzadaki dağılım paterninin anlaşılması mekânsal ve zamansal açıdan heyelan olabilirliğinin anlaşılmasına katkı sağlar [28]. Bu nedenle heyelan dağılımını ve bunu etkileyen faktörlerin doğru değerlendirilmesi doğru çıktılar elde etmek açısından önemlidir. Verilerin daha kolay işlenebildiği CBS ve Uzaktan algılama teknolojileri heyelanı kontrol eden faktörlerin bir arada değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır. Bu durum bölgesel anlamda yamaç süreçlerinin denetiminde hangi faktörün etkili olduğunun anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Etkin faktörlerin çıktıları yamaç evriminin kestirilmesini sağlayarak heyelan duyarlılık ve tehlikesinin belirlenmesinde katkı oluşturmaktadır. Heyelanın zemin koşulları içindeki deseni pek çok çalışmada ortaya konulmuştur [5,7,26,28-30]. Heyelan desenini iyi bir şekilde ortaya konulması için heyelan envanterinin titizlik ile hazırlanması gerekmektedir. Uzmanın etkisi ve enstrümanlar bu açıdan önemlidir. Heyelanın tespiti ve doğruluk oranı faktörlerin ilişkisinin ortaya daha doğru konulmasını sağlamaktadır. Özellikle bölgesel olarak orta ölçek mekânsal çalışmalarda hazırlayıcı faktörlerin dağılım deseni yamaç sürecini daha iyi ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, öncelikle genel varsayımları belirlenen ana tipte heyelanları sınıflandırarak literatürde en çok ilişkilendirilen topoğrafik, çevresel ve jeolojik unsurlar içinde heyelanın orta ölçekte nasıl dağılım sergilediğini ana hatlarıyla belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında veri kalitesi, arazi-birim tipi ve istatistiksel sonuçlar eleştirel bir şekilde değerlendirilmiştir. Son olarak, veri toplama, bulgular ve bilgi aktarımı ile ilgili genel yorumlara değinilmiştir.

### 1.1. Çalışma Sahasının Özellikleri

Çalışma alanı, Türkiye'nin güneyinde Akdeniz Bölgesi'nin Ceyhan ana havzasının yukarı kesimini oluşturmaktadır. Fiziki sınırları havza esasına göre belirlenen çalışma alanı yerleşmenin yoğun olduğu Kahramanmaraş merkez ve dolaylarını kapsamaktadır. Çalışma alanı 36°25'31"-37°21'52" D ve 37°47'18"-37°21'14" K koordinatlarında yaklaşık

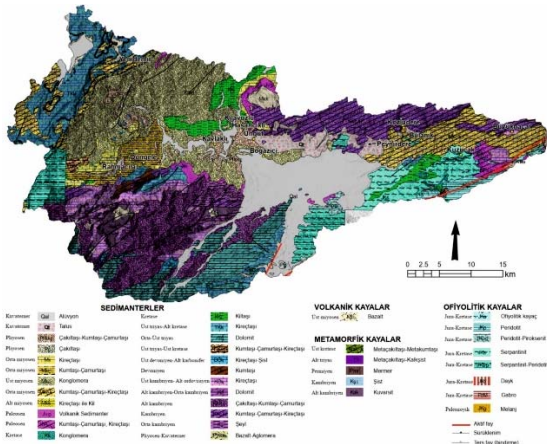
2000 km<sup>2</sup>'lik bir alana sahiptir. Havzanın uzun ekseninin (85 km) kısa eksenine (47 km) oranı 0,55'tir. Çalışma alanı belirlenirken heyelan ve yerleşme yoğunluğu kapsamında fiziksel topoğrafik ünite bütünlüğü esas alınmıştır (Şekil 1). Çalışma alanında Kahramanmaraş'ın Onikişubat, Dulkadiroğlu, Türkoğlu ilçe merkezleri ve bu ilçelere ait mahalleler yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası

Çalışma alanı morfolojik olarak büyük bir bölümü dağlık olmak üzere ovalık alanları da içermektedir. Havzada en yüksek eğim 68° ortalama eğim ise 18,5°'dir. En düşük yükselti 260 m en yüksek 2344 m olup ortalama yükselti 942 m'dir. Yüksek eğim ve rölyef çoğunlukla çalışma alanının kuzey ve güneybatı bölümünde akarsu ve yamaç süreçleri etkindir. Yamaç süreçleri bu alanda daha etkindir. Havzanın kuzeyinde Ceyhan nehrinin yan kollarının oluşturduğu "V" tipi vadiler görülmektedir. Bunun tam tersi olarak Ceyhan nehri ve kolları tarafından oluşturulan düşük eğim ve rölyef değerlerini içeren ovalık alanlar havzanın güneydoğu bölümünde etkindir. Köppen iklim sınıflandırmasına göre Akdeniz iklimini yansıtan "Csa" alt iklim çalışma alanının tamamında etkilidir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kahramanmaraş istasyon 1960-2022 yılları arası verilerine göre havzanın yıllık ortalama sıcaklığı 16,8 °C ve yıllık ortalama yağış 707 mm'dir. En yüksek aylık toplam yağış 2012 Ocak ayında 321 mm olarak gerçekleşmiştir.

Geç Kretaseden başlayan Arap-Afrika ve Avrasya levhasının yaklaşması ve Neotetisin kapanmasıyla gerçekleşen sıkıştırma rejimi Orta Miyosende bölgede deformasyonlar oluşturmuştur [31-33]. Bu deformasyon sonucu Arap levhası ile Avrasya levhası arasındaki kıta-kıta çarpışması ve Arap levhasının Avrasya levhasına kuzey yönlü baskısı sonucu levhalar arasında Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı (DAF) transform fayları bölgede sınırlanmıştır [33,34]. Güncel tektoniğin ve buna bağlı deformasyonların etkin olduğu çalışma alanı Ölü Deniz Fayı (ÖDF) Arap ile Afrika, DAF ise Arap ile Anadolu levhaları arasındaki tektonik sınırlara karşılık gelmektedir [35]. Çalışma alanı litolojik birim açısından sedimanterlerin etkin olduğu bununda güneydeki ovalık alanlarda Kuvaterner alüvyonları, kuzeybatıda Miyosen yaşlı konglomeraları, Kuzeydoğuda Miyosen ve Kambriyen yaşlı kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı, güneydoğuda çoğunluk Jura-Kretase yaşlı serpantinler, güneybatıda kireçtaşları bulunmaktadır (Şekil 2).

