

Afet Riski Değerlendirmelerinde Çoklu Tehlike Analizi 'Erciş, Van Örneği'

Ayşe DEMİR¹, Serkan KEMEÇ², Figen DİLEK¹

Öz

Gün geçtikçe kentsel alanlar kullanıcılar için riskli alanlar haline gelmektedir. Özellikle son dönemde Dünya'yı tehdit eden küresel iklim değişikliği sonucu kentlerde doğa kaynaklı veya insan etkisiyle oluşan afetler sıkça yaşanmaktadır. Son yıllarda kentlerde yaşanan afetlere çözüm bulmak ve kentleri daha yaşanabilir kılmak için birçok farklı kavram ve yaklaşım geliştirilmiştir. Bu kavram ve yaklaşımların amacı; artan afetlere karşı kentlerin baş etme kapasitesini artırmaktır. Bunlardan bazıları; afet direnci, kentsel direnç, iklim değişikliğine dirençli şehirler vb.

Bu çalışmanın amacı; doğal-insan etkisiyle oluşan afet riski yüksek olan Van ili Erciş ilçesi için çoklu tehlike analizi yapılarak afetler bakımından riskli alanlarının belirlenmesi ve bu tehlikelere karşı kentsel dirençliliğinin sağlanması için ilgili koruma ve planlama araçları kapsamında önerilerin geliştirilmesidir. Çalışma alanında elde edilen afet verileri dikkate alınarak alanda yaşanmış ve yaşanma ihtimali yüksek olan tehlikeler belirlenmiştir. Bu tehlikeler haritalanmış ve tüm tehlikeler bakımından afet riski yüksek alanlar belirlenmiştir. Çalışmada çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamındaki tüm analizler CBS ortamında yapılmıştır.

Sonuç olarak afet potansiyeli yüksek olan Erciş için afet zararlarının azaltılması ve alanda ikamet edenlerin bu konuda farkındalığının artırılması oldukça önemlidir. Erciş'in kuzeyi ve kuzeydoğusu afet riski yüksek olarak belirlenmiştir. Zilan Çayı ve yakın çevresi güneyde de Van Gölü kıyısı afet riski yüksek olarak belirlenmiştir. Afet riski yüksek alanlarda afetlere karşı önlem alınması afet etkisini azaltmada oldukça önemlidir. Özellikle alanda ikamet edenlerin tehlike ve riskler konusunda bilinçlendirilmesi afetlerin etkisini azaltmada oldukça etkilidir. Ayrıca afet riski yüksek olan alanların öncelikli afet müdahale alanları olarak belirlenmesi ve bunların mekânsal plan kararlarında yer alması gerekmektedir. Afet riski yüksek olan alanların öncelikli müdahale alanları olarak 1/25000 ölçekli çevre düzeni planında yer alması afetlere karşı dirençlik açısından gereklidir. Özellikle yerel ölçeklerde afet riski yüksek alanların 1/5000 ölçekli nazım imar planlarında ve 1/1000 ölçekli uygulama imar planlarında yer alması dirençliliğin sağlanması için rehber ve planlama kodlarının oluşturulması bakımından önemli bir husustur.

Anahtar Kelimeler: Kentsel dirençlilik, Afet, Risk, CBS, Tehlike, Çoklu tehlike analizi, Van-Erciş

¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, ANKARA-TÜRKİYE

² Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, VAN-TÜRKİYE

*İlgili yazar/Corresponding author: aysedemir_56@hotmail.com

Gönderim Tarihi / Received Date: 23.10.2021

Kabul Tarihi / Accepted Date: 08.02.2022

Bu makaleye atıf yapmak için- To cite this article

Demir, A., Kemeç, S., Dilek, F., (2022). Afet Riski Değerlendirmelerinde Çoklu Tehlike Analizi 'Erciş, Van Örneği'. Resilience, 15-38.

Multi-Hazard Analysis in Disaster Risk Assessments 'Case of Erciş, Van'

Abstract

Urban areas are becoming risk areas for occupants with each passing day. Particularly in the last period as a result of global climate change, threatening the world, In cities, Disasters caused by nature or human induced are happened frequently. Many different concepts and approaches have been developed to find solutions to disasters in the city and to make cities more livable.the purpose of these concepts and approaches against increasing disasters improve the dealing with capacity of cities. Some of those; disaster resilience, urban resilience, cities that are resilience to climate change etc.

The aim of this study; for the Erciş district of Van province ,which has a high disaster risk created by nature - human influence, develop proposals by making multiple hazard analysis to identificate risky areas in terms of disasters and ensure urban resilience against these hazards under related protection and planning tools. By taking into account the data obtained in the study area, the hazards experienced and likely to occur in the area have been determined. These hazards are mapped and areas with high disaster risk in terms of all hazards have been determined. In the study, multi criteria decision making method was used. All analyzes with in the scope of the study were made in the GIS environment.

As a result it is quite important for Erciş with high disaster potential to reduce disaster damage and raise awareness on this issue of those residing in the area. The north and northeast of Erciş have been identified as high disaster risk. Zilan stream and its surroundings and the shore of Lake Van in the south are identified as high disaster risk. In areas with high disaster risk taking precautions against disaster is very important in reducing the impact of disasters. Especially those residing in the area it is very important in reducing the impact of disasters by raising awareness of dangers and risks. Also areas with high disaster risk has to be identified as priority disaster response areas and these need to be included in spatial plan decisions. Areas with high disaster risk as priority areas of intervention are necessary for resilience to disasters to be included in the 1/25000 scale environmental plan. The inclusion of areas with high disaster risk, especially at local scales in 1/5000 scale master development plans and 1/1000 scale implementation development plans is an important issue in terms of creating guideliness and planning codes to ensure resilience.

Keywords: Urban resilience, Disaster, Risk, Hazard, GIS, Multi hazard analysis, Van-Erciş

1. GİRİŞ

Afetler toplumlar için sosyal ve ekonomik kalkınmayı engelleyen, can ve mal kaybına sebep olan olaylardır. Birleşmiş Milletler Uluslararası Afet Riskini Azaltma Stratejisi (UN-ISDR) 2004 afeti; can kaybına veya yaralanmaya, mal hasarına, sosyal ve ekonomik bozulmaya veya çevresel bozulmaya neden olabilecek potansiyel olarak zarar verici bir fiziksel olay, olgu veya insan faaliyeti olarak tanımlamaktadır. Afetler son yıllarda dünya'da sıkça yaşanmakta ve ciddi can-mal kaybına sebep olmaktadır. BM'in (Birleşmiş Milletler) afetler konusunda yaptığı çalışma istatistiklere göre; 2015 yılında deprem, sel, kuraklık ve hortum gibi afetlerin neden olduğu, küresel ölçekte ortalama 250- 300 milyar ABD (Amerika Birleşik Devletleri) doları kadar yıllık kayıp yaşanmıştır (UN-ISDR, 2015). Dünya Bankası'nın 2016 yılında afet kayıpları için hazırladığı raporda da doğal afetlerin doğal küresel ölçekte yarattığı kayıplar 520 milyar ABD doları olduğu belirtilmiştir.

