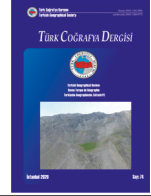




Basılı ISSN 1302-5856

**Türk Coğrafya Dergisi**  
**Turkish Geographical Review**  
 www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



## Türkiye’de ölümcül heyelanların dağılım karakteristikleri ve ulusal ölçekte öncelikli alanların belirlenmesi

*Distribution characteristics of fatal landslides in Turkey and determination of priority areas at national scale*

Seçkin Fidan<sup>\*a</sup> Tolga Görüm<sup>a</sup>

<sup>a</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Sarıyer, İstanbul.

ORCID: S.F. 0000-0001-9970-0047; T.G. 0000-0001-9407-7946

### BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 03.05.2020

Kabul/Accepted: 19.06.2020

#### Anahtar Kelimeler:

Heyelan  
 Ölümcül heyelan  
 Heyelan veri tabanı  
 Mann-Kendall  
 Sen's slope metot

#### Keywords:

Landslide  
 Fatal landslide  
 Landslide database  
 Mann-Kendall  
 Sen's slope method

#### \*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(S. Fidan) fidans19@itu.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.731596

#### Atf/Citation:

Fidan, S. ve Görüm, T. (2020). Türkiye’de ölümcül heyelanların dağılım karakteristikleri ve ulusal ölçekte öncelikli alanların belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi* (74), 123-134.

DOI:10.17211/tcd.731596

### ÖZ / ABSTRACT

Türkiye’de her yıl onlarca kişinin ölümüne neden olan çok sayıda heyelan olayı meydana gelmektedir. Ancak Türkiye’de gerçekleşen heyelan olaylarının bu yönüyle ele alınması ve ölümlerin kaydedilmesi günümüze kadar ihmal edilmiştir. Bu kapsamda, 1929’dan 2019’a kadar Türkiye’de ölümcül heyelan olaylarını kapsayan bir veri tabanı, önceden belirlenmiş anahtar kelimeler kullanılarak akademik makaleler, afet ve şehir yıllık raporlarından, devlet ve yardım ajansları raporlarından, ulusal ve yerel basılı ve dijital medya raporlarını içeren çeşitli Türkçe kaynaklardan derlenmiştir. İncelenen dönemde, 1343 kişinin ölümüne neden olan 389 heyelan olayı tespit edilmiştir. Heyelan olayları ve ölümlerin zamansal dağılım karakteristiklerini belirlemek için kullanılan Mann-Kendall (MK) testi ve Sen’s slope yöntemine göre 1929-2019 yıllarını kapsayan dönemde hem olay hem de ölü sayılarında artış eğilimi görülmektedir. Yıl içerisinde yaz mevsiminde yoğunluk gösteren bu heyelan olayları, Doğu Karadeniz Bölümü ve İstanbul çevresi olmak üzere iki yoğunluk bölgesi oluşturmaktadır. Genel olarak, Doğu Karadeniz Bölümü doğal faktörlerle denetlenen ölümcül heyelanlar ile temsil edilirken, İstanbul ve çevresi antropojenik faktörlerle denetlenen ölümcül heyelanlar ile temsil edilmektedir. Mekânsal olarak ölümcül heyelanlar, 81 ilin 67’sindeki 227 farklı ilçede kaydedilmiştir. Öncelikli alanların belirlenmesi, heyelana maruz kalan yerleşim yerinin nüfusu ve kaydedilen heyelan sayısı ile hesaplanan olasılık değerinin, ölü sayısı ile ilişkisi üzerinden değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, ölümcül heyelanların nihai dağılım desenine göre, topografik engebeliğin ülke ortalamasının üzerinde olduğu Doğu Karadeniz Bölümü’nde yer alan il ve ilçelerdeki ölümlü heyelan frekansının ülkenin diğer engebeli bölümlerinden çarpıcı bir şekilde yüksek olduğu ortaya konulmuştur.

*Annually, a large number of landslide events that resulted in the deaths of dozens of people occur in Turkey. However, the preparation of an inventory of fatal landslide events in Turkey has been neglected until today. In this respect, a database on fatal landslide events in Turkey for the period from 1929 to 2019 was compiled from various sources comprising national and local printed and digital media reports with pre-determined keywords in Turkish, academic papers, disaster, and city annual reports, and government and aid agency reports. In the studied period, 389 landslide events that caused of death 1343 people were detected. According to the Mann-Kendall (MK) test and Sen's slope method, which is used to determine the temporal distribution characteristic of landslide events and deaths, an increasing trend is observed in both events and the number of deaths in the period comprising 1929-2019. These landslide events, which show intensity in the summer during the year, constitute two major density regions, the Eastern Black Sea Region and the Istanbul environment. In general, the Eastern Black Sea Region is represented by fatal landslides triggered by natural factors, while fatal landslides triggered by anthropogenic factors characterize the Istanbul and near vicinity. Spatially, fatal landslides were recorded in 227 different counties in 67 of 81 cities. The determination of the priority areas was evaluated by the population of the settlements exposed to the landslide and the probability value calculated with the number of landslides recorded and the relationship with the number of the dead. In conclusion, based on the final distribution pattern we revealed that the frequency of the landslides in provinces and districts where the topographic roughness is above the country average, at the Eastern Black Sea Region are strikingly high from the other hilly sections of the country.*

## 1. Giriş

Heyelanlar, doğal kaynak ve aynı zamanda can ve mal kayıplarına neden olan, frekansı en yüksek en sık rastlanan doğal tehlikelerden biridir. Kaya, toprak ve molozların veya bunların kombinasyonundan oluşan yamacı oluşturan materyalin belirli bir eğim boyunca hareket etmesi olarak tanımlanan heyelanlar (Varnes, 1978), ani veya uzun süreli aşırı yağış, deprem, volkanik aktivite, ani kar erimesi ve antropojenik faaliyetlere bağlı olarak tetiklenmektedir (Varnes, 1978; Cruden ve Varnes, 1996; Guzzetti, 2006). Heyelanlar, dünya genelinde her yıl binlerce insanın ölümüne (Nadim vd., 2006; Petley, 2012; Froude ve Petley, 2018; Haque vd., 2019) ve milyarlarca dolar ekonomik kayba yol açmaktadır (Dai vd., 2002; Klose vd., 2015).

Doğa olayları, meydana geldiği yerlerde çok sayıda insanın ölümüne ve yaralanmasına neden olmakla birlikte aynı zamanda ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu bakımdan, doğa olayları insan ve insana ait unsurları etkilemesi, etkilerinin de yerel imkânlar ile çözülememesi durumunda afet niteliği kazanır. Doğa olaylarının insan yaşamı ve toplum üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması ve/veya önüne geçilebilmesi için doğa olaylarının iyi bir şekilde tanınması önem taşımaktadır (Dölek, 2020).

Doğal afetleri anlamak için afetleri izlemek, kaydetmek ve analiz etmek gerekir. Afet veri tabanları bu adımların her biri için önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle, kıtasal ve küresel ölçekte birden fazla tehlikeyi kapsayan afet veri tabanlarıyla birlikte belirli bir tehlike türüne özgü veri tabanları da oluşturulmuştur. Dünyanın en sık rastlanan tehlike türleri arasında yer alan heyelanların ise envanter gelişimi son yıllarda önemli ilerleme göstermiştir.

Heyelanların mekânsal ve zamansal dağılımları ile neden oldukları ölümlerin bilinmesi, kayıpların ve zararların daha iyi anlaşılmasını kolaylaştıracaktır. Bu sayede, heyelan olaylarına bağlı kayıpların ve zararların önlenmesi veya en aza indirgenmesini mümkün kılacaktır. Bu bakımdan, geçmiş heyelan olaylarını içeren güvenilir envanterler, gelecekteki heyelan tehlikesi ve riskinin anlaşılması konusunda çok önemlidir (Guzzetti vd., 2012).

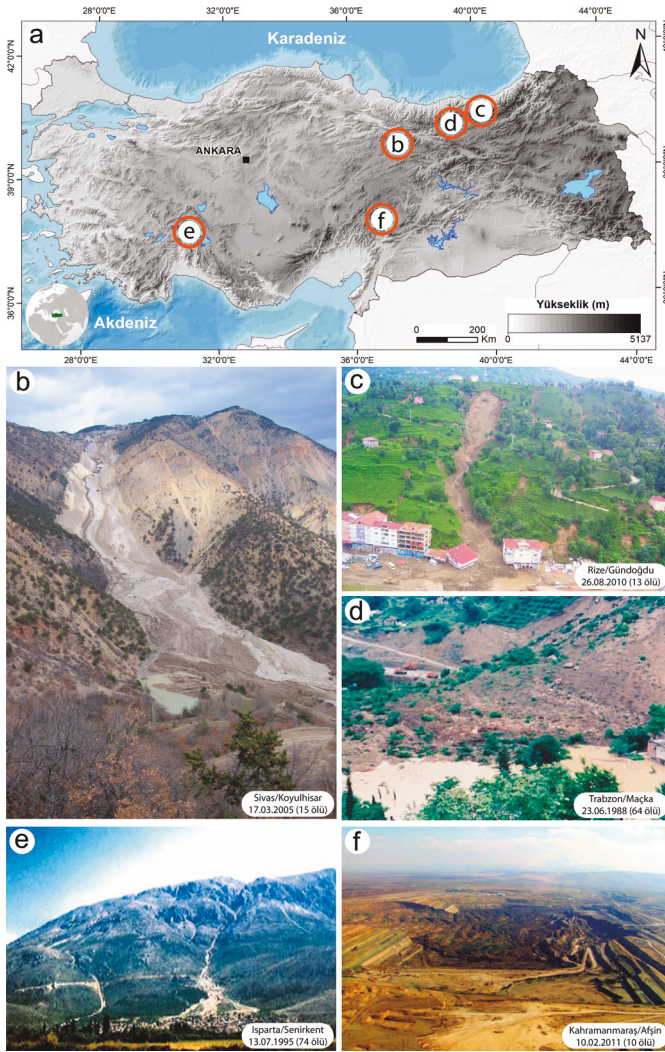
Genellikle heyelan envanteri olarak adlandırılan bir heyelan veri tabanı, geçmişte meydana gelen heyelanların sistematik olarak derlendiği bir katalogdur (Hervás, 2013; Damm ve Klose, 2015). Bir heyelan envanteri, heyelan duyarlılığının, tehlikesinin ve riskinin nicel olarak ortaya konmasında anahtar bir rol oynamaktadır (Guzzetti vd., 2003; Görüm vd., 2011; Hervás, 2013; Van Den Eeckhaut vd., 2013; Van Westen vd., 2013). Heyelan envanterleri, heyelanların meydana geldiği yer, tarih, tip, tetikleyici faktör, ölü ve yaralı sayısı ile ortaya çıkan ekonomik kayıplar hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu bakımdan son yirmi yılda çok sayıda ulusal (Guzzetti, 2000; Damm ve Klose, 2015; Lin ve Wang, 2018; Zhang ve Huang, 2018; Diaz vd., 2020), bölgesel (Sepúlveda ve Petley, 2015; Haque vd., 2016; Taylor vd., 2015) ve küresel ölçekte (Nadim vd., 2006; Petley, 2012; Froude ve Petley, 2018; Kirschbaum vd., 2010; Kirschbaum vd., 2015) heyelan veri tabanları oluşturulmuştur.