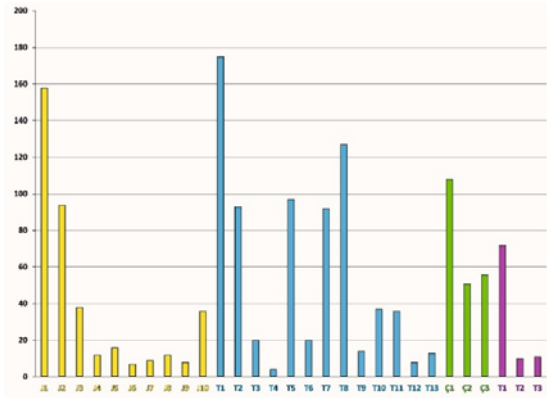


Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası [36-38]

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada heyelan envanterinin oluşturulurken yüksek çözünürlüklü Sentinel 2 (10 m) uydu görüntüsünden, Harita Genel Müdürlüğünden alınan (5x5 m) ve 1:25000 ölçekli topoğrafya haritalarından çalışma alanına ait sayısal yükseklik modelinden (10x10m) yararlanılmıştır. Heyelan envanteri uydu görüntülerinden heyelanın arazide

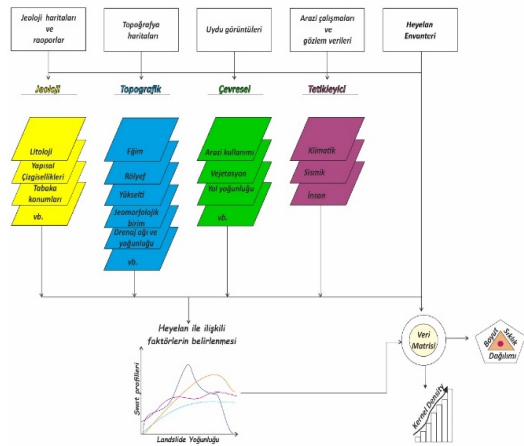
bıraktığı kalıntılardan, yamaç şekilsel özelliklerinden ve SYM üzerinden alınan yamaç profillerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Şekilsel özelliklerinden çıkarılamayan heyelanlar hem alansal hem de tiplerine ilişkin yersel doğrulamalar arazi çalışmaları ile yapılmıştır. Heyelanlar ana tipleri bazında (düşme, kayma, akma) [20] sınıflandırılmıştır. Heyelan sınıflandırmanın yanı sıra aktivite durumu yeni heyelan üretme çatlakları, heyelan malzemesinin erozyonu, akarsu kanal gelişimi, bitki örtüsü varlığından aktif ve aktif olmayan şeklinde sınıflandırılmıştır [8]. Literatüre göre en 20 atıf alan heyelan çalışmalarında (Şekil 3) heyelan koşullarıyla ilişkilendirilmiş jeolojik, topoğrafik, çevresel ve tetikleyici faktörler çalışma sahasımız için arazi çalışmaları, bölgesel koşullar ve swat profilleri [39] birlikte değerlendirilerek uzman tarafından belirlenmiştir.



Şekil 3. Heyelan çalışmalarında kullanılan parametreler (En az 20 atıf alan uluslararası yayınlar arasından seçilen 200 çalışma) [40]

İlişkilendirilen/muhtemel faktör değer bilgileri heyelanlara taşınarak veri matrisleri oluşturulmuştur. Bunlardan eğim, yükselti, rölyef ve Topoğrafik nemlilik indeksi (*ing. topographic wetness index (TWI)*) karakteristikleri kernel yoğunluğuna göre mekansal dağılımları değerlendirilmiştir (Şekil 4). SYM verisi yükselti ve eğim değerlerinin hesaplanmasında da kullanılmıştır. SYM verisinden havza içerisinde oluşturulan 2000 m<sup>2</sup>'lik dikdörtgen alanlar içindeki en düşük ve en yüksek farka karşılık gelen rölyef değerleri de elde edilmiştir. Heyelanların uzun

eksenleri kısa eksenlerine oranlanarak heyelan tiplerine göre değişim şekli incelenmiştir. Litolojik birimler ile heyelan tipleri ilişkilendirilerek litolojik birimlerin heyelan tipleri içerisindeki yoğunlukları ve heyelanların aktif fayla olan mekânsal ilişkisi tamponlama (*ing. buffer*) analizleriyle incelenmiştir. Bu bakımdan fayı merkez alan 250 m tampon zonları oluşturulmuş ve bu zonlar içerisinde kalan heyelanların yoğunlukları tespit edilmiştir.

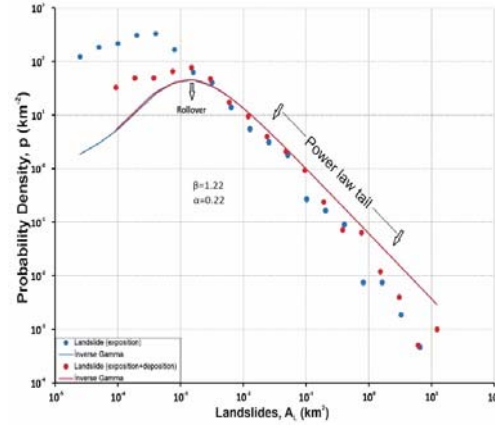


Şekil 4. Yönteme ilişkin akış şeması

### 3. BULGULAR

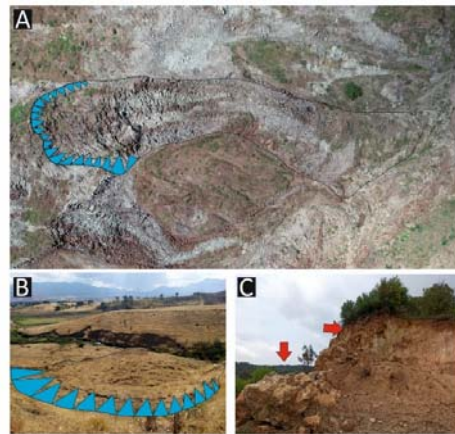
#### 3.1. Heyelan Dağılımı ve Büyüklükleri

Çalışma alanında 441 adet heyelan (Şekil 7) tanımlanmıştır. Heyelan alanı 71,5 km<sup>2</sup> alan kaplamakta ve çalışma alanının %3,6'sına karşılık gelmektedir. Bu heyelanların en küçüğü 0,0005 km<sup>2</sup>, en büyüğü ise 10,1 km<sup>2</sup> Döngele paleo (eski) heyelanı'dır. Envanter heyelanlarının boyutlarına bakıldığında ekstrem büyüklükteki Döngele paleo heyelanı dâhil olmak üzere göreceli olarak 4 heyelan (10,1-5,1 km<sup>2</sup>) çok büyük, 10 heyelan büyük (5,1-1,0 km<sup>2</sup>), 41 heyelan orta (1,0-0,1 km<sup>2</sup>), 342 heyelan küçük (0,1-0,001 km<sup>2</sup>) ve 44 heyelan ise (<0,001 km<sup>2</sup>) çok küçük boyuttadır. Heyelan büyüklüğü ve sıklığı arasındaki kavramsal ilişkide orta büyüklükte heyelanlar üstel kanunları (*ing. Power law*) takip etme eğilimindedir [41,42]. Ancak büyük heyelanlar sıklık ilişkisinde eğrinin altında görünmektedir. Buna karşın daha sık görülen küçük heyelanlar fonksiyonun üstündedir.