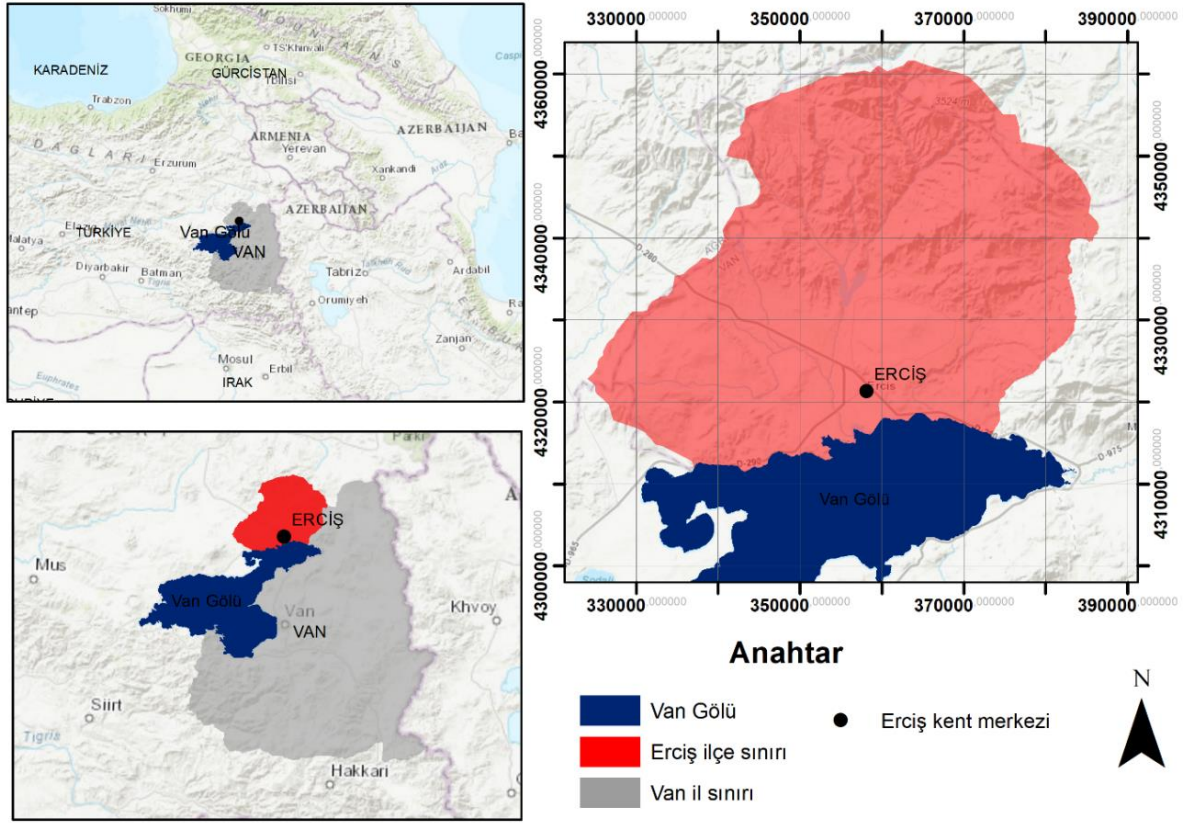
Afet kavramı kapsamlı bir kavram olup birçok farklı kavramı da ilgilendirmektedir. Afet ile ilgili yapılan çalışmalarda genel olarak afet kavramı risk, tehlike, afet yönetimi, zarar görülebilirlik gibi kavramlarla birlikte ele alınmaktadır. Tehlike, can veya yaralanmaya, mal kaybına, sosyal-ekonomik ve çevresel bozulmaya sebep olan olay veya insan etkinliği olarak ifade edilmektedir (UN-ISDR 2004). Risk, tehlikelere bağlı oluşan doğal ve insan etkisinden kaynaklanan durumların etkileşimi sonucu oluşacak zararlı sonuçların olasılığı şeklinde belirtilmiştir (UN-ISDR 2004). Tehlikeler birkaç şekilde sınıflandırılabilir. Doğal tehlikeler, Dünya sistemindeki (litosfer, hidrosfer, biyosfer veya atmosfer) zarar verici bir olay oluşturabilecek doğal süreçler veya olaylardır. Doğal tehlikelere örnek olarak; depremler, volkanik patlamalar, kasırgalar, taşkın-sel, fırtına, kuraklık, çığ, heyelan, sıcak-soğuk hava dalgası, kuraklık, erozyon, orman yangını gösterilebilir (Van westen 2013). Ancak doğal tehlikelerin bazılarında insan etkisi de oldukça etkili olmuştur. Örneğin; iklim değişikliği ve buna bağlı olarak gelişen olağan dışı iklim koşulları, erozyon, orman yangınları gibi tehlikelerde insan faktörü oldukça etkilidir. İnsan kaynaklı tehlikeler, hasar potansiyelini hızlandıran insan faaliyetlerinin neden olduğu, Dünya sistemindeki doğal süreçlerin değişmesinden kaynaklanan tehlikelerdir. İnsan kaynaklı tehlikeler; endüstriyel kirlilik, nükleer faaliyetler ve radyoaktivite, trafik kazaları, patlamalar, yangınlar ve petrol sızıntılarıdır (Van westen 2013).

Japonya'da Tohoku'nun Pasifik kıyılarında yaşanan depremin tsunamiye sebep olarak bir elektrik santralinde nükleer sızıntıya sebep olmasından sonra bilim dünyasının çoklu tehlike analizi vb. yaklaşımlara ilgisini artırmıştır (Ritchie, 2014, Grocholski 2016, Ba ve ark. 2021). Çoklu tehlike ifadesi ilk olarak sürdürülebilir kalkınma temelinde yapılan, 1992'de çevresel risklerin azaltılması ve afet yönetimini amaçlayan Gündem 21'de kullanılmıştır (UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) (Pourghasemi ve ark., 2015). Çoklu tehlikelere bağlı riskler toplumun sürdürülebilir yönetimini yakından ilgilendirmektedir (Unitto ve Shaw, 2016). Bu nedenle, afet yönetiminde veya afetlerin etkisinin azaltılmasında etkili çoklu tehlike analizlerini oldukça önemli kılmaktadır (Ba ve ark., 2021).

Bu çalışmada doğal afetlerin sıkça yaşandığı Erciş ilçesi için yaşanan afetlere bağlı olarak tehlike analizleri yapılmıştır. Çalışmanın amacı; doğal-insan etkisiyle oluşan afet riski yüksek olan Erciş için çoklu tehlike analizi yapılarak afetler bakımından riskli alanlarının belirlenmesi ve afet dirençliliğinin sağlanması için önerilerin geliştirilmesidir. Bu kapsamda çalışma alanı için geçmişe ait afet verileri temin edilmiş olup tehlike analizleri yapılarak tehlikeler haritalanmıştır. Çalışma alanında dikkate alınan tehlikeler; deprem, çığ, heyelan, kaya düşmesi, taşkın-sel ve erozyondur. En fazla can ve mal kaybına sebep olan tehlike deprem iken sıkça yaşanan ve günlük yaşamı sekteye uğratan tehlike ise taşkın-sel olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında dikkate alınan tehlikeler tek bir haritada çakıştırılarak tüm tehlikeler bakımından 'Afet Riski Yüksek Alanlar' belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın ana materyalini Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Van İli'nin kuzeyinde konumlanmış Erciş ilçesi oluşturmaktadır. Erciş Van Gölü kıyısında yer alan Erciş Ovası'nda kurulmuştur. Yaklaşık olarak 197388 ha (hektar) yüz ölçümüne sahip olan Erciş, 39° 01' - 39° 19' kuzey enlemleri ile 43° 16' - 43° 32' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Erciş'in kuzeyinde Aladağ, doğusunda Akçadağ, kuzeydoğusunda Hüdavendigâr Dağı, doğusunda Avgors Dağı ve güneyinde Van Gölü yer almaktadır. Erciş sınırları içinde maksimum yükseklik 3507 m olup minimum yükseklik de 1645 m'dir. Yükseklik Van Gölü kıyısından alanın kuzeyine doğru artmaktadır. Aynı zamanda yüksek olan alanlarda eğimde artmaktadır. Van Gölü kıyısında % 0-10 arasında değişen eğim, kuzeyde % 53'lere kadar artmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı coğrafik konumu

2.1 Erciş Afet Geçmişi

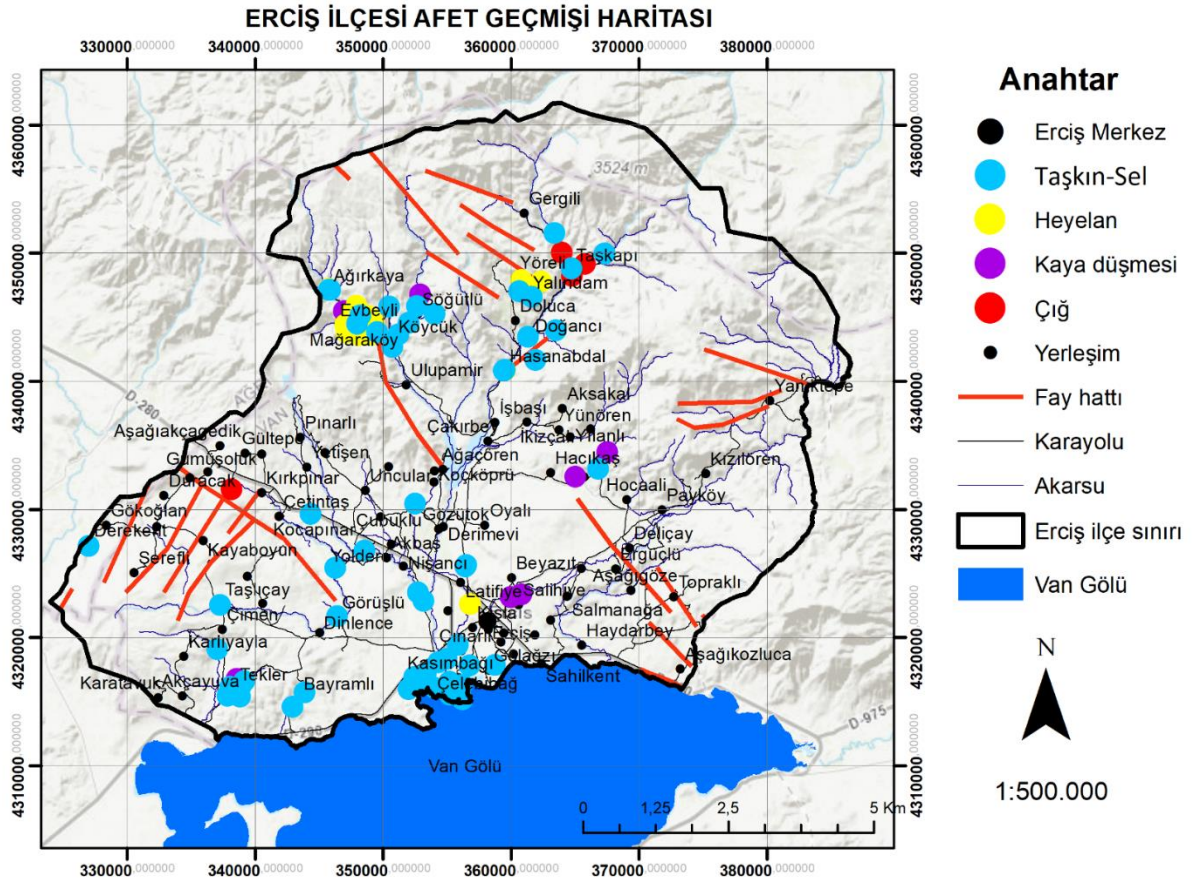
Erciş, 1. derece deprem kuşağında yer almakta ve taşkın-sel, heyelan, deprem gibi afetler sıkça yaşanmaktadır. AFAD'dan temin edilen afet kayıtlarına göre 1961 yılından 2018 yılına kadar Erciş'te afet niteliği taşıyan; 3 deprem, 2 heyelan, 1 çığ, 3 kaya düşmesi, 15 taşkın-sel yaşanmıştır. Afet kayıtlarına göre toplamda Erciş'te; 3 deprem (ölümlerin yaşandığı), 16 heyelan, 5 çığ, 10 kaya düşmesi ve 55 tane taşkın-sel olayı yaşanmıştır. Erciş'te yaşanmış afetler ve afetlerin yaşandığı yerler tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca tablo halindeki veriler ArcGIS ortamına işlenerek Erciş için afet geçmişi haritası oluşturulmuştur (Şekil 2).