Küresel veri tabanları, heyelanların sadece bir kısmını temsil eden ölümcül ve katastrofik olayların dağılım desenleri ve etkileri hakkında genel bilgi sunmaktadır (Petley, 2012; Kirschbaum vd., 2010). Etkileri ve sonuçları bakımından yerel ölçekte

gerçekleşen heyelanların çok azı küresel ölçekte dikkat çekmekte ve küresel veri tabanları yerel ölçekte gerçekleşen heyelanların yalnızca bir kısmını içermektedir (Spizzichino vd., 2010). Bu nedenle, küresel veri tabanları zaman ve mekânda karmaşık bir dağılım gösteren heyelanların etkilerini ve sonuçlarını tam anlamıyla yansıtmamaktadır. Dolayısıyla, daha güvenilir olan heyelan kayıtları genellikle ulusal ve/veya bölgesel veri tabanları tarafından sağlanmaktadır (Damm ve Klose, 2015). Ülkemizde ise Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından oluşturulan veri tabanları olmasına rağmen, son yıllarda önemli gelişme gösteren ölümcül heyelanları içeren bir veri tabanı bulunmamaktadır.

Birçok çalışma, nüfusun yoğun olduğu yüksek dağlık ülkelerde şiddetli hava koşulları ve sismik aktivite ile ölümcül heyelan dağılımı arasında belirgin bir mekânsal korelasyon olduğunu göstermektedir (Froude ve Petley, 2018; Kirschbaum vd., 2012; Kirschbaum vd., 2015; Haque vd., 2019). Heyelan olaylarının görüldüğü diğer dağlık ülkelere benzeyen Türkiye, aynı zamanda yüksek (ortalama yükseklik >1100 m) ve tektonik olarak aktif bir ülkedir. 1995 ve 2014 yılları arasında 27 Avrupa ülkesinde meydana gelen toplam 476 ölümcül heyelan sonucu 1370 kişi hayatını kaybetmiştir. Çalışmaya göre, yaklaşık 40 olayın neden olduğu 335 ölüm ile Türkiye'nin Avrupa ülkeleri arasında ilk sırada olduğu görülmektedir (Haque vd., 2016). Ülkemizde 1950–2008 yılları arasında kaydedilen 13494 heyelan ve 2956 kaya düşmesi olayı toplam 78767 kişiyi (afet türlerine göre %27,63) ve 7175 yerleşim birimini (tüm yerleşim birimlerinin %20,07'si) etkilemiştir (Gökçe vd., 2008). Bununla birlikte, ülkenin farklı bölgelerinde 1929, 1962, 1964, 1968, 1980, 1988, 1990, 1995, 2005 ve 2010 yıllarında gerçekleşen heyelan olayları sonucunda yüzden fazla insan hayatını kaybettiği ve ciddi ekonomik kayıpların meydana geldiği bilinmektedir. Doğal faktörlere bağlı olarak 23 Haziran 1988'de Trabzon'a bağlı Maçka ilçesinin Çatak mahallesinde 64, 13 Temmuz 1995'te Isparta ilinin Senirkent ilçesinde 74, 17 Mart 2005'te Sivas ilinin Koyulhisar ilçesine bağlı Sugözü köyünde 15 ve 26 Ağustos 2010'da Rize ilinin Gündoğdu beldesinde 13 kişi ile antropojenik faktörlere bağlı olarak 10 Şubat 2011'de Kahramanmaraş'ın Afşin ilçesindeki Çöllolar açık ocak işletmesinde 10 kişinin ölümüne neden olan heyelanlar örnek olarak sıralanabilir (Şekil 1). Bütün bunlar dikkate alındığında heyelanların ülkemiz için önemli bir sorun olduğu ve bu yönüyle de ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Heyelanlar olayları genellikle deprem, aşırı yağış veya şiddetli fırtına gibi birincil olaylar ile tetiklendiği için heyelanların neden oldukları ölü ve yaralı sayıları genellikle birincil olaylara atfedilmektedir. Ayrıca olaydan etkilenen yaralı ve kayıp kişilerin akıbetlerinin sonradan güncellenmemesi nedeniyle heyelanların yol açtığı kayıpların ve zararların boyutları tahmin edilenden veya var olandan çok daha düşük olarak belirlenmektedir. (Schuster, 1996; Görüm, 2006; Froude ve Petley, 2018; Haque vd., 2019). Diğer taraftan, dijital ve yazılı medya araçlarının günümüzdeki gelişmişliğinden uzak olduğu dönemlerde ulaşım, haberleşme ve yerleşim birimlerinden uzak bölgelerde meydana gelen ölümcül heyelanların kaydedilmesi ise hiç mümkün olmamıştır. Gerek kayıt altına alınamayan gerekse sonuçlarının tespiti doğru bir şekilde yapılamayan heyelanlar da düşünüldüğünde, ülkemizdeki heyelan sorunun çok daha önemli boyutlarda olduğunu söylemek mümkündür.



**Şekil 1.** a) Türkiye Ölümcül Heyelan Veri Tabanı'nın mekânsal kapsamı ve örnek heyelan olayları, b) 17 Mart 2005 tarihinde 15 kişinin ölümüne neden olan Sugözü (Sivas /Koyulhisar) moloz akması (fotoğraf: AFAD heyelan albümü), c) 26 Ağustos 2010 tarihinde 13 kişinin ölümüne neden olan Gündoğdu (Rize) heyelanları (fotoğraf: AFAD heyelan albümü), d) 23 Haziran 1988 tarihinde 64 kişinin ölümüne neden olan Çatak (Trabzon/Maçka) heyelanı (Fotoğraf: m.me/214415935350213), e) 13 Temmuz 1995 tarihinde 74 kişinin ölümüne neden olan Senirkent (Isparta) heyelanı (Fotoğraf: Yeşilkaya vd., 1996), f) 10 Şubat 2011 tarihinde 10 kişinin ölümüne neden olan Çöllolar (Kahramanmaraş/Afşin) açık ocak işletmesi heyelanı (Fotoğraf: Özbay ve Cabalar, 2014).

**Figure 1.** a) Spatial extent and example fatal landslide events from Turkey Fatal Landslide Database b) Sugözü (Sivas / Koyulhisar) debris flow, which caused the death of 15 people on March 17, 2005 (photo: AFAD landslide photo album), c) Gündoğdu (Rize) landslides that caused the death of 13 people on 26 August 2010 (photo: AFAD landslide album), d) Çatak (Trabzon / Maçka) landslide that caused the death of 64 people on 23 June 1988, (photo: m.me/214415935350213), e) Senirkent (Isparta) landslide that caused the death of 74 people on 13 July 1995 (photo: Yeşilkaya vd., 1996), f) Çöllolar open-pit mine slide (Kahramanmaraş/Afşin), which killed 10 people on 10 February 2011 (photo: Ozbay and Cabalar, 2014).

Ülkemizde tekil heyelan olaylarına ve heyelan envanterlerine yönelik birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, ölümlerle sonuçlanmış heyelan olayları hakkında çok az bilgiye sahibiz. Oysaki ülkemizde her yıl onlarca insanın ölümüyle sonuçlanan çok sayıda heyelan olayının meydana geldiği bilinmektedir. Dolayısıyla ölümcül heyelanların ve sonuçlarının ihmal edilmesi, heyelanların neden olduğu insani ve ekonomik kayıpların gerçekçi olmayan bir şekilde anlaşılmasına neden olmaktadır. Heyelan kaynaklı can ve mal kayıplarının önlenmesine ve/veya en aza

indirgenmesine yönelik çalışmalar, heyelanların envanter bilgisiyle mümkün olmaktadır. Bu nedenle, çalışma kapsamında dijital ve yazılı medya araçları kullanılarak son 91 yılda ülkemizde meydana gelen ölümcül heyelan olaylarının kaydedilmesiyle Türkiye Ölümcül Heyelan Veri Tabanı oluşturulmuştur. Ölümcül heyelanlar ve neden olukları ölümlerin zamansal ve mekânsal dağılımı hakkında kapsamlı ve güvenilir bilgi sunan bu yeni envanter ile (1) ölümcül heyelanların neden olduğu kayıpların ve zararların daha iyi anlaşılması, (2) ülke genelinde olay ve ölü sayısı bakımından önceliğin gözetilmesi gereken alanların tespit edilmesi, (3) söz konusu bu öncelikli alanlarda yerel ve bölgesel planlamaların hayata geçirilmesi konusunda yapılacak olan yatırımların yönlendirilmesine katkı sunulması hedeflenmiştir.

Türkiye Ölümcül Heyelan Veri Tabanı, temel olarak ülkemizdeki ölümcül heyelanlar hakkında ayrıntılı bilgi toplamayı ve sağlamayı amaçlamaktadır. Veri tabanı, ölümcül heyelanların sadece dağılımını ve bu dağılımı kontrol eden topoğrafik ve iklimsel faktörleri değil, aynı zamanda yerel ve bölgesel ölçekte tehlike ve risk azaltma çalışmalarının daha kapsamlı şekilde anlaşılması için oluşturulmuştur. Bu çalışmada ele alınan ölümcül heyelan envanterinin oluşturulma süreci ve yapılan mekânsal analizler ile ülkemizdeki mevcut durumun analiz edilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Veri ve Yöntem

### 2.1. Bilgi Kaynakları ve Veri Toplama

Ülkemizde meydana gelmiş ölümcül heyelan kayıtlarına erişebilmek için Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA)'nin Küresel Heyelan Kataloğu (GLC) ile Froude ve Petley (2018) tarafından hazırlanan Küresel Ölümcül Heyelan Veri Tabanı (GFLD) incelenmiştir. Ayrıca, Afetlerin Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi (CRED) tarafından geliştirilen Acil Durumlar Veri Tabanı (EM-DAT) ele alınmıştır. Küresel ölçekte kayıt tutan bu veri tabanlarına ek olarak Haque vd. (2016) tarafından hazırlanan Avrupa Heyelan Veri Tabanı (ELS-DAT) da dikkate alınmıştır. Bu veri tabanları, heyelanların tarihlerine, neden oldukları kayıplara, ölümlere, ekonomik kayıplara ve nedenlerine yönelik bilgilerle birlikte, trendlerini ve dağılımlarını gösteren çıktı imkânları sağlamaktadır. Ancak olay kaydetme kriterleri, ölçek ve taranan kaynaklar ile kullanılan dil nedenleriyle, bu veri tabanları yanlış ve/veya eksik bilgi sağlamaktadırlar. Ulusal ölçekte, Gökçe vd. (2008) tarafından Afet Bilgi Envanteri Projesi kapsamında oluşturulan heyelan envanteri ise ölü sayısı bilgisi içermediği için çalışmanın amacına uygun veri sağlayamamıştır (Tablo 1).