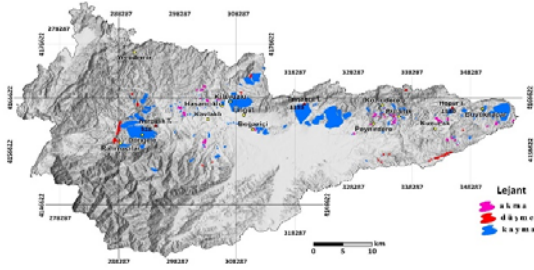


Şekil 5. Heyelan büyüklüğü (kaynak alan (mavi) ve tüm alan (kırmızı)) ile sıklığı arasındaki kavramsal ilişki

Kayma (329 adet), düşme (54 adet), akma (58 adet) (Şekil 4) olarak 3 ana tip altında toplanan heyelanların (Şekil 6) %98'sini (70 km<sup>2</sup>) kaymalar, %0,8'ini (0.6 km<sup>2</sup>) düşmeler, %1,1'ini (0.8km<sup>2</sup>) ise akmalar oluşturmaktadır. 170 adet kayama tipi heyelan aktif olup, 1,7 km<sup>2</sup> alana ve toplam kayma tipi heyelanların %2,4'üne karşılık gelmektedir. Havzadaki havzanın kuzeyinde ve batı kesiminde yoğunlaşmaktadır. Heyelan tiplerine bakıldığında aktif akmalar havzanın batı kesiminde Kuzucak ve Büyüknacar yerleşmelerinde (Şekil 6A), aktif kaymalar Kavlaklı bölgesinde (Şekil 6B), aktif düşmeler ise havzanın batı kesiminde Başkonuş (Şekil 6C) bölgesinde görülmektedir (Şekil 7).

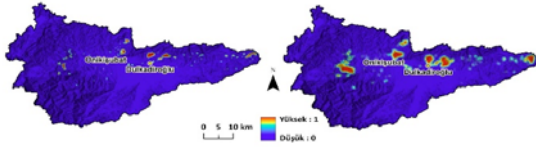


Şekil 6. Çalışma alanındaki heyelan tiplerine örnekler



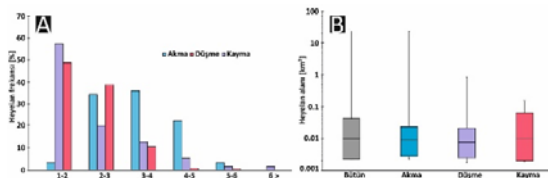
Şekil 7. Heyelan tipleri dağılım haritası

Heyelanın kaynak noktasına ve tüm alanına göre değerlendirilen heyelan yoğunluğunda Onikişubat ve Dulkadiroğlu bölgesinde yoğunluk kazandığı görülmektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Heyelanın kaynak alanı (A) ve tüm alanına (B) göre yoğunluk haritaları.

Heyelanın kısa eksen oranları heyelanın etki mesafesini (*ing. runoff*) belirlemesini sağlamaktadır [21]. Heyelan uzunluk-genişlik oranı değerleri 1-7 arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 9A). Bu oranlar heyelan tiplerine göre farklılıklar göstermektedir. Akma ve düşmelerde oransal olarak farklar daha yüksektir. Kayma ve düşmelerdeki oransal fark yakındır. Toplam heyelanlarda akma ve düşmelerde etki mesafesi ortalama olarak yüksektir. Akma tipi heyelanlarda en yüksek 5,5 ortalama ise 3,4, düşme tipi heyelanlarda en yüksek 6,1 ortalama ise 2,3 ve kayma tipi heyelanlarda ise en yüksek 5,4 ortalama ise 2,2 olarak belirlenmiştir.

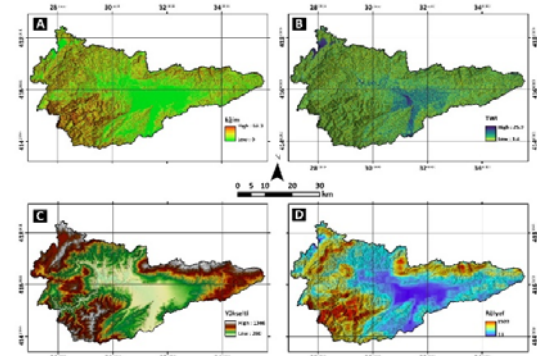


Şekil 9. Heyelan ana tiplerine göre uzunluk genişlik oranları (A) ve alansal dağılımları (B). Şekil B'da yer alan heyelan alanının ölçüğü logaritmik olarak (Log10) verilmiştir

## 3.2. Bölgesel Heyelan Dağılımını Kontrol Eden Faktörler

### 3.2.1. Topoğrafik Faktör

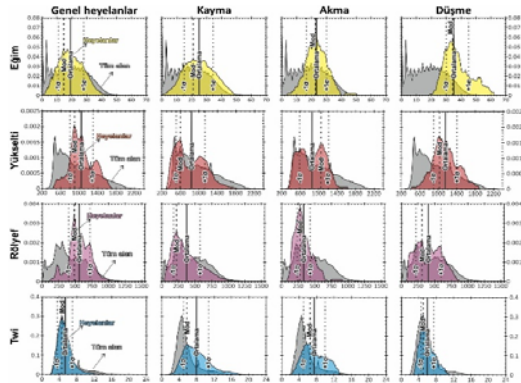
Heyelan oluşumu ve dağılımında topoğrafik faktörlerin etkisini ortaya koymak için farklı tipteki heyelanın kaynak kısmından alınan eğim, yükselti, rölyef ve topoğrafik nemlilik indeksi (TWI) bilgileri (Şekil 10) kernel yoğunluk kestirimine göre normalize edilerek analiz edilmiştir.