Tablo 1. 1961 yılından 2018 yılına kadar Erciş'te yaşanmış afetler ve yaşandığı yerler (AFAD, 2021)

Mahalle	Afet Türü	Afetin Rapor Tarihi	Afete Maruz Bölge Kararı	Can Kaybı
Tüm Mahalle	Deprem	24.11.1976	Yok (Erciş-Çaldıran-Muradiye üçgeni)	3840
Ağırkaya	Taşkın-sel	25.06.2007	Var	
Aş. Çökek	Kaya Düşmesi	7.07.1977	Yok	
Bayramlı	Taşkın-sel	16.10.1969	Yok	
Bayramlı	Taşkın-sel	19.10.1983	Yok	
Bozyaka	Çığ	1.03.1993	Var	
Bucakönü	Taşkın-sel	20.10.1983	Yok	
Çatakđibi	Taşkın-sel	19.10.1983	Yok	
Çatakđibi	Taşkın-sel	21.06.1990	Yok	
Çelebibağ	Taşkın-sel	26.11.1991	Yok	
Çelebibağ	Taşkın-sel	29.01.1993	Yok	
Çelebibağ	Taşkın-sel	20.01.1998	Yok	

Çelebibağ	Taşkın-sel	19.10.1970	Yok	
Çelebibağ	Taşkın-sel	16.10.1983	Yok	
Çelebibağ	Taşkın-sel	26.11.1991	Yok	
Çelebibağ	Taşkın-sel	4.11.1985	Yok	
Çubuklu	Taşkın-sel	22.10.1983	Yok	
Doğancı	Taşkın-sel	10.06.2008	Var	
Doğancı	Taşkın-sel	1.10.2007	Yok	
Evbeyli	Taşkın-sel	15.06.2007	Var	2
Evbeyli	Kaya Düşmesi- Taşkın -sel	23.02.2009	Var	
Evbeyli	Heyelan	30.09.2004	Yok	
Görüslü	Taşkın-sel	11.10.1983	Yok	
Hasanabdal	Heyelan	20.12.1989	Yok	
Hasanabdal	Taşkın-sel	15.06.2007	Var	
Kardoğan	Taşkın-sel	25.03.2009	Var	
Kasımbağı	Taşkın-sel	8.05.2007	Var	
Kasımbağı	Taşkın-sel	18.10.1983	Yok	
Kasımbağı	Taşkın-sel	21.06.1990	Yok	
Kırkdeğirmen	Taşkın-sel	21.10.1983	Yok	
Kocapınar	Taşkın-sel	11.10.1983	Yok	
Köycük	Taşkın-sel	18.07.2007	Yok	
Mağara	Heyelan	31.10.1967	Yok	
Mağara	Heyelan	29.12.1982	Yok	
Mağara	Heyelan	4.12.1985	Var	
Mağara	Heyelan	12.09.1988	Yok	
Mağara	Heyelan	20.12.1989	Yok	
Mağara	Heyelan	10.12.2000	Yok	
Mağara	Heyelan-Kaya Düşmesi- Taşkın-sel	12.06.2002	Yok	
Mağara	Heyelan-Kaya Düşmesi	30.12.2003	Yok	
Mağara	Kaya Düşmesi	31.05.2010	Var	
Mağara	Heyelan	12.07.2011	Var	
Salihye	Kaya Düşmesi	27.11.2002	Var	
Salihye	Kaya Düşmesi	27.10.2004	Var	
Şehirpazarı	Taşkın-sel	1.10.2007	Var	
Köycük	Taşkın-sel	15.06.2007	Var	
Söğütlü	Taşkın-sel	29.07.2006	Yok	
Söğütlü	Kaya Düşmesi	21.09.2004	Var	
Söğütlü	Taşkın-sel	1.09.1989	Yok	
Söğütlü	Taşkın-sel	20.06.2009	Yok	
Taşkapı	Taşkın-sel	19.03.2008	Yok	
Taşkapı	Taşkın-sel	24.01.2008	Yok	
Taşkapı	Taşkın-sel	21.06.2007	Var	
Taşkapı	Çiğ	5.11.1982	Yok	
Taşkapı	Çiğ	16.09.1968	Yok	
Taşlıçay	Taşkın-sel	16.10.1983	Yok	
Tekler	Taşkın-sel	2.06.1997	Yok	
Tekler	Taşkın-sel	10.09.2001	Yok	
Tekler	Heyelan	23.11.2004	Yok	
Tekler	Taşkın-sel	3.05.2005	Yok	
Tekler	Kaya Düşmesi	21.12.2004	Var	
Tekler	Taşkın-sel	25.07.2006	Var	
Tekler	Taşkın-sel	23.11.2006	Yok	
Tekler	Kaya Düşmesi	5.08.2008	Yok	

Yalındam	Heyelan	1.11.1967	Yok	
Yalındam	Heyelan	21.10.1983	Yok	
Yalındam	Taşkın-sel	25.06.2007	Var	
Yalındam	Taşkın-sel	22.01.2008	Yok	
Yalındam	Çiğ	2.06.2009	Var	
Yk. Çınarlı	Taşkın-sel	19.10.1983	Yok	
Yk. Işıklı	Taşkın-sel	20.10.1983	Yok	
Yk. Işıklı	Taşkın-sel	14.04.1963	Yok	
Yoldere	Taşkın-sel	24.11.1983	Yok	
Yk. Çökek	Kaya Düşmesi	10.02.2004	Yok	
Derekent	Taşkın-sel	9.08.2017	Yok	
Latifiye	Heyelan	14.07.2017	Yok	
Ağırkaya	Heyelan- Taşkın-sel	15.05.2017	Yok	
Taşkapı	Çiğ	11.04.2017	Yok	
Yk Çökek	Taşkın-sel - Kaya Düşmesi	1977	Yok	
Gölağzı	Taşkın-sel	13.07.1995/7292	Var	
Kasımbağı	Taşkın-sel	13.07.1995/7293	Var	
Çelebibağ	Taşkın-sel	13.07.1995/7293	Var	
Tüm Mahalle	Deprem	23.10.2011	Etkililik Onayı	470



2.2 Yöntem

Tehlikelerin yaşandığı alanlar ve tehlikeleri tetikleyen unsurlar arasındaki mekansal ilişkiyi incelemek için, tehlikelerin mekansal dağılımının anlaşılması ve haritalanması gereklidir (Hong ve diğerleri, 2015). Bu çalışmada, çalışma alanının afet geçmişine yönelik veriler tarihsel bilgiler ve saha çalışmaları (muhtarlar ve alan kullanıcılarla yapılan görüşmeler) yardımıyla ilk öncelikli olarak çalışmada ele alınacak tehlikeler belirlenmiştir. Çünkü geçmişte afetlerin yaşandığı lokasyonlar gelecekte yaşanabilecek afet tehlikelerine karşı daha fazla maruz kalma potansiyeline sahiptirler. Bu yüzden geçmiş afet lokasyonları ve yakın çevreleri gelecekteki tehlikelerin tahmin edilmesi için oldukça faydalıdır. Tehlikelerin risk durumlarının belirlenmesi için risk analizi yapılmalıdır. Risk analizinde üç önemli bileşen ön plana çıkmaktadır; 1) Tehlikeler, 2) güvenlik açıkları ve 3) risk altındaki unsurlar (Van Westen ve ark., 2008). Tehlikelerin frekans-büyükölçüm analizinden elde edilen zamansal olasılıkları ve yoğunlukları ile karakterize edilmesi oldukça önemlidir (Van Westen 2013). Bu çalışmada da tehlikelerin risk durumları için frekans (oluşum sıklığı), olasılık, etki düzeyi ve risk altındaki unsurlar dikkate alınmış olup analizler bu çerçevede yapılmıştır. Çalışmanın yönteminde çok kriterli karar verme yöntemi olan kriterlere değer atama yöntemi uygulanmıştır (Malczewski, 1996). Çalışmada altı tehlike ele alındığından bu tehlikelerin birbiri ile ilişkisi açıklanmamıştır. Her tehlike için potansiyel risk alanları belirlenmiş ve tüm tehlikeler bakımından afet riski yüksek alanlar belirlenmiştir. Çalışmada çok kriterli karar verme yöntemi CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) aracılığıyla uygulanmıştır (Carver 1991). Tehlikeler için belirlenen kriterlere puan verilerek tehlikelerin risk durumları belirlenmiştir. Bu puanlama 1 ile 5 arasında yapılmış olup;

- 1 'Risk yok'u
- 2 'Az riskli'yi
- 3 'Orta riskli'yi
- 4 'Riskli'yi
- 5 'Çok riskli'yi ifade etmektedir. Puanlar, renkleri ve ifade ettiği risk durumu şekil 3'de verilmiştir.