Ulusal ölçekte güvenilir ve kapsamlı bir ölümcül heyelan veri tabanı için internet ve yazılı medya araçları ile çeşitli arşivler, ülke medyasının kullandığı heyelan, toprak kayması, moloz akması/akıntısı, çamur akması/akıntısı, yer kayması ve kaya düşmesi gibi anahtar kelimeler kullanılarak incelenmiş ve bu anahtar kelimelerin yer aldığı haber, rapor, makale vb. kaynaklar taranmıştır. Elde edilen ve büyük çoğunluğu medya haberlerinin oluşturduğu yaklaşık 5000 doküman incelenmiştir. Her dokümanın aşağıdaki kriterleri içerip içermediği kontrol edilmiştir:

- Doküman, içerdiği bilgi bakımından gerçekten bir heyelan olayı mı?

- Ölümüne neden olmuş mu?
- Tarih, ölü sayısı ve lokasyon bilgisi içeriyor mu?
- Mükerrer olay mı? Doküman yukarıdaki üç kriteri karşılıyorsa olayın mükerrer olmaması gerekir.

**Tablo 1.** Türkiye'de meydana gelen heyelan olayları ile ölümcül heyelan olaylarının kaydedildiği kaynaklar.

**Table 1.** Sources recorded deadly landslides in Turkey.

Kaynak	Heyelan sayısı	Ölü sayısı	Yıl
EM-DAT (CRED), 2019	11	253	1900-2019
GLC (NASA)	22	53	2007-2019
GFLD (Froude ve Petley, 2018)	53	159	2004-2018
ELS-DAT (Haque, 2016)	~40	335	1995-2014
Gökçe, 2008	16.450	-	1950-2008

İncelenen dokümanların yukarıdaki dört kriteri de karşılaması gerekmektedir. Kriterleri karşılamayan dokümanlar, envanter dışı olarak kabul edilmiştir. Farklı kaynaklardan toplanan tüm bilgiler için yapılan çapraz kontroller ile mükerrer heyelan olayları envanterden çıkarılmıştır. Eğer dört kriterin tamamı karşılanıyorsa, olay gerçekten bir ölümcül heyelan olayıdır ve veri tabanına dâhil edilecek niteliktedir. Araştırmanın ulusal ölçekte Türkçe anahtar kelimelerin kullanılarak yapılması, tespit edilen olayların sayısını ve doğruluk derecesini arttırmıştır. Dolayısıyla, küresel veri tabanlarının kaydettiği çok sayıda ölüme neden olan ve İngilizce olarak haber niteliği kazanan olaylarla birlikte, bir veya iki ölümlü sonuçlanan küçük tekil olaylar da tespit edilmiştir.

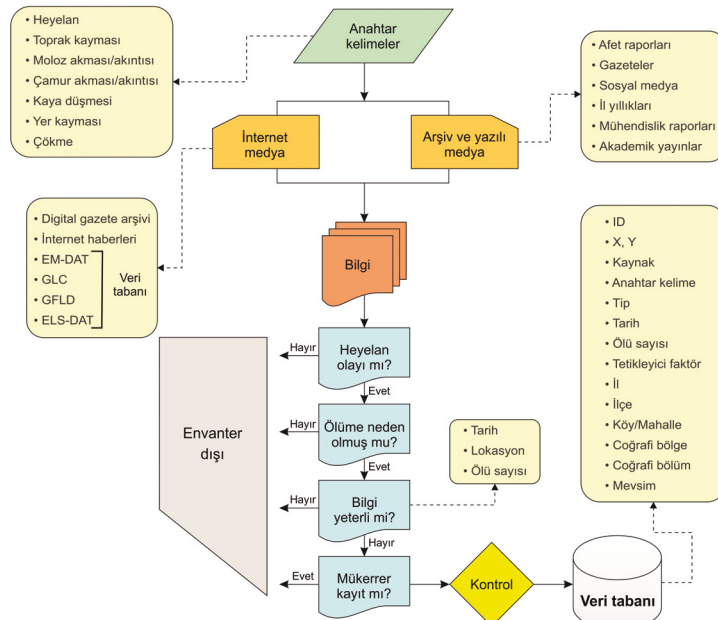
Tespit edilen her bir ölümcül heyelan olayı, kimlik numarası (ID), enlem, boylam, kaynak, anahtar kelime, tip, tarih, ölü sayısı, tetikleyici faktör, il, ilçe, köy, mahalle, coğrafi bölge, bölüm ve mevsim bilgileri ile karakterize edilir. Heyelanların kaynak bilgisi, olay hakkında en fazla detaya ulaşılan kaynak bilgisidir (Örneğin; T.C. Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı, Cumhuriyet Gazete Arşivi, Milliyet Gazetesi ve İhlas Haber

Ajansı). Tarih bilgisi ölümcül heyelanın gerçekleştiği gündür ve tespit edilen olayların neredeyse tamamı için gün, ay, yıl bilgisine ulaşılmıştır. Heyelanların tipi, kaynaklardan elde edilen bilgilerin detayı ölçüsünde kayma, akma, çamur akması ve kaya düşmesi olarak sınıflandırılmıştır. Akademik yayınlar, afet ve mühendislik raporları heyelanların tipi hakkında bilgi sağlama-sına karşın, bilgi kaynaklarının büyük bir bölümünü oluşturan yazılı ve internet medya haberleri nadiren teknik bilgi içerdiği için heyelanların tip bilgisi her olay için hassas bir şekilde kaydedilememiştir. Heyelan olaylarının tetikleyici faktörü doğal (yağış, kar erimesi vb.) ve antropojenik (altyapı çalışmaları, madencilik faaliyetleri, inşaat vb.) olarak iki ana grupta sınıflanmıştır. Tetikleyici faktörü tespit edilemeyen olay ise bilinmeyen (N/A) olarak ayırt edilmiştir. Bilgi kaynakları, ölümcül heyelanların yaklaşık % 90'ını için tetikleyici faktör bilgisini içermektedir. Heyelanların konumları, olayın tespit edildiği kaynağın veya kaynakların sağladığı bilgi ölçüsünde belirlenmiştir. Kaynakların çoğunda heyelanların kesin veya yaklaşık konum bilgisi mevcuttur. Heyelan olayları, kaynakların sağladığı bilgi ölçüsünde uzman görüşüyle Google Earth, uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının değerlendirilmesiyle Google My Maps ortamında diğer öznitelik bilgileriyle noktasal olarak haritalandırılmıştır. Veri tabanında yer alan fakat mekânsal hassasiyeti düşük olan ölümcül heyelanlar, yerleşim birimi bilgisine göre minimum ölçekte köy/mahalle bilgilerine göre uzman görüşü ile yaklaşık olarak belirlenmiştir. Son aşamada ise ölümcül heyelan olayları konum bilgileriyle Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ortamına aktararak Türkiye Ölümcül Heyelan Veri Tabanı oluşturulmuştur (Şekil 2).

## 2.2. Trend Analizi

### 2.2.1. Mann-Kendall testi

Mann-Kendall (MK) testi, bir trendin istatistiksel önemini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Mann-Kendall testi, parametrik olmayan bir yöntemdir ve uç değerlere duyarlı değildir (Mann, 1945; Kendall, 1975). Bu teste, sonra ölçülen her veri daha önce ölçülen tüm verilerle karşılaştırılır ve toplam  $n(n-1)/2$  olası veri çiftleri ile sonuçlanır.



**Şekil 2.** Türkiye Ölümcül Heyelan Veri Tabanı'nın temel aşamalarını gösteren akış şeması.  
**Figure 2.** The flowchart shows the principal stages of Fatal Landslide Database of Turkey.

Burada  $n$ , toplam gözlem sayısını temsil etmektedir (Shah ve Hasan, 2016). Test istatistiği ise aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sing}(X_j - X_i)$$

$$\text{sing}(X_j - X_i) = \begin{cases} 1 & X_j - X_i > 0 \\ 0 & X_j - X_i = 0 \\ -1 & X_j - X_i < 0 \end{cases}$$

burada  $S$ , MK test istatistiği;  $X_j$  ve  $X_i$  zaman serileri;  $N$  ise zaman serisinin uzunluğudur. Sonraki bir zaman aralığındaki bir veri değeri daha önceki bir zaman aralığındaki bir veri değerinden yüksek ise,  $S$  istatistik değeri 1 artar. Aksine, sonraki bir zaman aralığındaki veri değeri daha önceki bir zaman aralığındaki bir veri değerinden düşükse,  $S$  değeri 1 azalır. Bu artışların ve azalışların net sonucu  $S$  istatistik değerini verir (Shahid, 2011). Pozitif  $S$  değeri artan bir trendi gösterirken, negatif  $S$  değeri azalan bir trendin olduğunu göstermektedir. Test istatistiği  $\tau$  (Kendall'ın tau) istatistiksel olarak anlamlı bir eğilimin varlığını göstermek için kullanılır ve şu şekilde hesaplanır:

$$Z = \begin{cases} (S - 1) / \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ (S + 1) / \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} & S < 0 \end{cases}$$

burada  $Z$  değeri 0'dan büyükse zaman serisinin yükselen bir trende sahip olduğunu,  $Z$  değeri 0'dan küçükse zaman serisinin azalan bir trende sahip olduğunu gösterir (Lin ve Wang, 2018).

Hesaplanan  $p$  değerinin, alpha ( $\alpha$ ) önem seviyesinden ( $= 0,05$ ) düşük olduğu durumlarda sıfır hipotezi ( $H_0$ ) reddedilir ve alternatif hipotez ( $H_a$ ) kabul edilir. Bu durumda, gözlemlenen pozitif Kendall'ın  $\tau$  değerine sahip zaman serilerinde istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu sonucuna varılır. Hesaplanan  $p$ -değerinin, alpha ( $\alpha$ ) önem seviyesinden ( $= 0,05$ ) fazla olduğu durumda ise sıfır hipotezi ( $H_0$ ) kabul edilir ve böylece Kendall'ın  $\tau$  değeri istatistiksel olarak önemsiz hale gelir (Shahid, 2011).