Şekil 10. Çalışmada kullanılan başlıca topoğrafik parametreler. (A) Eğim, (B) Topoğrafik nemlilik indeksi, (C) Yükseklik, (D) Topoğrafik rölyef

Elde edilen bulgularda havza eğim değerlerinin en yüksek  $68^\circ$  ve ortalama eğimin  $18,5^\circ$  olduğu, heyelan tipi fark etmeksizin heyelanların en yüksek  $56,5$ , ortalama ise  $19,5^\circ$  eğim değerlerinde olduğu görülmektedir. Heyelan tipi olarak bu değerlere bakıldığında kaymaların  $3^\circ - 55^\circ$  arasında eğim değerlerinin değiştiği ve bu tipteki heyelanların ortalama eğiminin  $23,5^\circ$  olduğu tespit edilmiştir. Akmalarda ise bu değerler  $7,6^\circ - 46,1^\circ$  değişmekte olup, akmaların eğim ortalaması ise  $23,5^\circ$ 'dir. Düşmeler akma ve kaymalara göre daha yüksek eğim değerlerine sahip olup havza içinde  $24,5^\circ - 56,5^\circ$  eğim değerlerinde ve düşme tipi heyelanların ortalama eğimi  $37,5^\circ$ 'dir (Şekil 11). Yükselti faktöründeki değerlerde havzanın 260 m-2344 m yükselti değerleri arasında değiştiği ve havza ortalamasının 942 m olduğu görülmektedir. Genel olarak heyelanlar 431-1711 m yükseltelerde dağılmakta ve bu heyelanların yükselti ortalaması 1053 m'dir. Heyelan tip bakımından yükseltelerde kaymalar 442-1703 m arasında dağılım göstermekte

ve ortalaması 820 m'dir. Akmalarda ortalama 852 m ve alt limit değer 510m bakımından kaymaların üzerinde üst limit bakımında kaymalardan daha düşük 1460 m değerlerine sahiptir. Düşme tipi heyelanlar ise diğer iki ana tip heyelana göre 583-1711 m arasında daha yüksek alanlarda olup, ortalaması ise 1146 m'dir (Şekil 10). Minimum ve maksimum yükselti farkı değerlerini ifade eden rölyef değerlerinde havza en düşük 11m en yüksek 1503 m ve ortalama 431 m rölyef değerlerine sahiptir. Tüm heyelanlarda bu değerler en düşük 117 m en yüksek 1022 m ve ortalama havza ortalamasında yüksek 560 m'dir. Heyelan bazında kaymalarda en düşük 123m en yüksek 1022 ve ortalama 371 m olarak belirlenmiştir. Akmalarda bu değerler en düşük 171 m en yüksek 828 m ve ortalama 338 m olduğu görülmektedir. Düşme tipi heyelanlar ise, en düşük 198 m en yüksek 754 m ve ortalama 411 m değerlerine sahiptir (Şekil 10). Topoğrafyada suya doygun alanları ve boyutlarını ifade etmek amacıyla özgül havza alanının yamaç eğimine oranlanması ile elde edilen [43] TWI değerlerinde havza en düşük 1,2 olup, en yüksek 25,9 ve ortalama 5,7 değerlerine sahiptir. Tüm heyelanlarda en düşük 1,6 en yüksek 18,6 ve ortalama 5,3 görülmektedir. Heyelan tipine göre kaymalarda en düşük 2,7, en yüksek 18,6 ve ortalama ise 7,9'dur. Akmalarda en düşük 3,9 en yüksek 12 ve ortalama 7,52'dir. Düşme tipinde ise en düşük 3,8 olup, en yüksek 9,8 ve ortalama 5,8 değerleri görülmektedir (Şekil 10).



**Şekil 11.** Farklı heyelan tipleri için eğim, yükseklik, rölyef ve TWI değerlerinin olasılık dağılım kestirimleri.  $\pm 1\sigma$  (standart sapma) değerleri toplam verinin  $\sim 70\%$ 'ine karşılık gelmektedir

### 3.2.2. Litoloji

Çalışma alanında heyelan tipine göre her bir heyelanın kaynak alanından alınan litolojik bilgilerine göre değerlendirme yapılmıştır. Havza içinde litolojik birimler açısından en geniş alanı  $8,5\%$ 'i Kambriyen yaşlı (Kkçki) ve  $8,7\%$ 'si Orta Miyosen (Mkçk) yaşlı olmak üzere  $312 \text{ km}^2$  ile Kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı birimleri oluşturmaktadır. En fazla heyelanı da barındıran bu birimlerde, Kambriyen yaşlı (Kkçki) alanında  $27\%$  ve Orta Miyosen (Mkçk) yaşlı alanında  $10,2\%$  olmak üzere toplam heyelanın  $37,2\%$ 'si gerçekleşmiştir. Bu birimlerde oransal olarak en fazla payı  $37,6\%$  ile kaymalar oluşturmaktadır. Akma tipi heyelanlarında en fazla  $50\%$ 'si Orta Miyosen kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı birimlerinde gözlemlenmiştir. Alan bakımından ikinci sırada  $294 \text{ km}^2$  ile farklı yaşlara sahip Orta Miyosen, Üst Triyas-Alt Kretase, Üst Kambriyen- Alt Ordovisiyen kireçtaşı birimleri bulunmaktadır. Bu birimler toplam heyelan kaynak alanının  $\sim 5 \text{ km}^2$ 'si ve  $10,6\%$ 'sına karşılık gelen kısmını oluşturmaktadır. Üçüncü sırada,  $\sim 290 \text{ km}^2$ 'lik bir alanı kaplayan Üst Miyosen yaşlı konglomera birimleri bulunmaktadır. Bu birimler toplam heyelan kaynak alanının  $2,84 \text{ km}^2$ 'si ve  $6\%$ 'sına karşılık gelen kısmını oluşturmaktadır. Bu birimlerde  $2,75 \text{ km}^2$ 'si gibi büyük çoğunluğunda kaymalar meydana gelmiştir. Dördüncü sırada ise  $\sim 261 \text{ km}^2$  ile kuvaterner alüvyonları yer alır. Bu birimler, havzanın  $14,3\%$ 'ünü oluşturur. Bu alanlarda da sadece kaymalar gözlemlenmiş olup, toplam heyelanın  $0,2\%$ 'sini teşkil eder. Heyelan bakımından elde edilen bulgulara bakıldığında kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı birimlerinden sonra heyelanın ikinci en çok kaynaklandığı birim talus depoları olup, havzada  $\sim 69 \text{ km}^2$ 'lik bir alanı kaplamaktadır. Bu birimlerde düşme ve kayma tipi heyelanlar gerçekleşmiştir. Düşmelerin  $28\%$ 'i, kaymaların ise  $8,8\%$ 'i bu birimlerde tespit edilmiştir. Heyelan yüzdeleri bakımından diğer birimlere bakıldığında Orta Miyosen ve Kretase-Paleosen yaşlı kumtaşı-çamurtaşı  $6,7\%$ 'sini, Jura-Kretase yaşlı serpantin-peridotit  $6\%$ 'sını, Paleosen yaşlı volkanik sedimanter  $5,4\%$ 'ünü, Kretase yaşlı kilitaşı  $4,6\%$ 'sını, Alt Miyosen yaşlı killikireçtaşı  $2,8\%$ 'ini, Pliyosen ve Alt Kambriyen yaşlı

çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı %1,4'ünü, Devoniyen yaşlı peridotit %0,1'ini, Jura-Kretase yaşlı kumtaşı %0,4'ünü, Alt Cambriyen-Orta Cambriyen yaşlı dolomit %0,2'ini, Jura-Kretase yaşlı peridotit %0,1'ini, Orta Cambriyen yaşlı şeyl %0,01'ini oluşturmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Litolojik birimlerin heyelan tipine göre yoğunlukları

Litoloji Birim	Adı	Zaman	Simge	Bütün havza			Bütün heyelan			Akma			Düşme			Kayma		
				Alan (km <sup>2</sup> )	%	Havza içindeki yoğunluk	Alan (km <sup>2</sup> )	%	Havza içindeki yoğunluk	Alan (km <sup>2</sup> )	%	Havza içindeki yoğunluk	Alan (km <sup>2</sup> )	%	Havza içindeki yoğunluk	Alan (km <sup>2</sup> )	%	Havza içindeki yoğunluk
Pliyosen	Çakıltı-Kumtaşı-Çamurtaşı	PKKç	42.9	2.4	0.05	0.46	1.0	0.0002	0.04	0.01	0.000002	0.003	0.01	0.000001	0.45	0.9	0.0002	
Kretase	Kiltaş	KK	57.4	3.2	0.03	2.19	4.6	0.001	0.04	0.09	0.00002			2.15	4.5	0.001		
Orta Milyosen	Konglomera	Mko	289.9	15.9	0.14	2.84	5.9	0.001	0.08	0.16	0.00004	0.01	0.02	0.00001	2.75	5.8	0.001	
Orta Milyosen	Kumtaşı-Çamurtaşı	Mkc	42.4	2.3	0.02	3.09	6.5	0.002	0.001	0.00	0.000003	0.01	0.01	0.000003	3.08	6.4	0.002	
Kretase-Çamurtaşı	KFKç		15.0	0.8	0.01	0.13	0.3	0.0001	0.01	0.03	0.00001			0.11	0.2	0.0001		
Kretase-Paleosen	Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaş	Mkkç	158.0	8.7	0.08	4.88	10.2	0.002	0.16	0.33	0.00008	0.01	0.02	0.000004	4.71	9.9	0.002	
Orta Milyosen	Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaş	Mkkç	65.5	3.6	0.03	0.04	0.1	0.00002	0.02	0.04	0.00001	0.004	0.01	0.000002	0.01	0.0	0.00001	
Jura-Kretase	Serpantinit	JKS	79.4	4.4	0.04	2.88	6.0	0.001	0.0006	0.001	0.0000003			2.88	6.0	0.001		
Jura-Kretase	Serpantinit-Peridotit	JKSp	184.3	10.1	0.09	0.23	0.5	0.0011				0.001	0.002	0.0000004	0.23	0.5	0.0011	
Alt Cambriyen	Çakıltı-Kumtaşı-Çamurtaşı	KKç	18.9	1.0	0.01	1.33	2.8	0.001	0.01	0.03	0.00001			1.31	2.7	0.001		
Alt Cambriyen	Kil-kireçtaş	Mkk	39.8	2.2	0.02	4.28	9.0	0.002			0.09	0.2	0.00005	4.18	8.8	0.002		
Orta Milyosen	Kireçtaş	Mk	87.8	4.8	0.04	0.20	0.4	0.0001					0.001	0.002	0.0000004	0.20	0.4	0.0001
Orta Milyosen-Alt Cambriyen	Kireçtaş	KDK	154.1	8.5	0.08	11.50	27.0	0.01			0.01	0.03	0.00001	12.89	27.0	0.006		
Cambriyen	Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaş	Mkkç	202.1	11.2	0.01	0.03	0.1	0.00002			0.03	0.1	0.00002					
Jura-Kretase	Peridotit	Jp	18.5	1.0	0.01	0.01	0.01	0.000003			0.001	0.002	0.00000	0.005	0.01	0.000002		
Orta Cambriyen	Şeyl	KS	69.1	3.8	0.03	8.67	18.2	0.004			0.08	0.2	0.00004	8.59	18.0	0.004		
Kuvaterner	Talıs	TK	71.1	1.2	0.01	2.56	5.4	0.001			0.01	0.03	0.00001	2.55	5.3	0.001		
Paleosen	Volkanik Sedimantar	Pvk	8.8	0.5	0.004	0.19	0.4	0.0001						0.19	0.4	0.0001		
Devoniyen	Kumtaşı	DK	17.9	1.0	0.01	0.09	0.2	0.00005						0.09	0.2	0.00005		
Alt Cambriyen-Orta Cambriyen	Dolomit	Kd	0.8	0.0	0.0004	0.19	0.4	0.0001						0.19	0.4	0.0001		
Permiyen	Memmer	Pmr	260.9	14.3	0.13	0.01	0.02	0.000004						0.01	0.02	0.000004		
Kuvaterner	Alüvyon	Qal	167.0	9.2	0.08	0.57	1.2	0.0003						0.57	1.2	0.0003		
Üst Triyas-Alt Joretase	Kireçtaş	TKK	1819.6	100	0.91	47.7	100	0.02	0.3	0.7	0.0002	0.3	0.6	0.0001	47.1	98.7	0.02	