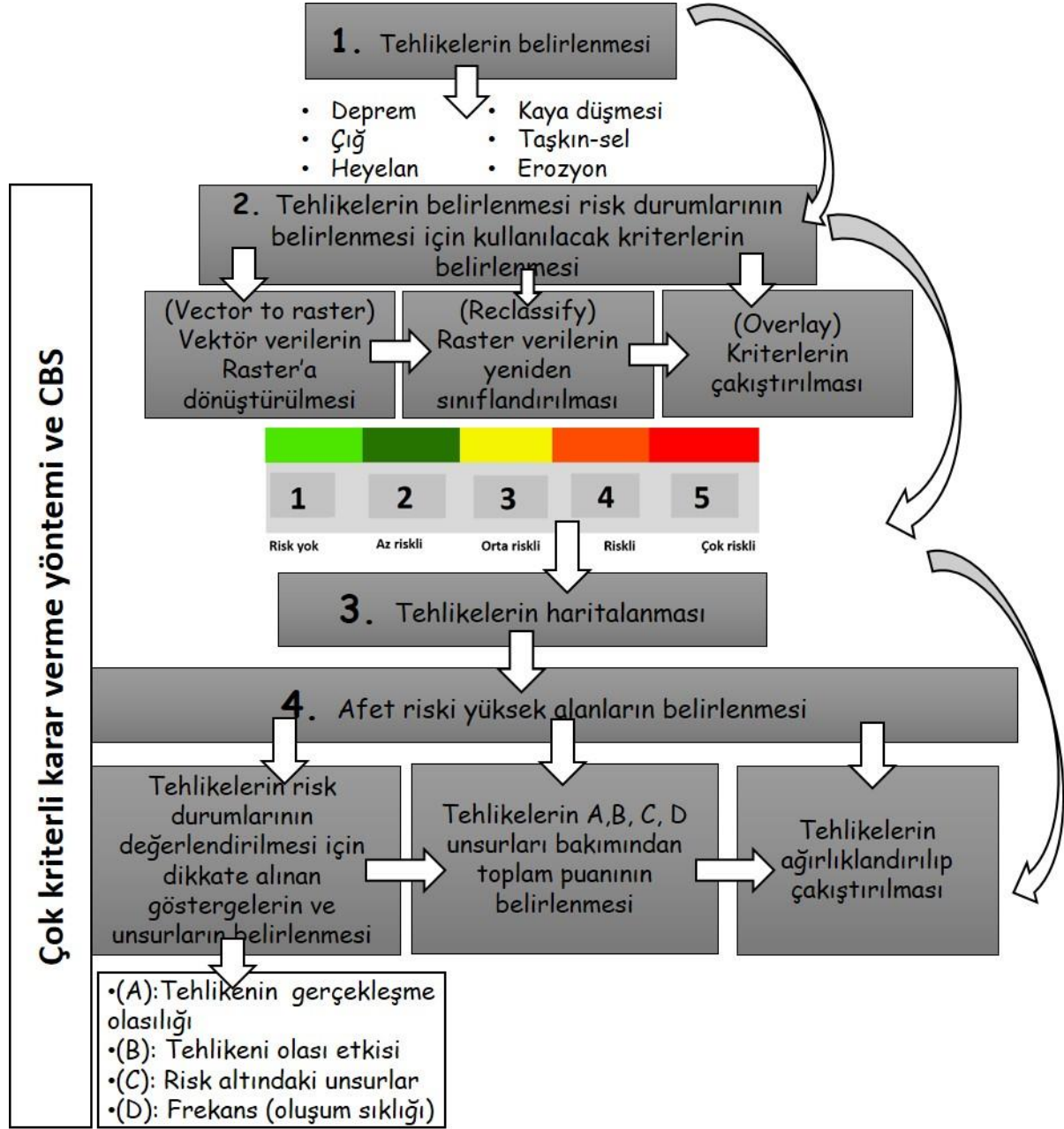


Şekil 3. Kullanılan puanlar ve ifade ettiği risk durumu

Afetlere karşı dirençliliği sağlamak için yapılan çalışmada yöntem 4 aşamadan oluşmaktadır.

1. Çalışma alanında dikkate alınacak tehlikelerin belirlenmesi,
2. Tehlikelerin risk durumunu belirlemek için kullanılacak kriterlerin belirlenmesi,
 - Vektör verilerin Raster'a dönüştürülmesi (Vector convert to raster),
 - Raster verilerin yeniden sınıflandırılması (Reclassify),
 - Her tehlike için belirlenen kriterlerin çakıştırılması (Overlay),
3. Tehlikelerin risk durumunun haritalanması,
4. Afet riski yüksek alanların belirlenmesi,
 - Tehlikelerin risk durumlarının değerlendirilmesi için dikkate alınan göstergelerin ve unsurların belirlenmesi
 - Tehlikelerin A, B, C, D unsurlar bakımından toplam puanının belirlenmesi,
 - A – Tehlikenin gerçekleşme olasılığı
 - B – Tehlikenin olası etkisi

- C – Risk altındaki unsurlar
- D – Frekans (Oluşum sıklığı)
- Tehlikelerin ağırlıklandırılıp karşılaştırılması.



Şekil 4. Yöntem akış diyagramı

2.2.1 Çalışma alanında dikkate alınacak tehlikelerin belirlenmesi

Çalışmada dikkate alınacak tehlikeler afet geçmişi dikkate alınarak (Hong ve diğerleri, 2015) belirlenmiştir. Çalışma kapsamında dikkate alınan tehlikeler; deprem, çığ, heyelan, kaya düşmesi, taşkın-sel ve erozyondur. Bu tehlikeler daha önce Erciş'te birçok kez yaşanmış ve çoğunda afete maruz kararı alınmıştır (Tablo 1).

2.2.2 Tehlikelerin risk durumunu belirlemek için kullanılacak kriterlerin belirlenmesi

Tehlikelerin risk durumunu belirlemek için kullanılan kriterler her tehlike için farklılık göstermektedir. Tehlikelerin risk durumunu belirlemek için kullanılan kriterler ve risk durumları dikkate alınarak verilen puanlar Tablo 2’de detaylı olarak verilmiştir. Risk durumu arttıkça puan değeri de artmaktadır.

- Deprem tehlikesi için dikkate alınan kriterler; yükseklik, eğim (Celep ve Kumbasar 1993, Kundak 2006), zemin sıvılaşma potansiyeli ve fay hatlarına uzaklıktır (Le Brun vd. 1999). Topoğrafik yapı, sismik enerjiyi yükseklik ve eğim açısına göre arttırdığı için bu kriterler çalışma bölgesindeki deprem tehlikesi etkilerini modellemek için hayati öneme sahiptir (Erden ve Karaman 2012). Depremin etkisi kaynaktan (merkez veya fay hattı) uzaklaştıkça azalır. Depremin etkisi zeminin mukavemeti ve jeolojik koşullardan dolayı ile zemin sıvılaşma potansiyelinden ve saha yüzeyinden etkilenmektedir (Boore 1997). Çalışmada yüksekliğin ve eğimin fazla olduğu alanlar, fay hatlarına yakın yerler, ve zemin sıvılaşmasının olduğu alanlar deprem tehlikesi bakımından riskli olarak ele alınmıştır (Tablo 2).
- Çığ tehlikesi için dikkate alınan kriterler; eğim, yükseklik, bakı, bitki örtüsü ve iklimsel verilerdir. Bu çalışmada alanda bir tane meteoroloji istasyonunun olması sebebi ile iklimsel veriler dikkate alınmamıştır. Bu çalışmada çığ tehlike analizi için eğim, bakı, yükseklik kriterleri kullanılmıştır (Maggioni ve Gruber 2003, Marana 2017, Mahboob vd. 2015). Yükseklik ve eğimin fazla olduğu alanlar, güneydoğu, doğu ve kuzeybatı bakırları çığ tehlikesi bakımından riskli alanlar olarak ele alınmıştır (Tablo 2).
- Heyelan tehlikesi için dikkate alınan kriterler; jeolojik yapı, eğim, bakı, yükseklik, arazi kullanım tipi, akarsuya uzaklık ve fay hatlarına uzaklıktır (Yılmaz 2009, Huqqani vd., 2021, Oi vd., 2021). Heyelan tehlikesi için eğim - yüksekliğin fazla olduğu alanlar, kuzey ve batı bakırlar, alüvyonal ve kireçtaşı olan zeminler, kentsel alanlar ve taşlık-kayalık alanlar yani bitki örtüsünün az olduğu veya hiç olmadığı alanlar heyelan tehlikesi bakımından riskli olarak değerlendirilmiştir. Akarsulara ve fay hatlarına yakın yerler de heyelan tehlikesi bakımından riskli alanlar olarak ele alınmıştır (Tablo 2).
- Kaya düşmesi tehlikesi için dikkate alınan kriterler; jeoloji, eğim, kaya düşmesi yaşanmış yerler, arazi kullanım tipi ve fay hatlarına uzaklıktır (Polat 2020, Hantz vd. 2021). Kaya düşmesi tehlikesi için geçmişte kaya düşmesi olayı yaşanmış yerler, alüvyonal-kireçtaşı olan zeminler, eğimin - yüksekliğin fazla olduğu yerler, fay hatlarına yakın yerler ve taşlık-kayalık alanlar riskli olarak ele alınmıştır (Tablo 2).
- Taşkın-sel tehlikesi için dikkate alınan kriterler; eğim, yükseklik, arazi kullanım tipi, toprak grupları, akarsuya uzaklık ve göle uzaklıktır (Oğuz vd. 2016). Taşkın sel için eğim ve yüksekliğin az olduğu yerler, akarsulara -göle yakın yerler, bitki örtüsü az-seyrek veya olmayan alanlar, alüvyonal - hidromorfik topraklar riskli olarak ele alınmıştır (Tablo 2).
- Erozyon tehlikesi için dikkate alınan kriterler; eğim, bitki örtüsü, toprak parlaklığı ve akarsu yoğunluğudur. Bitki örtüsü için NDVI analizi yapılmıştır. Toprak parlaklığı için 2019 yılına ait Landsat – 8 (Landsat Scene Identifier: LC08_L1TP_170033_20190810_20190820_01_T1) uydu görüntüsü (Anonim, 2021) kullanılarak, Tasseled Cap Dönüşümü uygulanmıştır (Kauth ve Thomas 1976). Bu analiz sonucunda toprak parlaklığı sayısal değerlere dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm için; Toprak parlaklık indeksi= $0.3029 \times \text{Bant2} + 0,2786 \times \text{Bant3} + 0,4733 \times \text{Bant 4} + 0,5599 \times \text{Bant 5} + 0.508 \times \text{Bant 6} + 0,1872 \times \text{B7}$ formülü kullanılmıştır (Baig ve vd. 2014). Toorent ve Barron 1993’ de ifade edildiği gibi, parlak topraklar ince tekstürlü iken kaba tekstürlü topraklarda parlaklık daha az olmaktadır. Dolayısı ile kaba tekstürlü topraklar yani toprak parlaklığı az olan yerler riskli alanlar olarak ele alınmıştır (Tablo 2).