### 2.2.2. Sen's slope yöntemi

Sen's slope, Sen (1968) tarafından zaman serilerinin trend analizleri için önerilen parametrik olmayan bir yöntemdir. Uç değerlere duyarlı olmayan Sen's slope metodu zaman serilerinin trend analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Wu vd., 2016; Zhang vd., 2017; Lin ve Wang, 2018). Sen's slope formülü:

$$\beta = \text{Median} \left( \frac{X_j - X_i}{j - i} \right), \forall j > i$$

Burada  $\beta$  zaman serisinin Sen's slope değeri,  $X_j$  ve  $X_i$  zaman serilerini temsil eder.  $\beta$  değeri 0'dan büyük olduğunda zaman serisi artan bir trend, 0'dan küçük olduğunda ise azalan bir trend göstermektedir. Yapılan çalışmada, güven aralığı alpha ( $\alpha$ )=0.05 anlamlılık düzeyinde hesaplanmıştır.

## 2.3. Mekansal Analiz

### 2.3.1 Kernel yoğunluk tahmini

Mekânsal dağılımı karakterize etmek için yapılan tematik haritalar ve kernel yoğunluk tahmini (kernel density estimation), ölümcül heyelanları ve neden oldukları ölümleri sürekli bir yüzey olarak göstermek için kullanılmıştır. Kernel yoğunluk tahmini, her bir raster etrafındaki nokta özelliklerinin yoğunluğunu hesaplar. Kavramsal olarak her bir noktaya düzgün bir kavisli yüzey yerleştirilir ve nokta özelliklerinden birim başına düşen büyüklük hesaplanır. Tüm noktalar, buldukları konuma ve değerlerine bağlı olarak genel bir yoğunluk yüzeyi elde etmek için toplanır. Yüzey değerleri noktanın bulunduğu yerde en yüksektir ve noktadan uzaklaştıkça azalır (Silverman, 1986). Kernel yoğunluk tahmini, 10 km<sup>2</sup> çözünürlükte ve 100 km bant genişliği ile aşağıdaki formülünü uygulayarak ArcGIS mekânsal analiz uzantısı kullanılarak üretilmiştir:

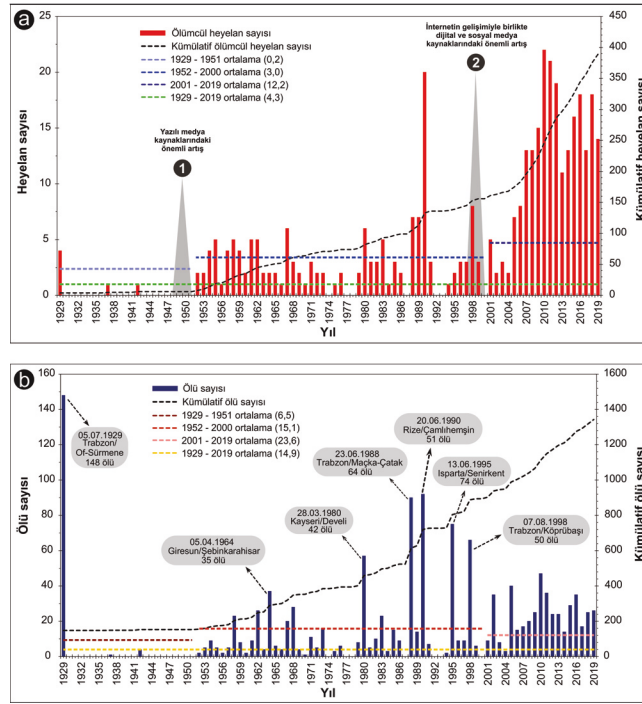
$$f(x,y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n K \left( \frac{d_i}{h} \right)$$

burada,  $f(x,y)$ : konumdaki yoğunluk tahmini ( $x,y$ ),  $n$ : gözlem sayısı,  $h$ : bant genişliği,  $K$ : kernel fonksiyonu,  $d_i$ : konum ( $x, y$ ) ile gözlemin konumu arasındaki mesafedir (Rahman vd., 2018).

## 3. Bulgular

### 3.1. Ölümcül Heyelanların Zamansal Dağılımı

Türkiye Ölümcül Heyelan Veri Tabanı, 1929–2019 yılları boyunca 1343 kişinin ölümüne sebep olan toplam 389 heyelan olayı içermektedir. Türkiye'deki ölümcül heyelan aktivitesi, heyelanların yıllık frekansındaki dalgalanmalarla birlikte 91 yıllık süre zarfında güçlü bir artış göstermektedir. Yıllık ölüm frekansındaki düzensiz güçlü dalgalanmalar, tekil olayların çok sayıda ölüme neden olmasıyla ilişkilidir. 1929–2019 yıllarını kapsayan dönemde yılda ortalama 4 ölümcül heyelan olayı gerçekleşirken, yılda ortalama 15 kişi hayatını kaybetmiştir. Toplam 91 yılın yazılı medya kaynakları ve internetin gelişim dönemlerine göre belirli zaman serilerine bölünmesi, bilgi kaynaklarının gelişimiyle birlikte belirli zaman serileri için yıllık ortalama ölümcül heyelan frekansının ve ölümlerin önemli ölçüde arttığını göstermektedir. 1929–1951 döneminde (yazılı medya gelişimi öncesi dönem) ortalama ölümcül heyelan sayısı 0,2 ve ölüm ortalaması 6,5 iken, yazılı medya (gazete) kaynaklarındaki gelişmişlik düzeyinin arttığı 1952–2000 döneminde ölümcül heyelan ortalaması 3'e, ölüm ortalaması ise 15,1'e yükselmiştir. Zaman içerisinde gelişmişlik düzeyi artmış olan yazılı medya kaynaklarıyla birlikte, 2000'li yıllara doğru internetin yaygınlaşmaya başlaması ile dijital ve sosyal medya kaynaklarında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bilgi kaynaklarının arttığı ve bilgiye erişimin kolaylaştığı 2001–2019 döneminde (internet çağı) ölümcül heyelan ortalaması 12,2'ye yükselirken ölüm ortalaması ise 23,6'ya yükseldiği gözlenir (Şekil 3).



Şekil 3. 1929-2019 yıllarında Türkiye’de gerçekleşen a) ölümcül heyelan sayısı ve b) heyelanların neden olduğu ölü sayısı.  
Figure 3. The number of (a) fatal landslides and (b) fatalities caused by landslides in the period 1929–2019 in Turkey.

Man Kendall testi, kaydedilen verilerin zaman içinde artan veya azalan bir trende sahip olup olmadığını göstermektedir. Tablo 2’de belirli zaman serilerine ait heyelan olayları ve neden oldukları ölü sayıları değerlendirilmiştir. Test sonuçları, 1929–1951 ve 1952–2000 ölümcül heyelan sayısı ile 1929–1951 ölü sayısı zaman serileri dışında diğer zaman serileri için pozitif Kendall’s tau ( $\tau$ ) değerine sahiptir. Hesaplanan p değerinin, alpha ( $\alpha$ ) önem seviyesinden ( $= 0,05$ ) düşük olduğu için sıfır hipotezi ( $H_0$ ) reddedilmiş ve alternatif hipotez ( $H_a$ ) kabul edilmiştir. Bu durumda, gözlemlenen pozitif Kendall’ın  $\tau$  değerine sahip zaman serilerinde istatistiksel olarak ölümcül heyelan sayıları ile heyelanlara bağlı ölümlerin anlamlı bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, ölümcül heyelan sayısı ( $p < 0,05$ ) ve ölü sayısı ( $p < 0,05$ ) tüm zaman serisi (1929–2019) boyunca bir artış trendine sahiptir. Buna ek olarak, 2001–2019 zaman serisi boyunca ölümcül heyelan sayısında ( $p < 0,05$ ) önceki zaman serilerine göre çok ciddi bir artış görülmektedir.

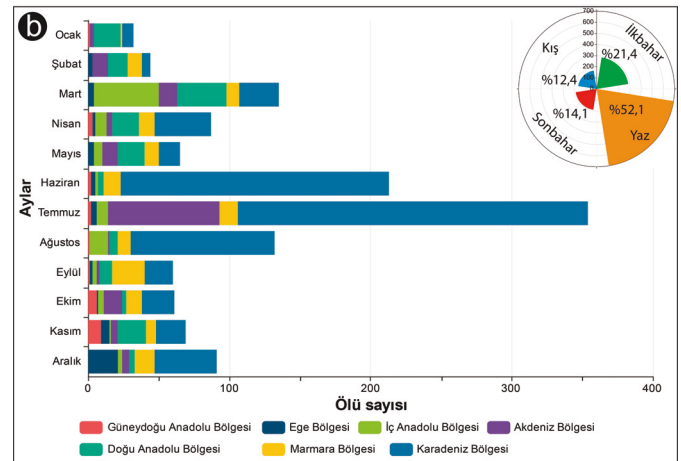
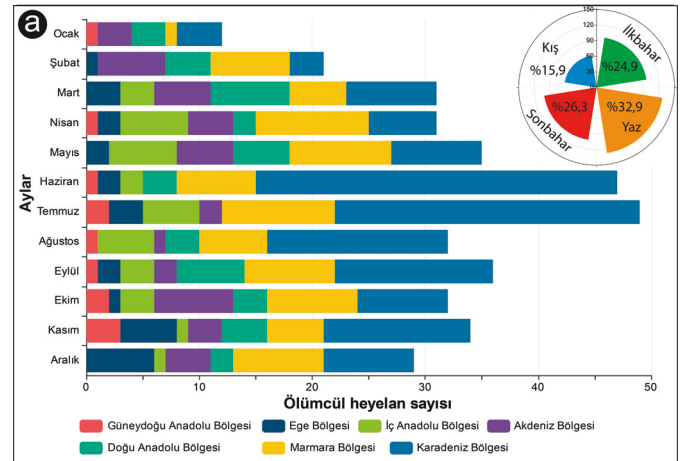
**Tablo 2.** Mann-Kendall trend testi ve Sen’s slope yöntemine ait tanımsal istatistik sonuçları.