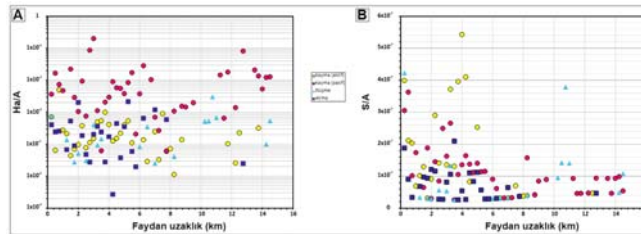
### 3.2.3. Yapı

Heyelan tipine göre her bir heyelanın kaynak alanından alınan sayısının tampon zon alanına oranının faya uzaklığa bağlı ilişkisi incelenmiştir. Heyelan sayısının tampon alanına oranlanmasında faya yakın alanlarda aktif ve pasif kayma tipi heyelan sayısının yoğunlaştığı görülmektedir (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**). Fakat kayma tipi heyelanlar sayısal olarak her 0.25 km'lik tampon zonun %90'nında bulunmaktadır. Korelasyon katsayılarına bakıldığında pasif kaymalar için -0.50 ile aktif kaymalar için -0.44 ile faya uzaklık ile aralarında güçlü bir negatif ilişki çıkmaktadır. Akmaların sayısal olarak 0.250-8 km arasında zonlarda yoğunlaştığı görülmektedir. Faya uzaklığı sayısal bakımından kaymalardaki gibi benzer bir eğilim gösteren düşmeler -0,36 korelasyon katsayı değeri ile negatif ilişkinin görülmektedir. Düşmeler 0.05 korelasyon katsayısına göre faya uzaklık arttıkça düşme değeri

hafifçe artma eğilimindedir, ancak ilişki çok zayıftır.

Heyelanın kaynak alanının ve tampon zon alan bilgilerine oranının faya uzaklığa bağlı heyelan ilişkisi de değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede kayma tipi heyelanın alansal olarak 0,25 km aralıklı tampon zonlarının %90'nından fazlasında alan kaplamaktadır. Faya uzaklık ilişkisinde aktif kaymalarda -0,25, pasif kaymalarda -0,05 korelasyon görülmektedir. Buradaki negatif ilişki aktif kaymalarda daha fazladır.

Akmalar alansal olarak 0,250-8 km arasındaki zonda yoğunlaşmaktadır. Heyelan alan zon alan oranının faya uzaklık korelasyonu 0,045 ile çok zayıf bir pozitif korelasyon olduğunu göstermektedir. Düşmelerde ise diğer tip heyelanlara göre 0,33 korelasyon katsayısı pozitif bir doğrusal ilişki göstermektedir.



Şekil 12. Faydan olan uzaklıklara göre heyelan alan (A) ve sayı yoğunluğunun (B) azalımı



#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Flüviyal ve tektonik süreçlerin etkin olduğu Ceyhan havzasının yukarı kesimi derin vadilere ve yüksek topoğrafik rölyefin sonucu dağlık, yüksek eğimli dağ-ova geçişlerine ve düz ovalık alanlara sahiptir. Yerleşim yeri olarak bölgede daha yüksek eğime sahip dağ-ova geçişlerinin olduğu paleo heyelan topoğrafyası tercih edilmiştir. Çalışmada, fiziki (heyelan) ve beşeri etkileşimin (nüfus ve yerleşme) yoğun olduğu havza sınırları alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmada, sınırları belirlenen alanda heyelanların dağılımı, tipi, büyüklüğü, aktivitesi, topoğrafik ve litolojik etkilerini ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmektedir. Çalışmada heyelan dağılımı karakteristiği tetikleyici faktörden bağımsız hazırlayıcı koşullar üzerinden değerlendirilmiştir. Bu kapsamda çalışma alanında 442 heyelan alanı belirlenmiş olup, toplam havza yüzölçümünün %3,6'sını kapladığı tespit edilmiştir. Çalışma alanındaki heyelanların çoğunluğu kayma tipinde olup, bu tip heyelanlar toplam alanın %70'ini oluşturmaktadır. Bu durum, çalışma alanının topoğrafyanın kayma tipi heyelanları daha sık oluşturduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, düşme ve akma tipi heyelanların da mevcut olması, farklı faktörlerin etkisine işaret etmektedir. Heyelanların topoğrafyada dağınık dağılımı, çalışma alanının heterojen jeolojik bileşime, farklı litolojik birimlere ve topoğrafik özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, heyelanların büyüklük dağılımı oldukça geniş olması çeşitli mekanizmaların etkili olduğunu ve geniş bir yelpazede süreçlerin rol aldığını düşündürmektedir. Heyelan aktivitesinin zaman zaman etkin olduğu bölgede 0.0005 km<sup>2</sup> iken en büyük alanı 10,1 km<sup>2</sup> heyelanın bulunduğu ve bu heyelanların bir kısmının iç içe geliştiği görülmüştür. Heyelanların havzanın kuzeyinde ve batı kesiminde yerleşmenin yoğun olduğu sahalarda bulunması dikkat çekicidir. Bu alanlardan Kavlaklı, Bulanık ve Kuzucak bölgelerinde gerçekleşen heyelanların diğer bölgelere göre daha aktif olduğu tespit edilmiştir. Akma ve düşmelerde etki mesafesinin yüksek olması tehlike ve risk oluşturmaktadır. Bu nedenle tip ve boyutsal açıdan farklılıklara sahip bu heyelanları dağılımını kontrol mekanizmasının bilinmesi önem taşımaktadır.

Litolojik dağılım incelendiğinde, Kambriyen yaşlı kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı birimlerde toplam heyelanın %27'si Orta Miyosen yaşlı kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşının %10,2'sinde meydana geldiği görülmüştür. Bu, belirli litolojik özelliklerin heyelan oluşumları üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Fakat bu birimlerde Kambriyen yaşlı olanlarında çoğunlukla paleo kaymalar bulunmaktadır. Bulanık ve Kuzucak bölgelerinde aktif heyelanların Orta Miyosen kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı birimlerinde gerçekleşmiştir. Aktif heyelanın yoğun olduğu Kavlaklı bölgesinde Kretase yaşlı kilitaşı ve Üst miyosen konglomera birimlerinde kaymaların yoğun olarak tespit edilmiştir. Bunun dışında 170 heyelanın aktif heyelanın çoğunluğunun daha genç jeolojik birimlerde yer alması dikkat çekmektedir.

Faydan uzaklığın yakın olan zonlarda alansal olarak daha küçük heyelanların fay tarafından denetlendiği düşünülmektedir. Fayın denetiminin belirsiz olduğu, faya yakın zonlarda azalan yoğunluk değerlerinin daha sonraki mesafelerde bağımsız davrandığı korelasyonun dışında olmasından kaynaklanmaktadır. Şu durum belirtilmeli yapılan arazi çalışmalarında 06 Şubat 2023 depremlerinde çalışma sınırlarında belirli birkaç düşme dışında çalışma alanı sınırlarında heyelan gözlenmemiştir. Bu durumun tetikleyici koşulların bu alanda daha iklimik kaynaklı olduğunu düşündürmektedir.