Tehlikelere ait dikkate alınan kriterler öncelikli olarak CBS ortamında Raster verilere dönüştürülmüştür. Raster’a dönüştürülen verilerin aynı standarda getirilmesi amacıyla 1-5 arasında puanlandırılarak sınıflandırılmıştır (Reclassify). Çalışma kapsamında ele alınan

tehlikeler, risk durumlarını belirlemek için kullanılan kriterler ve kriterlere verilen puanlar tablo 2'de detaylı olarak verilmiştir.

2.2.3 Tehlikelerin haritalanması

Tehlikelerin risk durumlarını değerlendirmek için kriterlere 1 ile 5 arasında puan verilmiştir. Böylelikle tüm kriterler aynı standarda getirilmiştir. Belirlenen kriterler her tehlike için ayrı olarak çakıştırılmıştır. Örneğin deprem tehlikesi için fay hatlarına uzaklık haritası, zemin sıvılaşması haritası, eğim ve yükseklik haritaları çakıştırılarak deprem risk haritası oluşturulmuştur. Dolayısı ile deprem bakımından riskli alanlar; fay hatlarına yakın, zemin sıvılaşması yüksek olan, eğimli ve yüksek alanlardır. Tehlike haritaları oluşturulurken her tehlike için belirlenen kriterler çakıştırılarak her tehlike için risk haritası oluşturulmuştur.



Şekil 5. Tehlike risk haritalarının oluşturulması

Çığ için 1 ile 5 arasında puanlandırılan yükseklik, eğim ve bakı haritaları çakıştırılarak çığ risk haritası oluşturulmuştur. Erozyon için NDVI, eğim, toprak parlaklığı ve akarsu yoğunluğu haritaları 1 ile 5 arasında puanlandırılıp, çakıştırılarak erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Kaya düşmesi için eğim, jeoloji, kaya düşmesi olayı yaşanmış lokasyonlar, arazi kullanım tipi ve fay hatlarına uzaklık haritaları 1 ile 5 arasında puanlandırılıp çakıştırılarak kaya düşmesi risk haritası oluşturulmuştur. Heyelan risk haritası için eğim, bakı, yükseklik, jeoloji, arazi kullanım tipi, akarsuya uzaklık ve fay hatlarına uzaklık haritaları 1 ile 5 arasında puanlandırılıp çakıştırılmıştır. Taşkın-sel için yükseklik, eğim, toprak grupları, akarsuya uzaklık, göle uzaklık ve arazi kullanım tipi haritaları 1 ile 5 arasında puanlandırılıp çakıştırılmıştır.

Tablo 2. Çalışmada ele alınan tehlikelerin risk haritalarını oluşturmak için kullanılan kriterler ve kriterlere verilen puanlar

DEPREM		ÇİĞ		EROZYON		KAYA DÜŞMESİ		HEYELAN		TAŞKIN-SEL	
Yükseklik	Puan	Yükseklik	Puan	Eğim (%)	Puan	Eğim (%)	Puan	Yükseklik (m)	Puan	Yükseklik (m)	Puan
1044-1500	1	1044-1500	1	0-10	1	0-10	1	1044-1500	1	1044-1500	5
1500-2000	2	1500-2000	2	10-20	2	10-20	2	1500-2000	2	1500-2000	4
2000-2500	3	2000-2500	3	20-30	3	20-30	3	2000-2500	3	2000-2500	3
2500-3000	4	2500-3000	4	30-40	4	30-40	4	2500-3000	4	2500-3000	2
3000-3700	5	3000-3700	5	40-53	5	40-53	5	3000-3700	5	3000-3700	1
Eğim (%)		Eğim (%)		Bitki örtüsü (NDVI değeri)		Jeoloji		Eğim (%)		Eğim (%)	
0-10	1	0-10	1	-0,17 - 0,1	5	Alüvyonal, Kireçtaşı	5	0-10	1	0-10	5
10-20	2	10-20	2	0,1 - 0,2	4	Karasal kıvrımlar	4	10-20	2	10-20	4
20-30	3	20-30	3	0,2 - 0,3	3	Volkanik tuf	3	20-30	3	20-30	3
30-40	4	30-40	4	0,3 - 0,4	2	Andezit	2	30-40	4	30-40	2
40-53	5	40-53	5	0,4 - 0,64	1	Bazalt	1	40-53	5	40-53	1
Sivilaşma potansiyeli		Baki		Toprak parlaklığı		Kaya düşmesi yaşanmış lokasyonlara uzaklık (m)		Baki		Toprak grupları	
Yüksek	1	Düz ve batı	1	44.284 - 83.802	1	0-1000	5	Düz	1	Kahverengi topraklar	1
Sedimenter Magmatik ve Metamorfik Araziler	4	Güneybatı	2	33.558- 44.284	2	1000-3000	4	Doğu, Güney	2	Kireçsiz topraklar	2
Volkanik kaya birimleri	3	Kuzey	3	29.606 - 33.558	3	3000-5000	3	Güneybatı	3	Kahverengi toprakları	3
Sedimenter araziler	4	Kuzeydoğu ve güney	4	22.267 - 29.606	4	5000-7000	2	Kuzeybatı, Kuzeydoğu	4	Kolüvyal, regosoller	4
Alüvyonal gölden uzak	5	Güneydoğu, doğu	5	11.823- 22.267	5	7000 m >	1	Kuzey, Batı	5	Alüvyal, hidromorfik	5
Alüvyonal göle yakın	5	kuzeybatı	5	Akarsu yoğunluğu		Arazi kullanımı		Jeoloji		Akarsuya uzaklık	
Fay hatlarına uzaklık (m)				1,56-0,95	1	Ağaçlık alanlar	1	Alüvyonal, Kireçtaşı	5	0- 700 m	5
0-2500	5			0,95-0,69	2	Askeri alanlar, baraj gölü, fundalıklar, çayır-mera,	2	Karasal kıvrımlar	4	700-1500 m	4
2500- 5000	4			0,69-0,48	3	Tarım alanı, kırsal yerleşik alanlar	3	Volkanik tuf	3	1500-2500 m	3
5000-7500	3			0,48-0,20	4	Sazlık-bataklık alanlar, sanayi alanı, sulu tarım	4	Andezit	2	2500-2500 m	2
7500-9000	2			0,2-0	5	Taşlık-kayalık alanlar, kentsel yerleşim alanları	5	Bazalt	1	3500 m'den büyük yerler	1
9000 m'den büyük yerler	1										

DEPREM	ÇİĞ	EROZYON	KAYA DÜŞMESİ	HEYELAN	TAŞKIN-SEL
			Parametreler ve puanları		
			Fay hatlarına uzaklık (m)	Arazi kullanım tipi	Göle uzaklık (m)
			0-2500	1	0-3000
			2500-5000	2	3000-7000
			5000-7500	3	7000-11000
			7500-9000	4	11000-15000
			9000 m'den büyük yerler	5	15000'den büyük yerler
				Akarsuya uzaklık (m)	Arazi kullanım tipi
				0-700 m	Göl-göletler, sulu tarım alanı, sazlık-bataklık, kuru tarım alanı
				700-1500 m	Kentsel yerleşim alanı, kırsal yerleşim alanı
				1500-2500 m	Mera-çayır, fundalıklar
				2500-2500 m	Sanayi alanı, askeri alan
				3500 m'den büyük alanlar	Ağaçlık alanı, fundalıklar
				Fay hatlarına uzaklık (m)	
				0-2500	
				2500-5000	
				5000-7500	
				7500-9000	
				9000 m'den büyük yerler	