**Table 2.** Descriptive statistical results of Mann-Kendall’s Trend Test and Sen’s slope method.

Grup	Zaman serisi	S (MK)	Kendall’s $\tau$	p-value	Alpha ( $\alpha$ )	Sen’s slope ( $\beta$ )	Ort.	Standart sapma	n (gözlem sayısı)	Trend
Ölümcül heyelan	1929-1951	-26,0	-0,2076	0,2551	0,05	0	0,26	0,86	23	Azalan
	1952-2000	-61,0	-0,0559	0,5988	0,05	0	3,06	3,18	49	Azalan
	2001-2019	85,0	0,5091	0,0031	0,05	0,820	12,26	6,26	19	Artan
	1929-2019	2031,0	0,5340	< 0,0001	0,05	0,083	4,27	5,64	91	Artan
Ölüm	1929-1951	-25,0	-0,1980	0,2751	0,05	0	6,65	30,82	23	Azalan
	1952-2000	52,0	0,0453	0,6591	0,05	0	15,12	22,67	49	Azalan
	2001-2019	39,0	0,2308	0,1826	0,05	0,833	23,63	11,58	19	Artan
	1929-2019	1820,0	0,4683	< 0,0001	0,05	0,208	14,75	23,80	91	Artan

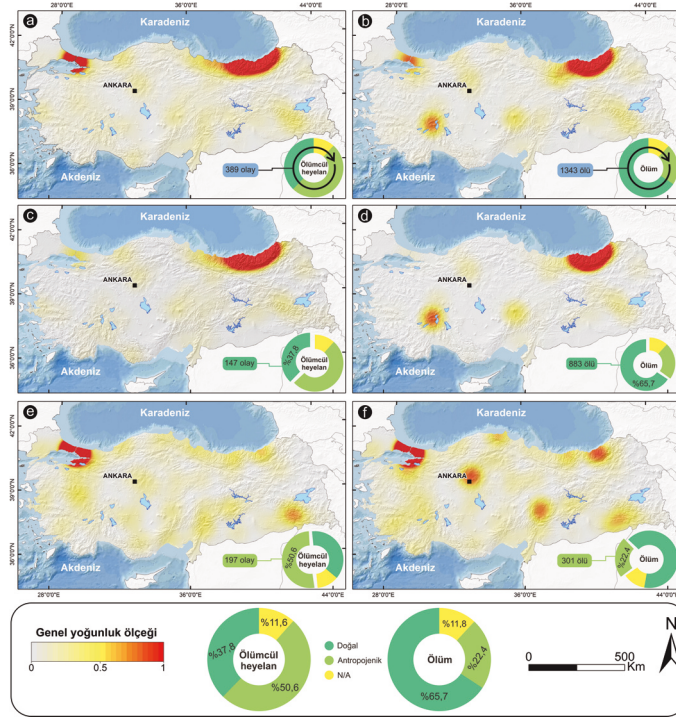
Zaman serilerinin artan veya azalan bir trende sahip olup olmadığını gösteren ve parametrik olmayan Sen’s slope sonuçları da Mann-Kendall test sonuçları ile örtüşmektedir. Tüm zaman serisi (1929–2019) boyunca ölümcül heyelan sayısı ( $\beta$ : 0,083) ve ölü sayısı ( $\beta$ : 0,208) hafif bir artış trendi gösterirken, yaklaşık

son 20 yılı kapsayan 2001–2019 zaman serisi içinde ölümcül heyelan sayısı ( $\beta$ : 0,820) ve ölü sayısı ( $\beta$ : 0,833) kuvvetli bir artış trendine sahiptir (Tablo 2).



Şekil 4. a) Ölümcül heyelan olayları ve b) ölümlerin aylık ve mevsimsel dağılışı.

Figure 4. The monthly and seasonal distribution of (a) fatal landslide events and (b) fatalities.



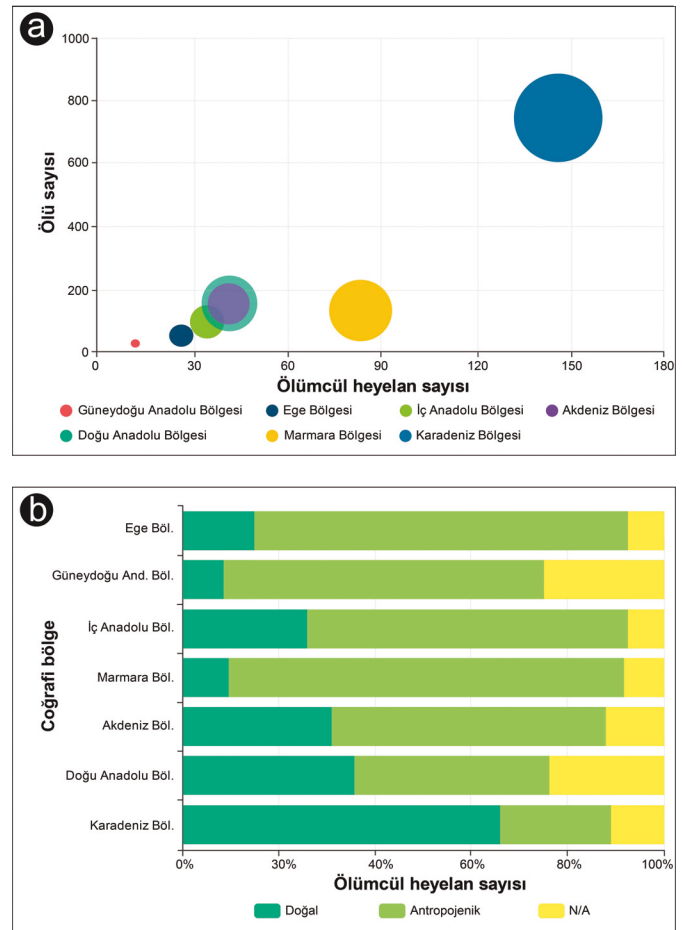
**Şekil 5.** a) Ölümcül heyelan olaylarının mekânsal yoğunluğu. b) Ölümlerin mekânsal yoğunluğu. c) Doğal faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelan olaylarının mekânsal yoğunluğu. d) Doğal faktörlerle tetiklenen heyelan olaylarının neden olduğu ölümlerin mekânsal yoğunluğu. e) Antropojenik faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelan olaylarının mekânsal yoğunluğu. f) Antropojenik faktörlerle tetiklenen heyelan olaylarının neden olduğu ölümlerin mekânsal yoğunluğu.

**Figure 5.** a) Spatial density of fatal landslide events. b) Spatial density of fatalities. c) Spatial density of fatal landslide events triggered by natural factors. d) Spatial density of fatalities caused by landslide events triggered by natural factors. e) Spatial density of fatal landslide events triggered by anthropogenic factors. f) Spatial density of fatalities caused by landslide events triggered by anthropogenic factors.

Şekil 4 incelendiğinde 1929–2019 yıllarında ölümcül heyelanların yaz mevsiminde (%32,9) yoğunlaştığı görülmektedir. Olay sayısı Ağustos ayında (32 olay) kısmen düşük olmasına rağmen, Haziran (47 olay) ve Temmuz (49 olay) aylarında en yüksek frekansa ulaşmıştır. Yaz mevsimi (Haziran 213 ölü, Temmuz 354 ölü, Ağustos 132 ölü: %52,1) aynı zamanda ölümlerin de en fazla gerçekleştiği dönemdir. Toplam olay sayısının %24,9'unun gerçekleştiği ilkbahar mevsimi (Mart 31, Nisan 31, Mayıs 35), ölü sayısı (Mart 135, Nisan 87, Mayıs 65: %21,4) bakımından yaz mevsiminden sonra ikinci sırada gelmektedir. Olay sayısının ilkbahara göre kısmen yüksek olduğu sonbahar mevsimi (Eylül 36, Ekim 32, Kasım 34: %26,3), %14,1 (Eylül 60, Ekim 61, Kasım 69) ölüm oranına sahiptir. Ölüm oranının en düşük olduğu kış mevsimi (Aralık 91, Ocak 32, Şubat 44: %12,4), aynı zamanda en düşük olay frekansına (Aralık 29, Ocak 12, Şubat 21: %15,9) sahip mevsimdir.

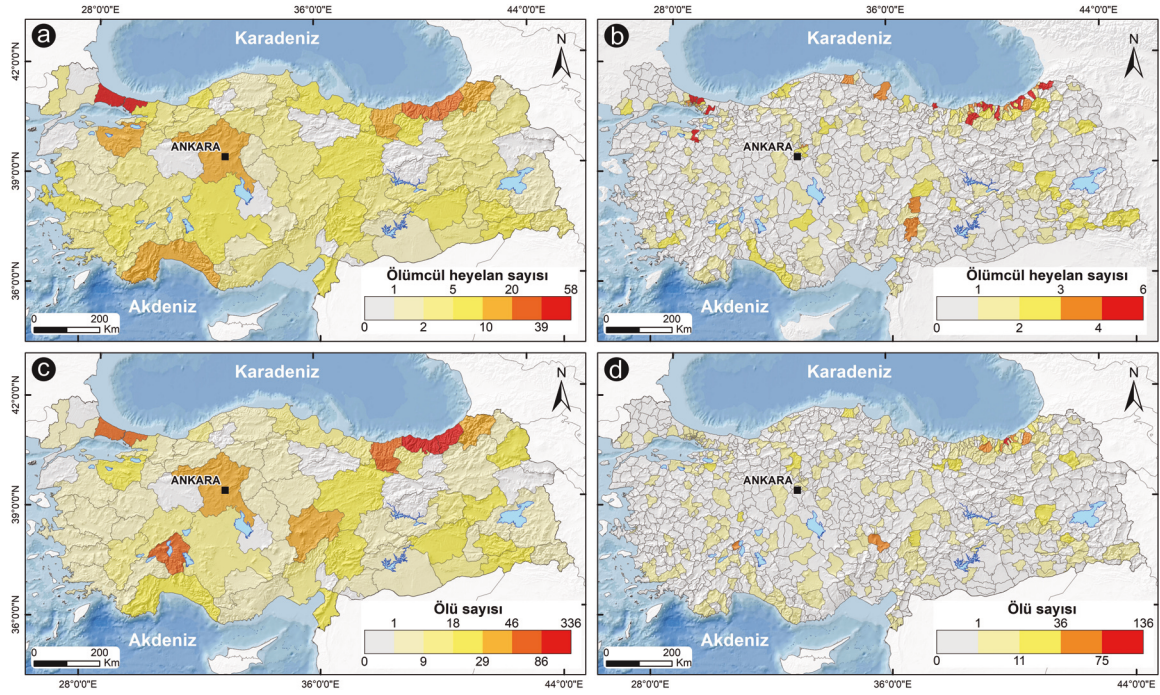
### 3.2. Ölümcül Heyelanların Mekânsal Dağılımı

Heyelan olayları ve neden oldukları ölümler, ülke genelinde homojen bir dağılım göstermemektedir. Veri tabanında yer alan 1343 kişinin ölümüyle sonuçlanan 389 heyelan olayı, iki ana yoğunluk bölgesi oluşturmaktadır (Şekil 5a-b). Bunlardan birincisi, 645 (%48) ölüme neden olan 107 (%27,5) ölümcül heyelan olayının kaydedildiği Doğu Karadeniz Bölümü'dür. Doğal faktörlere (yağış ve kar erimesi) bağlı olarak meydana gelen 147 (%37,8) olayın 80'i ile 883 (%65,7) ölümün 550'si bu bölgede gerçekleşmiştir (Şekil 5c-d). İkincisi ise 94 (%7) ölüme neden olan 66 (%16,9) ölümcül heyelan olayının kaydedildiği İstanbul metropolitan bölgesidir. Antropojenik faktörler (inşaat ve altyapı çalışmaları) tarafından tetiklenen 197 (%50,6) olayın 56'sı ile 301 (%22,4) ölümün 76'sı bu bölgede meydana gelmiştir (Şekil 5e-f).