Eğim, yükselti, rölyef ve topoğrafik nemlilik indeksi (TWI) gibi topoğrafik faktörlerin heyelan yoğunluğunu etkilediği görülmüştür. Havzanın genel olarak dağılımda tüm faktör sınıflarında pozitif çarpıklık sergilendiği belirlenmiştir. Eğimin etkisi düşme ve akmalarda kaymalara göre daha fazladır. Belirli bir akma ve kaymalarda yükseltinin grafiğinin çift hörgüç yapması yükseltinin farklı etkenlerle birlikte çalıştığını göstermektedir. Öte yandan düşmelerin 1000 m yükseltiden sonra 30-40° eğim değerlerinde görülmesi daha çok fiziksel ayrışma etkinliğini açıklama niteliindedir. Genel heyelanlar ile benzer dağılım gösteren topoğrafik nemlilik indeksi heyelan tipi özelinde akma ve kaymalarda yüksek değerlerde görülmektedir. Bu durumun özellikle akmaların zemin su içeriğinin yüksek olduğu alanlarda oluştuğunu

kanıtlamaktadır. Bu durumun topoğrafik faktörlerin heyelan oluşumları üzerindeki etkilerini göstermektedir. Tektonik olarak aktif bir alan olan araştırma alanında sıkıştırma rejimin etkili olduğu [44] düşünüldüğünde topografyadaki değişimin heyelan aktivitesini etkileyeceği öngörülmektedir. Genel sonuç olarak çalışmada, topoğrafik faktörlerin heyelanların dağılımı üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu ve bu etkileşimin karmaşık bulunduğu gösterilmektedir. Dik eğimler ve yüksek yükseltiler, heyelanların daha sık meydana geldiği alanlarda belirgin olarak görülmüştür. Bununla birlikte, bu çalışmada rölyefin belirli alanlarda heyelanların dağılımını etkilediği belirlenmiştir. Daha düz alanlarda heyelanların daha seyrek olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli ve sonrasındaki depremlerin topografya meydana getireceği değişiklik zemin stabilitesi ve dolayısıyla heyelan aktivitesini değiştireceği düşünülmektedir [45-48]. Yaşlı birimlerdeki heyelanların stabilizeye ulaştığı paleo heyelanlar gözlemlenmiştir. Fakat buradaki beşerî aktivite bu paleo heyelanların belirli bölümlerini yeniden aktif hale getirmektedir. Bunun dışında genç litolojide ve genç tektonik etkisinde görülmesi gençleşme süreçlerinin de heyelan oluşumunda önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Nihai sonuç olarak heyelan olgusunun jeolojik, topoğrafik ve çevresel faktörlerle karmaşık bir etkileşim içinde olduğunu göstermektedir. Bulgular, bu tür analizlerin doğal afetlerin risk değerlendirmesi ve yönetimi açısından kritik öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır. Bu veriler, gelecekteki heyelan duyarlılık, tehlike ve risk çalışmalarına katkı sağlayacaktır. Afet öncesi çalışmalar için önemli bir temel oluşturacağı düşünülmektedir.

## 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından 2021/7-19 A nolu "Kahramanmaraş'ta Heyelanların Zamansal Aktivite Durumu, Jeomorfolojik Karakteristikleri ve Oluşumlarında Etkili Olan Faktörlerin Belirlenmesi (Bu proje bölgesel sorunların 205. Maddesi olan "Kahramanmaraş'ta doğal afet (heyelan, sel taşkın, deprem vb.) oluşturulabilecek

durumlara yönelik çalışmalar" ile ilişkilidir.)" adlı altyapı projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı yazar teşekkürlerini sunmaktadır. Ayrıca yazar hakemlere de katkılarından dolayı teşekkürlerini sunmaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

1. Fidan, S., Görüm, T., 2020. Türkiye’de Ölümcül Heyelanların Dağılım Karakteristikleri ve Ulusal Ölçekte Öncelikli Alanların Belirlenmesi, *Türk Coğrafya Dergisi*, (74), 123-134.
2. Malamud, B., Turcotte, D., Guzzetti, F., Reichenbach, P., 2004. Landslide Inventories and Their Statistical Properties. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29(6), 687-711.
3. Henriques, C., Zêzere, J.L., Marques, F., 2015. The Role of the Lithological Setting on the Landslide Pattern and Distribution. *Engineering Geology*, 189, 17-31.
4. Tsai T.-L., 2008. The Influence of Rainstorm Pattern on Shallow Landslide. *Environmental Geology*, 53, 1563-1569.
5. Mărgărint, M.C., Niculiță, M., 2017. Landslide Type and Pattern in Moldavian Plateau, NE Romania. *Landform Dynamics and Evolution in Romania*, 271-304.
6. Rib, H.T., Liang, T., 1978. Recognition and Identification. *Transportation Research Board Special Report*, 176.
7. Varnes, D.J., 1978. Slope Movement Types and Processes. *Special Report*, 176, 11-33.
8. Dikau, R., 1999. The Recognition of Landslides. *Floods and Landslides: Integrated Risk Assessment*, Springer.
9. Hansen, A., 1984. *Landslide Hazard Analysis. Slope Instability*.
10. Pang, D., Liu, G., He, J., Li, W., Fu, R., 2022. Automatic Remote Sensing Identification of Co-Seismic Landslides Using Deep Learning Methods. *Forests*, 13(8), 1213.
11. Wang, T., Liu, M., Zhang, H., Jiang, X., Huang, Y., Jiang, X., 2021. Landslide Detection Based on Improved Yolov5 and Satellite Images. 2021 4th International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence (PRAI), 367-371.