1- Risk yok, 2- Az riskli, 3- Orta riskli, 4- Riskli, 5- Çok riskli

2.2.4 Afet riski yüksek alanların belirlenmesi

- Tehlikelerin risk durumlarının değerlendirilmesi için dikkate alınan göstergelerin ve unsurların belirlenmesi

Tehlikelerin risk durumlarının ve hangi tehlikenin daha olası potansiyele sahip olduğunu belirlemek amacıyla puan tablosu hazırlanmıştır. Aşağıda tablo 4’de tehlikelerin gerçekleşme olasılıkları (A), olası etkilerine/etki düzeyleri (B), risk altındaki unsurlara (C) ve (D) frekansa ait göstergeler ve risk dereceleri yer almaktadır (Tezgider 2008). Bu göstergeler tehlikenin risk durumunun yüksek, orta veya düşük olduğunu belirlemektedir. Böylelikle tehlikelerin hem risk durumları belirlenmiş hem de tehlikeler birbiriyle kıyaslanmıştır. Örneğin; taşkın-sel riskinin gerçekleşme olasılığı (A) hesaplanırken;

- Gelecek on yıl içinde birçok defa gerçekleşme potansiyeli,
- Son iki yıl içinde gerçekleşmiş olması (1961 kayıtlarından günümüze dek neredeyse her sene birçok kez taşkın-sel olayı yaşanmıştır),
- Dış etkenler nedeniyle kontrolün çok güç olması,
- Can ve mal kaybına sebep olması. Dolayısı ile taşkın-sel riskinin gerçekleşme olasılığı yüksek olup 5 puan verilmiştir.
- Taşkın-selin olası etkileri (B) hesaplanırken;
- Kamuoyunun bu konuda duyarlı olması,
- İnsan yaşamı ve çevre üzerinde hayati etkilerinin söz konusu olması (çok fazla değil),
- Mali sonuçları çok fazla olmaması,
- Günlük yaşamın uzun veya-kısa süreli durması. Dolayısıyla taşkın-selin etki düzeyi yüksek olup 4 puandır.

Taşkın-sel tehlikesi bakımından risk altındaki unsurlar (C); insanlar, yerleşim alanları, ulaşım ağlarıdır. Taşkın – sel için risk altındaki unsurlar için 5 puanı kullanılmıştır.

Frekans hesaplamaları; tüm tehlikeler için frekanslar SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) programında hesaplanmıştır. Frekans (oluşum sıklığı) ve yüzdeleri tablo 3’de verilmiştir. Frekansı en yüksek olan taşkın- sel olduğundan 5 puanı verilmiştir. Erozyon tehlikesi için sayısal bir değer olmadığından frekans hesaplaması yapılmamıştır.

Tablo 3. Çalışmada ele alınan tehlikelere ait frekans ve yüzdeler

Afet Türleri	Frekans (Oluşum sıklığı)	Yüzde	Puan
Deprem	3	3,3	1
Taşkın-Sel	54	60,0	5
Kaya Düşmesi	12	13,3	1
Çığ	5	5,6	1
Heyelan	16	17,8	2

Aşağıda tablo 5’de çalışma alanında dikkate alınan tehlikeler ve dikkate alınan unsurlara (A, B,C, D) bağlı göstergelere göre aldıkları toplam puanlar yer almaktadır. Tablo 5’de yer alan puanlar tablo 4’de ki unsurlar unsurlara bağlı göstergeler dikkate alınarak verilmiştir.

Tablo 4. Tehlikelerin gerçekleşme potansiyelleri hesaplanırken dikkate alınan unsurlar, göstergeler ve risk durumları (Tezşider 2008)

Olasılık/ Etki derecesi	Risklerin gerçekleşme olasılığı değerlendirilirken	Puan	Risklerin etki düzeyleri değerlendirilirken	Puan	Risk altındaki unsurlar (Element at risk)	Puan	Frekans (oluşum sıklığı)	Puan
	Göstergeler		Göstergeler					
YÜKSEK	<ul style="list-style-type: none"> Gelecek on yıl içinde birçok defa gerçekleşme potansiyeli Son iki yıl içinde gerçekleşmiş olması Fay hatlarının varlığı olması Ölümlerin yaşanması 	4, 5	<ul style="list-style-type: none"> Kamuoyunun bu konuda duyarlı olması İnsan yaşamı ve çevre üzerinde hayati etkilerinin söz konusu olması Mali sonuçlarının çok büyük boyutta olması Günlük yaşamın uzun veya-kısa süreli durması 	4, 5	<ul style="list-style-type: none"> İnsanlar, yerleşim alanları, ulaşım ağları. 	4,5	1-20	1, 2
ORTA	<ul style="list-style-type: none"> Gelecek on yıl içinde birden fazla gerçekleşme potansiyeli Dış etkenler nedeniyle kontrol güçlüğü çekilmesi Faaliyetle ilgili geçmiş deneyimler 	2, 3	<ul style="list-style-type: none"> Kamuoyunun önemli derecede duyarlılık göstermesi İnsan yaşamı ve çevreye önemli etkilerinin olması Mali sonuçlarının kaygı verici boyutta olması Can ve mal kaybı söz konusu değildir 	2, 3	<ul style="list-style-type: none"> Doğal yaşam alanları, tarım alanları. 	2,3	20-40	2, 3
DÜŞÜK	<ul style="list-style-type: none"> Şu ana kadar hiç gerçekleşmemiş olması Gerçekleşmesi halinde büyük şaşkınlık yaratacak olması. 	1	<ul style="list-style-type: none"> Kamuoyu duyarlığının düşük derecede olması Mali sonuçlarının tolere edilebilir seviyede olması 	1	<ul style="list-style-type: none"> Dağlık alanlar, taşlık kayalık alanlar, boş alanlar. 	1	40 ve üstü	4, 5

Tablo 5. Tehlikelerin risk değerlendirilmesinde kullanılan unsurlar, göstergeler ve tehlikelerin toplam puanları

TEHLİKELER	A (Meydana gelme olasılığı)	Puan	B (Olası etkisi)	Puan	C Risk altındaki unsurlar (Element at risk)	Puan	D Frekan s (Oluşu m sıklığı)	Puan	Toplam Puan (A+B+C+ D)
	Göstergeler		Göstergeler		Göstergeler				
Deprem	<ul style="list-style-type: none"> Son iki yıl içinde gerçekleşmiş olması 	5	<ul style="list-style-type: none"> Günlük yaşamın uzun veya-kısa süreli durması 	5	<ul style="list-style-type: none"> İnsanlar, yerleşim alanları, ulaşım ağları. 	5	3	1	16
	<ul style="list-style-type: none"> Ölümlerin yaşanması 		<ul style="list-style-type: none"> Mali sonuçlarının çok büyük olması 						
	<ul style="list-style-type: none"> Gelecek on yıl içinde birden fazla gerçekleşme potansiyeli 		<ul style="list-style-type: none"> İnsan yaşamı ve çevre üzerinde hayati etkilerinin söz konusu olması 						
Çığ	<ul style="list-style-type: none"> Faaliyetle ilgili geçmiş deneyimler 	3	<ul style="list-style-type: none"> Mal kaybı söz konusu değildir 	3	<ul style="list-style-type: none"> İnsan, yerleşim alanları, yaban yaşamı, ulaşım ağları. 	4	5	1	11
	<ul style="list-style-type: none"> Dış etkenler nedeniyle kontrol güçlüğü çekilmesi 		<ul style="list-style-type: none"> İnsan yaşamı ve çevreye önemli etkilerinin olması 						

Heyelan	• Faaliyetle ilgili geçmiş deneyimler	4	• Can kaybı (insan) söz konusu değildir	4	• İnsan, yerleşim alanları, tarım alanları, yaban yaşamı, ulaşım ağları,	4	16	2	14
	• Dış etkenler nedeniyle kontrol gücü çökmesi		• Mali sonuçlarının kaygı verici boyutta olması						
Kaya düşmesi	• Faaliyetle ilgili geçmiş deneyimler	4	• Can kaybı (insan) söz konusu değildir	4	• İnsan, yerleşim alanları, tarım alanları, yaban yaşamı, ulaşım ağları.	3	12	2	13
	• Dış etkenler nedeniyle kontrol gücü çökmesi		• Mali sonuçlarının tolere edilebilir seviyede olması						
Erozyon	• Son iki yıl içinde gerçekleşmiş olması	5	• Can kaybı (insan) söz konusu değildir	2	• İnsan, yerleşim alanları, tarım alanları.	3			10
	• Gelecek on yıl içinde birçok defa gerçekleşme potansiyeli		• Mali sonuçlarının tolere edilebilir seviyede olması						
			• İnsan yaşamı ve çevreye önemli etkilerinin olması						
Sel-taşkın	• Son iki yıl içinde gerçekleşmiş olması	5	• Günlük yaşamın uzun veya kısa süreli durması	4	• İnsan, yerleşim alanları, tarım alanları, ulaşım ağları.	5	54	5	19
	• Ölümün yaşanması		• Mali sonuçlarının çok büyük olması						

• Tehlikelerin A, B, C, D unsurları bakımından toplam puanının belirlenmesi
Tehlikeler için risk durumlarını belirlemek için dikkate alınan A (riskin meydana gelme olasılığı), B (riskin olası etkisi), C (risk altındaki unsurlar) ve D (frekans/oluşum sıklığı) unsurları için 1-5 arası bir puanlama yapılmış olup her tehlike için toplam puan hesaplanmıştır. Göstergeler çalışma alanının yapısı ve afet geçmişi dikkate alınarak puanlandırılmıştır. Tehlikelerin dikkate alınan unsurlar ve göstergeler bakımından toplam puanları yukarıda tablo 5'te detaylı olarak verilmiştir.