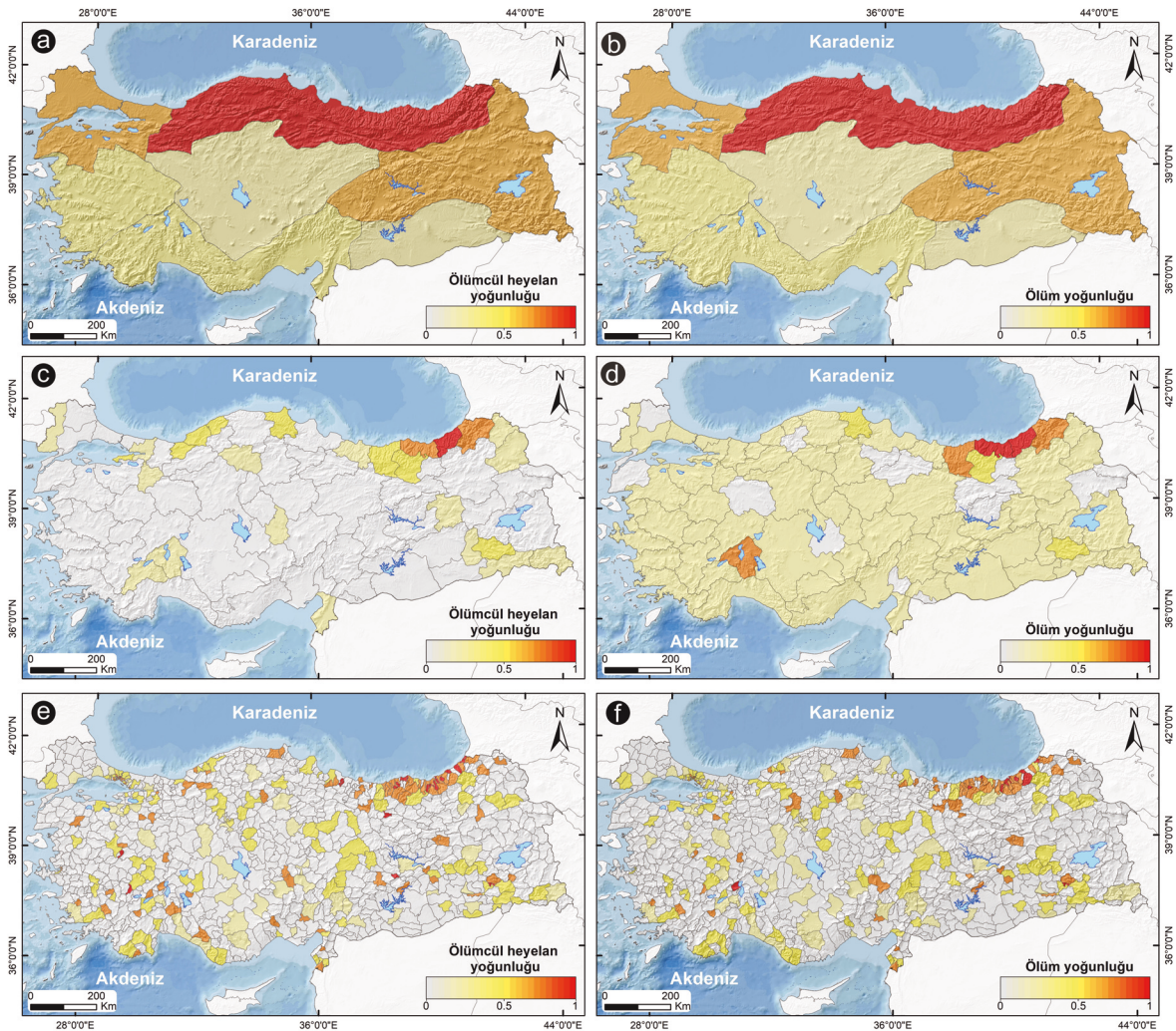
**Şekil 6.** Coğrafi bölge ölçeğinde (a) olay ve ölü sayıları ile (b) olay sayısının tetikleyici faktörlere göre oranı.

**Figure 6.** The proportion of the number of (a) fatal landslide events and deaths and the number of (b) fatal landslide events according to the triggering factors in the geographical region scale.



Şekil 7. a) İl ölçeğine göre ölümcül heyelan olaylarının sayısı. b) İlçe ölçeğine göre ölümcül heyelan olaylarının sayısı. c) İl ölçeğine göre ölü sayısı. d) İlçe ölçeğine göre ölü sayısı.

Figure 7. a) Number of fatal landslide events by city scale. b) Number of fatal landslide events by county scale. c) Number of fatalities by city scale. d) Number of fatalities by county scale.



Şekil 8. Bölge ölçeğine göre a) ölümcül heyelan ve b) ölüm yoğunluğu. İl ölçeğine göre c) ölümcül heyelan ve d) ölüm yoğunluğu. İlçe ölçeğine göre e) ölümcül heyelan ve f) ölüm yoğunluğu.

Figure 8. a) Fatal landslide and b) fatality density by region scale. c) Fatal landslide and d) fatality density by city scale. e) Fatal landslide and f) fatality density by county scale.



En dikkat çekici coğrafi bölge, 147 olay (%37,8) sonucu toplam ölümlerin %55,5'inin (745 ölü) kaydedildiği Karadeniz Bölgesi'dir (Şekil 6a). Bununla birlikte, nüfusla normalize edildiğinde hem heyelan yoğunluğunun hem de ölüm yoğunluğunun en yüksek olduğu coğrafi bölgedir (Şekil 8a-b). Doğal faktörlerle tetiklenen heyelanların (% 66) oldukça yoğun olduğu bölgede (Şekil 6b), yılda ortalama 8 kişi heyelan nedeniyle hayatını kaybetmektedir. Karadeniz Bölgesi'ndeki ölümcül heyelan olaylarının %51'i ile ölümlerin %72,5'i, yaz mevsimine karşılık gelen Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleşmiştir (Şekil 4). İkinci dikkat çekici coğrafi bölge ise 84 olay (%21,6) ve 130 ölümlerin (%9,7) kaydedildiği Marmara Bölgesi'dir (Şekil 6a). Marmara bölgesi aynı zamanda antropojenik faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelanların % 35'nin kaydedildiği bölge olarak da dikkat çekmektedir (Şekil 6b). Bu iki bölgeyi takiben 42 olay (%10,8) ve 152 ölümlerin (%11,3) kaydedildiği Doğu Anadolu Bölgesi ile 42 olay (%10,8) ve 147 ölümlerin (%10,9) kaydedildiği Akdeniz Bölgesi ön plana çıkmaktadır. Diğer bölgelere göre olay ve ölü sayısının nispeten düşük olduğu İç Anadolu Bölgesi'nde 35 olay (% 9) ve 94 ölüm (%7), Ege Bölgesi'nde ise 27 olay (%6,9) ve 50 ölüm (%3,7) kaydedilmiştir. Olay ve ölü sayısının en az olduğu bölge ise 12 olay (%3,1) ve 25 ölümlerin (%1,9) kaydedildiği Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir (Şekil 6).

1929 yılından günümüze kadar Türkiye'deki 81 ilin 67'sinde ölümcül heyelan olayı kaydedilmiştir. İstanbul (58 olay, 85 ölüm), Trabzon (38 olay, 336 ölüm) ve Rize (30 olay, 191 ölüm) hem olay hem de ölüm frekansının en yüksek olduğu illerdir. Giresun (19 olay), Artvin (12 olay), Ankara (12 olay), Antalya (12 olay) ve Bursa (10 olay) ölümcül heyelanların sık meydana geldiği diğer iller arasında yer almaktadır (Şekil 7a). Meydana gelen ölü sayıları açısından Isparta (77 ölüm), Giresun (69 ölüm), Kayseri (45 ölüm), Ankara (36 ölüm) ve Artvin (34 ölüm) illeri ön plana çıkmaktadır (Şekil 7c). Isparta (4 olay) ve Kayseri (4 olay) illerinde heyelan frekansının düşük olmasına rağmen ölümün fazla olması, tekil olayların çok sayıda ölüme neden olmasıyla ilişkilidir. Olay sayıları ve ölü sayılarına bakıldığında birçok ilin ön plana çıkmasına rağmen, nüfus sayısı ile normalize edildiğinde hem olay hem de ölü sayısı bakımından başta Trabzon ve Rize olmak üzere Artvin ve Giresun'da yoğunluğun diğer illere kıyasla çok fazla olduğu görülür (Şekil 8 c ve d).

Ülkemizdeki 227 farklı ilçede en az bir ölümcül heyelan olayı kaydedilmiştir. İlçelerde meydana gelen ölümcül heyelan sayıları 1 ile 6 arasında değişmektedir. 6 olayın tespit edildiği Pazar (Rize) ile 5 olayın tespit edildiği Rize merkez, Çayeli (Rize), Fındıklı (Rize), Ortahisar (Trabzon), Akçaabat (Trabzon), Vakfıkebir (Trabzon) ve Eyüpsultan (İstanbul) ilçeleri ölümcül heyelan frekansının en yüksek olduğu ilçelerdir (Şekil 7b). En fazla ölüm Trabzon'un Of (136 ölü) ilçesinde kaydedilmiştir. Isparta'nın Senirkent (74 ölü), Trabzon'un Maçka (65 ölü), Rize'nin Çamlıhemşin (58 ölü), Rize merkez (55 ölü), Trabzon'un Köprübaşı (50 ölü), Kayseri'nin Develi (42 ölü) ve Giresun'un Şebinkarahisar (35 ölü) ilçeleri ise en fazla ölümün gerçekleştiği diğer ilçelerdir (Şekil 7d). Heyelan ve ölüm yoğunluğu nüfusla normalize edildiğinde, ilçe ölçeğinde de yoğunluğun Doğu Karadeniz'de yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 8 e ve f).