12. Mondini, A., Guzzetti, F., Reichenbach, P., Rossi, M., Cardinali, M., Ardizzone, F., 2011. Semi-Automatic Recognition and Mapping of Rainfall Induced Shallow Landslides Using Optical Satellite Images. *Remote Sensing of Environment*, 115(7), 1743-1757.
13. Görüm, T., 2019. Landslide Recognition and Mapping in a Mixed Forest Environment From Airborne Lidar Data. *Engineering Geology*, 258, 105155.
14. Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., Reichenbach, P., 1999. Landslide Hazard Evaluation: A Review of Current Techniques and Their Application in A Multi-Scale Study. *Central Italy, Geomorphology*, 31(3-4), 181-216.
15. Dikau, R., Brunsten, D., Schrott, L., Ibsen, M. L., 1997. *Landslide Recognition: Identification, Movement, and Causes*, Edition. International Association of Geomorphologists.
16. Dai, F., Lee, C., 2001. Frequency-Volume Relation and Prediction of Rainfall-Induced Landslides. *Engineering Geology*, 59(3-4), 253-266.
17. Regmi, N.R., Giardino J.R., Vitek, J.D., 2014. Characteristics of Landslides in Western Colorado. USA, *Landslides*, 11(4), 589-603.
18. Wu, C.H., Chen, S.C., Chou, H.T., 2011. Geomorphologic Characteristics of Catastrophic Landslides During Typhoon Morakot in the Kaoping Watershed. Taiwan, *Engineering Geology*, 123(1-2), 13-21.
19. Hungr, O., Leroueil, S., Picarelli, L., 2014. The Varnes Classification of Landslide Types, an Update. *Landslides*, 11(2), 167-194.
20. Varnes, D.J., 1958. *Landslide Types and Processes*. *Landslides and Engineering Practice*, 24, 20-47.
21. Cihangir, M.E., Görüm, T., 2016. Kelkit Vadisinin Aşağı Çığrında Gelişmiş Heyelanların Dağılım Deseni ve Oluşumlarını Kontrol Eden Faktörler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 66.
22. Huggett, R., Shuttleworth, E., 2022. *Fundamentals of Geomorphology*. Edition, Taylor & Francis.
23. Jeandet, L., Steer, P., Lague, D., Davy, P., 2019. Coulomb Mechanics and Relief Constraints Explain Landslide Size Distribution. *Geophysical Research Letters*, 46(8), 4258-4266.
24. Vasu, N.N., Lee, S.-R., Pradhan, A.M.S., Kim Y.-T., Kang, S.-H., Lee, D.-H., 2016. A New Approach to Temporal Modelling for Landslide Hazard Assessment Using an Extreme Rainfall Induced-Landslide Index. *Engineering Geology*, 215, 36-49.
25. Zêzere, J., Vaz, T., Pereira, S., Oliveira, S., Marques, R., Garcia, R.A., 2015. Rainfall Thresholds for Landslide Activity in Portugal: A State of The Art. *Environmental Earth Sciences*, 73, 2917-2936.
26. Gorum, T., Fan, X., Van, Westen, C.J., Huang, R.Q., Xu, Q., Tang, C., Wang, G., 2011. Distribution Pattern of Earthquake-Induced Landslides Triggered by the 12 May 2008 Wenchuan Earthquake. *Geomorphology*, 133 (3-4), 152-167.
27. Keefer D.K., 2002. Investigating Landslides Caused by Earthquakes-A Historical Review. *Surveys in Geophysics*, 23, 473-510.
28. Cihangir, M.E., Görüm, T., Nefeslioğlu, H.A., 2018. Heyelan Tetikleyici Faktörlerine Bağlı Mekânsal Hassasiyet Değerlendirmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (70), 133-142.
29. Micu, M., 2017. Landslide Types and Spatial Pattern in the Subcarpathian Area. *Landform Dynamics and Evolution in Romania*, 305-325.
30. Basu, T., Pal, S., 2018. Identification of Landslide Susceptibility Zones in Gish River Basin. West Bengal, India, *Georisk: Assessment and Management of Risk For Engineered Systems and Geohazards*, 12(1), 14-28.
31. Dewey, J., Hempton, M., Kidd, W., Saroglu, F., Şengör, A., 1986. Shortening of Continental Lithosphere: The Neotectonics of Eastern Anatolia A Young Collision Zone. *Geological Society, London, Special Publications*, 19(1), 1-36.
32. Mckenzie, D., 1972. Active Tectonics of the Mediterranean Region. *Geophysical Journal International*, 30(2), 109-185.
33. Şengör, A.C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, *Tectonophysics*, 75(3-4), 181-241.
34. Şengör, A., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları-Fundamentals of The Neotectonics of

- Turkey, Geological Society of Turkey, Conference Series.
35. Kürçer, A., Elmaci, H., Özdemir, E., Güven, C., Selim, Ö., 2023. 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri Genişletilmiş Bilgi Notu, Technical Report, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara.
  36. Usta, D., 2018, 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Gaziantep-N37 Paftası No: 266, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
  37. Sümengen, M., 2014. 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Gaziantep- M 37 Paftası No: 215, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
  38. Sümengen, M., 2014. 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Gaziantep- M 37 Paftası No: 216, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
  39. Pérez-Peña, J.V., Al-Awabdeh, M., Azañón, J.M., Galve, J.P., Booth-Rea, G., Notti, D., 2017. Swath Profiler and N Profiler: Two New Arcgis Add-Ins for the Automatic Extraction of Swath and Normalized River Profiles. *Computers & Geosciences*, 104, 135-150.
  40. Gökçeoğlu, C., Ercanoğlu, M., 2001. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler. *Yerbilimleri*, 22(23), 189-206.
  41. Guzzetti, F., Malamud, B.D., Turcotte, D.L., Reichenbach, P., 2002. Power-Law Correlations of Landslide Areas in Central Italy. *Earth and Planetary Science Letters*, 195(3-4), 169-183.
  42. Malamud, B.D., Turcotte, D.L., Guzzetti, F., Reichenbach, P., 2004. Landslide Inventories and Their Statistical Properties. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29(6), 687-711.
  43. Moore, I.D., Grayson, R.B., 1991. Terrain-Based Catchment Partitioning and Runoff Prediction Using Vector Elevation Data. *Water Resources Research*, 27(6), 1177-1191.
  44. Ergün, A., 1989. Doğu Toroslar'da Çarpışma Sonrası Kratonik Havzaların Evrimi. *Mta Dergisi*, 109, 77-88.
  45. Akinci, A.C., Ünlügenç, U.C., 2023. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri: Sahadan Jeolojik Veriler, Değerlendirme ve Adana için Etkileri. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 38(2), 553-569.
  46. Aksoy, E., Akgün, E., Softa, M., Koçbulut, F., Sözbilir, H., Tatar, O., Çolak Erol S., 2023. 6 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Depreminin Doğu Anadolu Fay Zonu Erkenek ve Pazarcık Segmentleri Üzerindeki Etkisi: Çelikhan-Gölbaşı (Adıyaman) Arasından Gözlemler. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 5(1), 85-104.
  47. Gokceoglu, C., 2023. 6 February 2023 Kahramanmaraş-Türkiye Earthquakes: A General Overview, *The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 417-424.
  48. Meng, J., Kusky, T., Mooney, W.D., Bozkurt, E., Bodur, M.N., Wang, L., 2024. Surface Deformations of the 6 February 2023 Earthquake Sequence. *Eastern Türkiye, Science*, 383(6680), 298-305.