• Tehlikelerin ağırlıklandırılıp karşılaştırılması
Çalışmanın bu aşamasında bir önceki aşamada yapılan tehlikelerin A, B, C ve D unsurları bakımından toplam puanına göre tehlikeler ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırma analizinin amacı hangi tehlikenin meydana gelme olasılığının yüksek olduğunun vurgulanması ve o tehlikeye daha yüksek ağırlık puanının verilmesidir. Böylece gerçekleşme ihtimali en yüksek olan tehlikelerin ön plana çıkarılmasıdır. ARCGIS'in Spatial Analyst Tools'un altında yer alan Map Algebra modülüne bağlı Raster Calculator komutu kullanılarak ağırlıklandırma ve karşılaştırma analizi yapılmıştır. Raster Calculator komutu ile belirlenen kriterler tablo 6'de verilen ağırlıklarla çarpılmıştır. Ağırlıklar, komutun özelliği gereği toplamda 1 olacak şekilde işlem yapılabilmektedir. Ağırlıklar A, B, C ve D unsurları bakımından kriterlerin toplamda aldıkları puana göre verilmektedir. A, B, C ve D unsurları bakımından toplam puanı en yüksek olan tehlikeye en yüksek ağırlık puanı verilmiştir. Böylece tüm tehlikeler bakımından afet riski yüksek alanlar belirlenmiştir. Çakıştırılan haritalara verilen ağırlık puanı toplamda 1'e

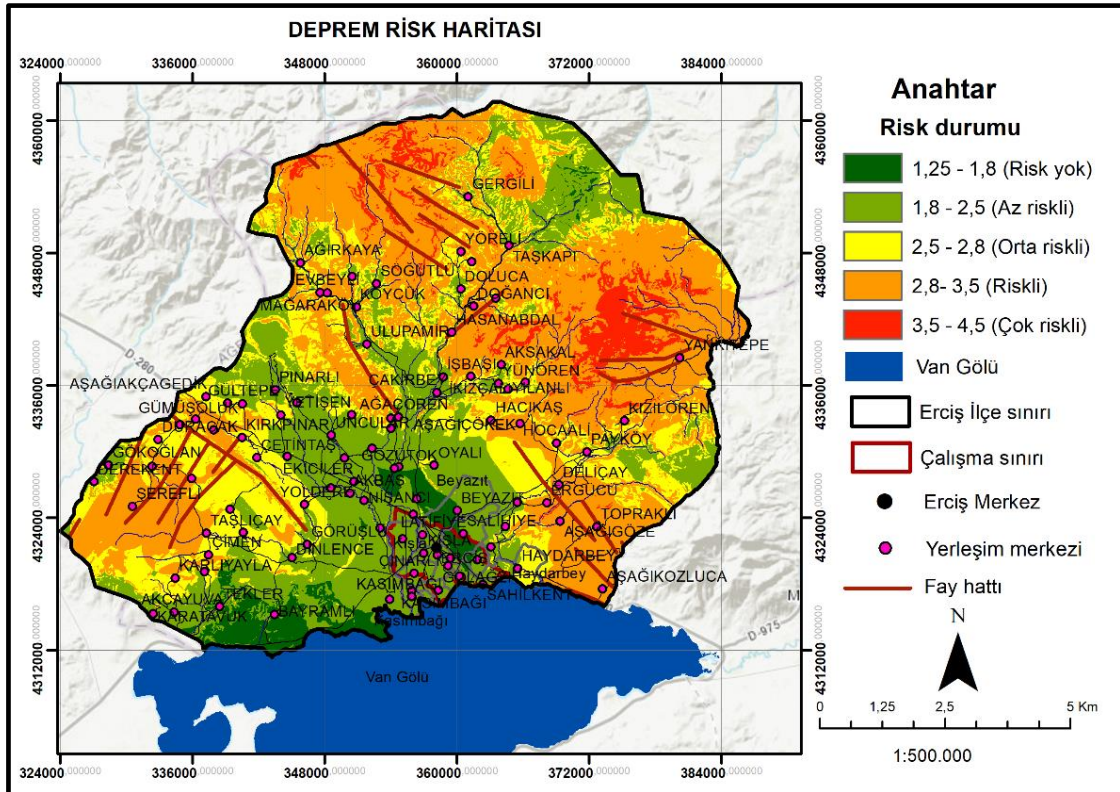
tamamlanacak şekilde verilmiştir. En yüksek ağırlık puanı toplam puanı en yüksek olan taşkın-sel tehlikesi için kullanılmıştır. Tehlikelere ait ağırlık puanları aşağıda tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Tehlikelerin toplam puanı ve ağırlık puanları

Tehlikeler	Toplam Puanı (A+B+C+D)	Ağırlık Puanı
Deprem	16	0,2
Çiğ	11	0,13
Heyelan	14	0,18
Kaya (taş) düşmesi	13	0,15
Erozyon	10	0,11
Taşkın-sel	19	0,23
Toplam		1

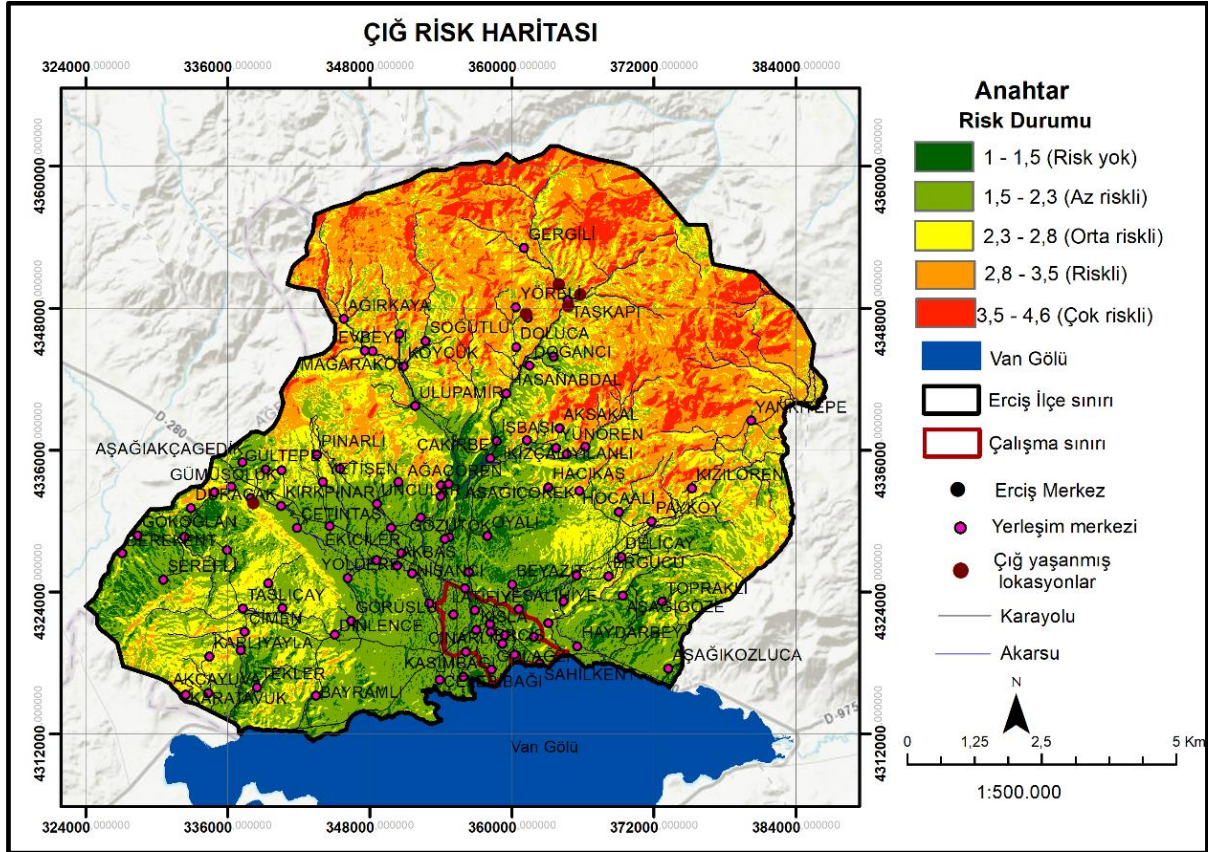
3. BULGULAR

Çalışma alanının deprem tehlikesi bakımından risk durumu; alanın kuzeydoğusu deprem riski yüksek olarak belirlenmiştir. Deprem için 1 ile 5 arasında yapılan puanlamada minimum puan 1,25 iken maksimum puan 4,5 olarak belirlenmiştir. Alandaki tüm tehlikelerin sınıflandırılmasında ArcGIS'in Natural Break diyagramı kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Fay hatlarına yakın yerler, yükseklik ve eğimin fazla olduğu yerler genellikle deprem riski yüksek olarak belirlenmiştir. Gergili, Yanıktepe, Kızılören, Haydarbey, Yörelî, Aşağıgöze, Şerfli, Derekent, Gökoğlan, Gümüşoluk, Topraklı, Gültepe yerleşimleri deprem riski yüksek olarak belirlenmiştir. Kent merkezi ve yakın çevresi deprem tehlikesi bakımından az riskli kategorisinde yer almaktadır. Karatavuk, Bayramlı, Tekler, Latifiye, Kışla yerleşimleri deprem riski bakımından risk yok kategorisinde yer almaktadır. Deprem risk haritası şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 6. Depreme risk haritası