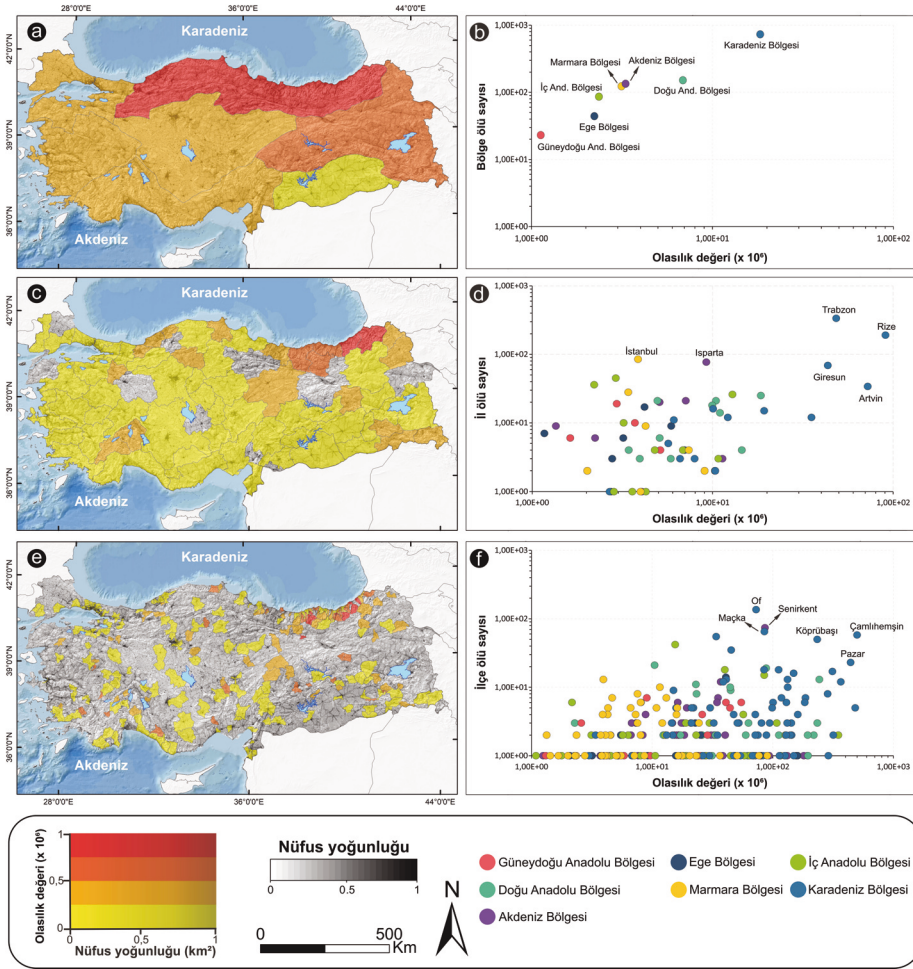
#### 4. Tartışma

Küresel veya kıtasal ölçekli envanterlerin aksine, Türkiye Ölümcül Heyelan Veri Tabanı yerel bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Dolayısıyla yerel ve bölgesel planlama çalışmalarına hizmet edecek niteliğe sahiptir. Bu bakımdan, ölümcül heyelanların sosyal etkisini ortaya koyabilmek için önemli olan etkilenen kişi sayısının tahmin edilmesinde güçlükler söz konusudur. Bu nedenle heyelanlardan etkilenen kişiler, ölümcül heyelanların gerçekleştiği alanlardaki heyelan sayısı ve yaşayan toplam nüfus üzerinden ele alınmıştır. Bu noktada en basit bir kabulde, nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu kent merkezinde bir heyelan meydana gelme olasılığına karşılık, söz konusu riske maruz kalabilme olasılığı ilgili alanda yaşayan kişi sayısının yüksek olmasına bağlı olarak artacaktır. Buna karşılık, dağlık alanların düşük nüfuslu ve nüfusun dağınık olduğu kesimlerinde benzer büyüklükte bir heyelan meydana gelirse, heyelana maruz kalacak kişi sayısı nispeten düşük olacaktır. Burada, her bireyin heyelana maruz kalma olasılığı düşünülerek coğrafi bölge il ve ilçe ölçeğinde olasılık değeri hesaplanmıştır (Şekil 9a-c-e). Genel olarak olasılık değeri arttıkça ölü sayısının da arttığı görülmektedir. Bölge ölçeğinde Karadeniz Bölgesi en yüksek olasılık değerine sahip olmakla birlikte, heyelan sayısının yüksek olduğu Marmara Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi'nden sonra gelmektedir (Şekil 9b).

İl ölçeğinde Rize, Trabzon, Artvin ve Giresun illeri ön plana çıkmaktadır. İstanbul'da ölü sayısının yüksek olmasına rağmen olasılık değerinin nispeten düşük olması, nüfusun diğer illere göre çok yüksek olmasıyla ilişkilidir (Şekil 9d). İlçe ölçeğinde de Çamlıhemşin, Pazar, Köprübaşı, Of ve Maçka ilçeleri ön plana çıkmaktadır (Şekil 9f). Heyelan frekansının nispeten düşük olduğu Isparta ili, tek bir olay (Senirkent, 74 ölü) nedeniyle ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle, olasılık değeri ile ölü sayısı arasındaki ilişkiyi esas olarak temsil etmemektedir.

Yaz mevsimi, heyelan olaylarının nispeten (%32,9), ölümlerin ise büyük bir çoğunluğunun (%52,1) yoğunluk gösterdiği mevsim olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca, yaz mevsiminde yoğunlaşan bu heyelanların yaklaşık %55'ini, ölümlerin ise %85'ini yağışla tetiklenen heyelanlar temsil etmektedir. GLC, GFLD ve FLEIC (Çin Ölümcül Heyelan Olay Envanteri) gibi veri tabanlarında yer alan heyelanlar büyük ölçüde mevsimsel olarak yağışlı dönemlerle örtüşürken, Türkiye Ölümcül Heyelan Veri Tabanı'nda yer alan heyelanlar ise mevsimsel olarak yağışlı dönemle değil, aksine yağışın en düşük olduğu mevsimle örtüşmektedir. Aslında bu heyelanlar, yaz mevsiminde çoğunlukla şiddetli sağanak yağışlar ile tetiklenen heyelanlar ile karakterize olmaktadır. En çok olayın ve ölümün meydana geldiği yaz mevsimi, ülke genelini karakterize etmekte olup Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki heyelanlar ile temsil edilmektedir. Doğal faktörlerle tetiklenen heyelanların %51,7'si Trabzon, Rize, Giresun ve Artvin illerinde kaydedilmiştir. Ortaya çıkan kayıplara ve zararlara yönelik yapılacak olan önleme ve azaltma çalışmalarında, heyelan ve ölümlerin sık gerçekleştiği bu illere öncelik gösterilmesi gerekmektedir.

Ölümcül heyelanlar üzerindeki nüfus, yani insan faktörünün etkisi, altyapı, inşaat temel çalışmaları, yol açma çalışmaları, maden açma ve işletme faaliyetleri, yapay vibrasyon, orman örtüsünün tahribatı, dere ıslah vb. faaliyetleri ile kendisini göstermektedir. Kentsel alanlarda meydana gelen ölümcül heyelanların neredeyse tamamı altyapı ve inşaat faaliyetleri ile



**Şekil 9.** Bölge ölçeğine göre a) olasılık değeri ve b) olasılık değeri ile ölüm ilişkisi. İl ölçeğine göre c) olasılık değeri ve d) olasılık değeri ile ölüm ilişkisi. İlçe ölçeğine göre e) olasılık değeri ve f) olasılık değeri ile ölüm ilişkisi. Açıklama: Olasılık değeri, heyelan sayısının toplam nüfusa bölünmesi ile elde edilmiştir ve milyonda olarak hesaplanmıştır.

**Figure 9.** a) Probability value and b) probability value and death relationship by region scale. c) Probability value and d) probability value and death relationship by city scale. e) Probability value and f) probability value and death relationship by county scale. Explanation: The probability value was obtained by dividing the number of landslides by the total population and calculated as a probability in million.

tetiklenmiştir. Kentsel alanların büyümesi, altyapı çalışmalarının ve kentsel dönüşüm çalışmalarının özellikle son yirmi yılda artmasına paralel olarak kentlerdeki ölümcül heyelanlar da artış göstermiştir. Kentsel alanlarda meydana gelen bu antropojenik heyelanlara, genellikle yapılaşmaya ve dönüşüme dair projelerin yoğun ve kısa sürelerde gerçekleşmesi ve beraberinde gelen hatalı uygulamalar neden olmaktadır. Antropojenik faktörlerle tetiklenen bu kent heyelanlarının büyük bir bölümü, kanalizasyon ve inşaat çalışmaları sırasında meydana gelen işçi ölümleri ile sonuçlanmıştır. Diğer taraftan, özellikle yamaçlar üzerinde yapılan inşaat çalışmalarıyla yamaç dengesinin bozulması ve yapılaşma sonrası zemine olan aşırı yük yamaçların kaymasına neden olmaktadır. Son dönemde İstanbul ili, Esenyurt ilçesindeki kayarak tahrip olan evler bu tip duraysızlıklara ve-rebilecek en güncel örneği temsil etmektedir.

Çalışma kapsamında tespit edilen doğal faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelanların neden olduğu ölü sayısı (883), antropojenik faktörlerle tetiklenen heyelanların neden olduğu ölü sayısının (301) yaklaşık üç katıdır. Bu sonuç, antropojenik faktörlerle tetiklenen heyelanların insan etkinliğine bağlı olarak belirli bir yerde tekil olarak gelişen olaylar olmasıyla ilişkilidir. Maden sahalarındaki birkaç olay dışında etki alanları oldukça sınırlı olan heyelanlardır. Antropojenik faktörlerle tetiklenen ölümlerin olay sayısına göre ortalaması 1,5'tir. Buna karşılık doğal faktörlerle tetiklenen heyelanlar, yağışın yüzeyde temsil

edildiği alanın daha fazla olmasına bağlı olarak daha geniş alanlarda çok sayıda ve antropojenik faktörlerle tetiklenen heyelanlara kıyasla daha büyük heyelanlar şeklinde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, maruz kalan kişi sayısının artması beraberinde ölü sayısını da arttırmaktadır. Doğal faktörlerle tetiklenen heyelanlara bağlı ölümlerin olay sayısına göre ortalaması ise 6'dır.

Çoğu veri tabanında olduğu gibi, bu çalışmada sunulan veri tabanında yer alan heyelanların da mekânsal ve zamansal kısıtlamaları söz konusudur. Tarihsel ve arşiv envanterlerin doğasında olan bu problem, günümüzden geçmişe doğru gidildiğinde ortaya çıkan veri kullanılabilirliğindeki azalmadan kaynaklanmaktadır. Buna ek olarak, küçük ve az sayıda kişinin ölümüne neden olmuş veya nüfus üzerinde fazla etki yaratmayan heyelanlar daha az gündem olmuşken, etkileri ve sonuçları ciddi boyutlara ulaşan heyelanlar ise daha fazla gündem olmuştur. Bu bakımda, heyelan bilgilerinin güvenilirliği 1950'lerde başlayan yazılı medya (gazete) kaynaklarındaki gelişmelere bağlı olarak artmaya başlamış ve 2000'li yıllara doğru internet kullanımının yaygınlaşmasıyla iyice nitelik kazanmıştır. Nitekim küresel veya bölgesel ölçekte kayıt tutan Küresel Heyelan Kataloğu (GLC), Küresel Ölümcül Heyelan Veri Tabanı (GFLD), Acil Durumlar Veri Tabanı (EM-DAT) ve Avrupa Heyelan Veri Tabanı (ELS-DAT) gibi veri tabanları da benzer bilgi kaynaklarını kullanmaktadır. Bu bakımdan, Türkiye Ölümcül Heyelan Veri Tabanı

uluslararası veri tabanı standartlarına uygun olarak hazırlanmıştır.

## 5. Sonuç

Türkiye Ölümcül Heyelan Veri Tabanı, ölümcül heyelanların zamansal ve mekânsal dağılımı ile etkileri ve sonuçlarının ülke içindeki durumunu göstermesi açısından ilk olma özelliğine sahiptir. Elde edilen sonuçlar, heyelanların neden olduğu ölümleri göstermesi bakımından diğer mevcut envanterlerin çok ötesinde bir niteliğe sahiptir. Coğrafi ve sosyal perspektiften, heyelan olaylarının zamansal ve mekânsal dağılımı ile etkilenen nüfus açısından sonuçlarını ortaya koymaktadır. Bu bakımdan ölümcül heyelanların daha iyi anlaşılmasında büyük öneme sahiptir. Heyelan tehlike ve risk değerlendirme çalışmaları ile heyelan yönetiminde ve karar alma süreçlerinde yararlı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, 1929–2019 yılları boyunca 1343 kişinin ölümüne sebep olan toplam 389 heyelan olayı kaydedilmiştir. Bu zaman zarfı boyunca yılda ortalama 4 ölümcül heyelan olayı ortalama 15 kişinin ölümüne neden olurken, geçtiğimiz son yirmi yılda ölümcül heyelan ortalamasının 12,2, ölüm ortalamasının ise 23,6 olduğu görülmektedir. Sen's slope ve Mann-Kendall test sonuçları da zaman içerisindeki bu artışı ortaya koymaktadır. Toplam ölümlerin %52,1'ine neden olan heyelan olaylarının %35,9'unun yaz mevsiminde meydana geldiği görülmektedir.

Ölümcül heyelanların mekânsal dağılımı, farklı jeolojik ve iklimsel özelliklerle karakterize olan farklı coğrafi alanlarda heterojen bir dağılım göstermektedir. Doğal faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelanlar Doğu Karadeniz'de yoğunluk gösterirken, antropojenik faktörlerle tetiklenen ölümcül heyelanlar ise Marmara Bölgesi'nde İstanbul çevresinde yoğunluk göstermektedir. Bu alanlarda yoğunlaşan heyelan olayları ve ölümler, nüfus ile normalize edildiğinde başta Trabzon (Akçaabat, Ortahisar, Vakfikebir, Araklı ve Of) ve Rize (Merkez, Pazar, Fındıklı, Çayeli ve Çamlıhemşin) olmak üzere Artvin (Hopa ve Borçka) ve Giresun (Görel, Doğankent ve Yağlıdere) il ve ilçeleri, tehlike ve risk çalışmaları bakımından öncelik gösterilmesi gereken yerler olarak ön plana çıkmaktadır.

## Kaynakça

AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) (2018). <<https://heysemp2018.afad.gov.tr/tr/26149/Heyelan-Albumu>>. Son erişim 2 Mayıs 2020.

Ali Shah, Syed Mustakim & Hasan, G M Jahid. (2016). Interdependence between dry days and temperature of sylhet region: Correlation analysis. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 10, 145-154..

Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides: investigation and mitigation. Chapter 3-Landslide types and processes. Transportation research board special report, (247).

Dai, FC., Lee, CF., Ngai, YY. (2002) Landslide risk assessment and management: an overview. *Eng Geol*, 64(1):65–87

Damm, B., Klose, M. (2015). The landslide database for Germany: closing the gap at national level. *Geomorphology*, 249:82–93.

Díaz, S.R., Cadena, E., Adame, S. et al. (2020). Landslides in Mexico: their occurrence and social impact since 1935. *Landslides*, 17, 379–394.

Dölek, İ. (2020). Afetler ve Afet Yönetimi. Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara.

Froude, M. J., & Petley, D. N. (2018). Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18, 2161-2181.

Gorum, T., Fan, X., van Westen, C.J., Huang, RQ., 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

Görüm, T. (2006). Coğrafi Bilgi Sistemi ve İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Analizi: Melen Boğazı ve Yakın Çevresi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.

Gökçe, O., Özden, Ş., & Demir, A. (2008). Türkiye'de Afetlerin Mekânsal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri. Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara.

Guzzetti, F. (2000). Landslide fatalities and evaluation of landslide risk in Italy". *Engineering Geology*, 58, 89-107.

Guzzetti, F. (2006). Landslide hazard and risk assessment (PhD Thesis). Mathematisch Naturwissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms- Universität, University of Bonn, Bonn, Germany.

Guzzetti, F., Mondini, A.C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., Chang, K.-T. (2012). Landslide inventory maps: new tools for an old problem. *Earth Sci. Rev.*, 112, 42–66.

Guzzetti, F., Reichenbach, P., Cardinali, M., Ardizzone, F., Galli, M. (2003). The impact of landslides in the Umbria region, central Italy. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 3, 469–486.

Haque, U., Blum, P., da Silva, P.F. et al. Fatal landslides in Europe. (2016). *Landslides*, 13, 1545–1554.

Haque U, da Silva PF, Devoli G, Pilz J, Zhao B, Khaloua A, Wilopo W, Andersen P, Lu P, Lee J, Yamamoto T, Keellings D, Wu J-H, Glass GE. (2019). The human cost of global warming: deadly landslides and their triggers (1995–2014). *Sci Tot Environ*, 682:673–684.

Hervás, J. (2013). Landslide inventory. In: Bobrowsky, P.T. (Ed.), *Encyclopedia of Natural Hazards*, Springer, Berlin, pp. 610–611.

Kendall, M.G. (1975). *Rank Correlation Methods*. 4th ed. Charles Griffin, London, U.K.

Kirschbaum, D., Adler, R., Adler, D., Peters-Lidard, C., Huffman, G. (2012). Global distribution of extreme precipitation and high-impact landslides in 2010 relative to previous years. *J. Hydrometeorol*, 13 (5), 1536–1551.

Kirschbaum, D., Stanley, T., Zhou, Y.P. (2015). Spatial and temporal analysis of a global landslide catalog. *Geomorphology*, 249, 4–15.

Kirschbaum, DB., Adler, R., Hong, Y., Hill, S., Lerner-Lam, A. (2010). A global landslide catalog for hazard applications: Method, results, and limitations. *Nat Hazards*, 52(3):561–575.

Klose, M., Damm, B., Highland LM. (2015). Databases in geohazard science: an introduction. *Geomorphology*, 249:1–3.

Lin, Q., Wang, Y. (2018). Spatial and temporal analysis of a fatal landslide inventory in China from 1950 to 2016. *Landslides*, 15, 2357–2372.

Mann, H.B. (1945). Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245–259.

Nadim, F., Kjekstad, O., Peduzzi, P., Herold, C., and Jaedicke, C. (2006). Global landslide and avalanche hotspots. *Landslides*, v. 3, p. 159–173.

OFDA/CRED (2019). EM-DAT International Disaster Database. [www.em-dat.net](http://www.em-dat.net). Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium.

Özbay, A., Cabalar, A.F. (2015). FEM and LEM stability analyses of the fatal landslides at Çöllolar open-cast lignite mine in Elbistan, Turkey. *Landslides*, 12, 155–163.

Petley, D. (2012). Global patterns of loss of life from landslides. *Geology*, 40 (10), 927-930.

Rahman, M.K., Crawford, T. & Schmidlin, T.W. (2018). Spatio-temporal analysis of road traffic accident fatality in Bangladesh integrating newspaper accounts and gridded population data. *Geo Journal*, 83, 645–661.

Schuster, R.L. (1996). Socio-economic significance of landslides, In:

- Turner, Schuster (eds) Landslides: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board-National Research Council, Special Report, 247, 12-35.
- Sen, PK. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J Am Stat Assoc*, 63: 1379–1389.
- Sepúlveda, S. A. & Petley, D. N. (2015). Regional trends and controlling factors of fatal landslides in Latin America and the Caribbean. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, 1821-1833.
- Shahid, S. (2011). Trends in extreme rainfall events of Bangladesh. *Theor Appl Climatol*, 104(3–4):489–499.
- Silverman, B. W. (1986). *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. New York: Chapman and Hall.
- Spizzichino, D., Margottini, C., Trigila, A., Iadanza, C., Linser, S. (2010). Chapter 9: landslides. In: European Environment Agency (Ed.), *Mapping the Impacts of Natural Hazards and Technological Accidents in Europe: An Overview of the Last Decade*. EEA Technical Report 13/2010. European Environmental Agency, Copenhagen, pp. 81–93.
- Taylor, FE., Malamud, BD., Freeborough, K., Demeritt, D. (2015). Enriching Great Britain's National Landslide Database by searching newspaper archives. *Geomorphology*, 249:52–68.
- Van Den Eeckhaut, M., Hervás J., Montanarella, L. (2013). Landslide Databases in Europe: Analysis and Recommendations for Interoperability and Harmonisation. In: Margottini C., Canuti P., Sassa K. (eds) *Landslide Science and Practice*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Van Westen, C.J., Ghosh, S., Jaiswal, P., Martha, T.R., Kuriakose, S.L. (2013). From Landslide Inventories to Landslide Risk Assessment; An Attempt to Support Methodological Development in India. In: Margottini C., Canuti P., Sassa K. (eds) *Landslide Science and Practice*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. *Special report*, 176, 11-33.
- Wu, Y., Wu, SY., Wen, J., Xu, M., Tan, J. (2016). Changing characteristics of precipitation in China during 1960–2012. *Int J Climatol*, 36:1387–1402.
- Yeşilkaya, Y., Tetik, M., & Cengiz, N. (1996). Senirkent Taşkınları, Nedenleri ve Alınmakta Olan Önlemlere İlişkin Rapor. *Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Dergi Serisi, Sayı: 2*.
- Zhang, F., & Huang, X. (2018). Trend and spatiotemporal distribution of fatal landslides triggered by non-seismic effects in China. *Landslides*, 15 (8), 1663-1674.
- Zhang, M., Du, S., Wu, Y., Wen, J., Wang, C., Xu, M., Wu, SY. (2017). Spatiotemporal changes in frequency and intensity of high-temperature events in China during 1961-2014. *J Geogr Sci*, 27: 1027–1043.