Çiğ risk haritasında çalışma alanının kuzeyi, kuzeydoğusu ve kuzey batısı çiğ riski yüksek olarak belirlenmiştir. Çiğ için alanda 1 ile 5 arasında yapılan paunlamada minimum puan 1 iken maksimum puan 4,6 olarak belirlenmiştir. Çiğ riski yüksek alanlar çoğunlukla eğimli ve yüksekliğin fazla olduğu alanları kaplamaktadır. Gergili, Taşkapı, Yörelî, Ağırkaya, Yörelî, Aksakal, Yünören, Hasanabdâl, Doğancı, Yanıktepe, Kızılören, Evbeyli, Yalındam, Mağaraköy, Ulupamir yerleşimleri çiğ riski yüksek alanlar olarak belirlenmiştir. Kent merkezi ve yakın çevresi çiğ riski bakımından risk yok kategorisinde yer almaktadır. Çiğ risk haritası şekil 6'da verilmiştir.

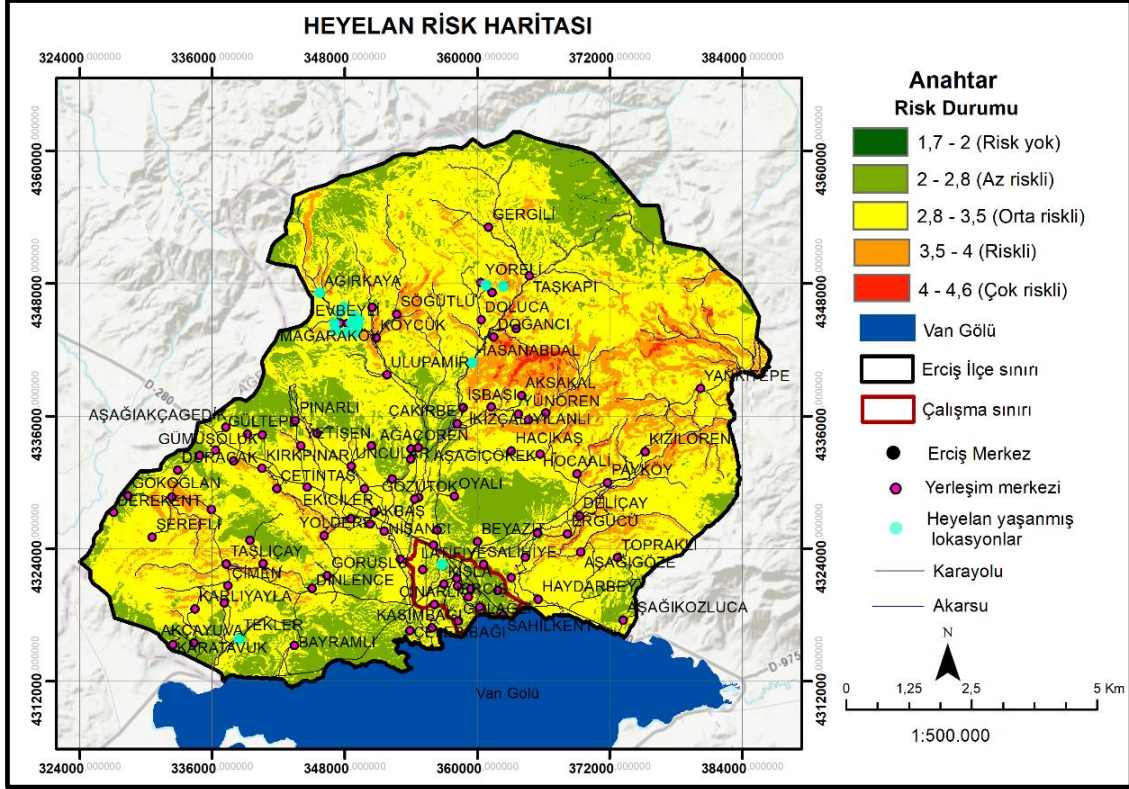


Şekil 7. Çiğ risk haritası

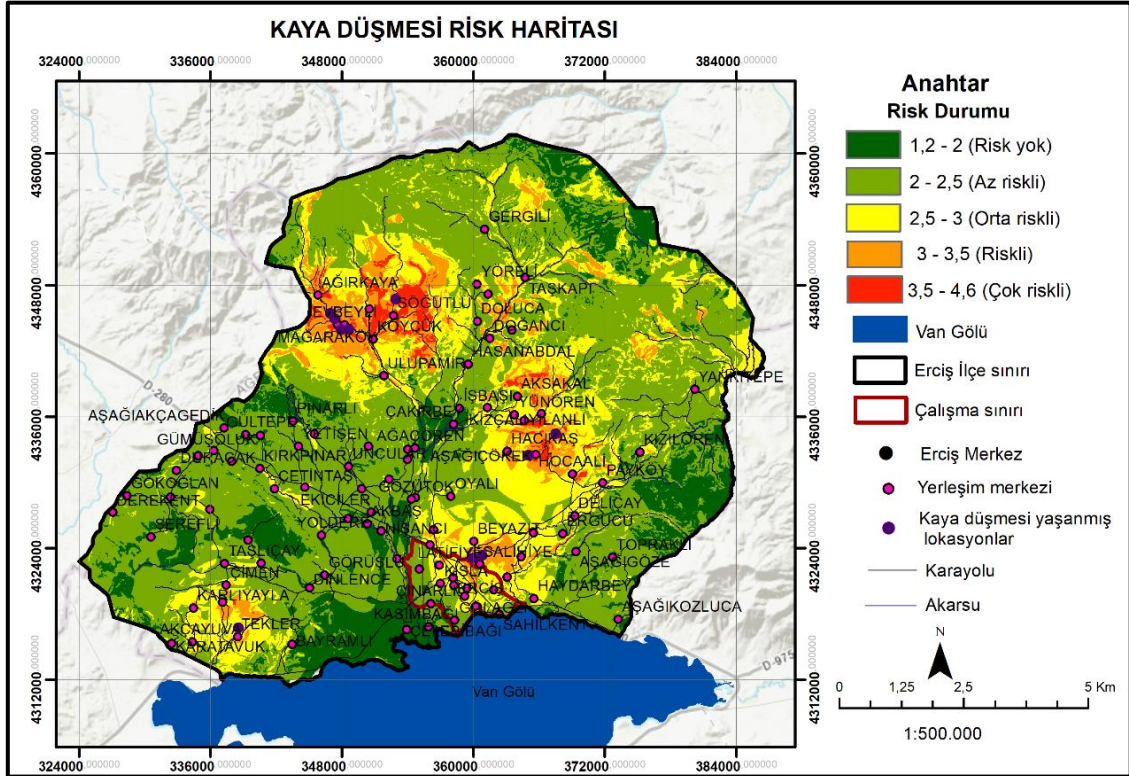
Heyelan riski yüksek alanlar çoğunlukla eğimli ve yüksekliğin fazla olduğu alanlarda akarsulara yakın yerler olarak belirlenmiştir. Heyelan için 1 ile 5 arasında yapılan puanlamada minimum puan 1,7 maksimum puan 4,6 olarak belirlenmiştir. Alanın kuzeybatısından doğan Zilan Çayı ve ona bağlanan derelerin olduğu alanlar heyelan riski oldukça yüksektir. Evbeyli, Mağaraköy, Ağırkaya, Yörelî, Yalındam, Taşkapı, Ulupamir, Hasanabdâl yerleşimleri ve yakın çevrelerinde heyelan riski yüksek olarak belirlenmiştir. Alanın güneybatısında yer alan Tekler, Şerefli, Dereken, Karlıyayla, Çimen, Gökova yerleşimleri heyelan riski bakımından riskli sınıfta yer almaktadır. Ayrıca kent merkezinde yer alan Latifiye'de de heyelan- sel tehlikesi yaşanmıştır. Heyelan tehlikesi alanda sıkça yaşanan tehlikeler arasında yer almaktadır. Heyelan risk haritası şekil 7'de verilmiştir.

Kaya düşmesi bakımından riskli alanlar alanın doğusunda iç kesimlerde ve kuzeybatıda yer almaktadır. Kaya düşmesi için 1 ile 5 arasında yapılan puanlamada minimum puan 1,2 iken maksimum puan 4,6 olarak belirlenmiştir. Alanın güneybatısında, kent merkezinde yer alan Latifiye, Salihîye, yerleşim alanları ve yakın çevresi de kaya düşmesi bakımından riskli olarak belirlenmiştir. Söğütlü, Ağırkaya, Evbeyli, Mağaraköy, Gölcük, Ulupamir, Aksakal, Yünören,

Hacıkaş, Yılanlı, Hocaali, Taşkaptı, Tekler, Latifiye ve Salihye yerleşimleri kaya düşmesi riski yüksek olarak belirlenmiştir. Kaya düşmesi riski yüksek alanlar şekil 8'de verilmiştir.

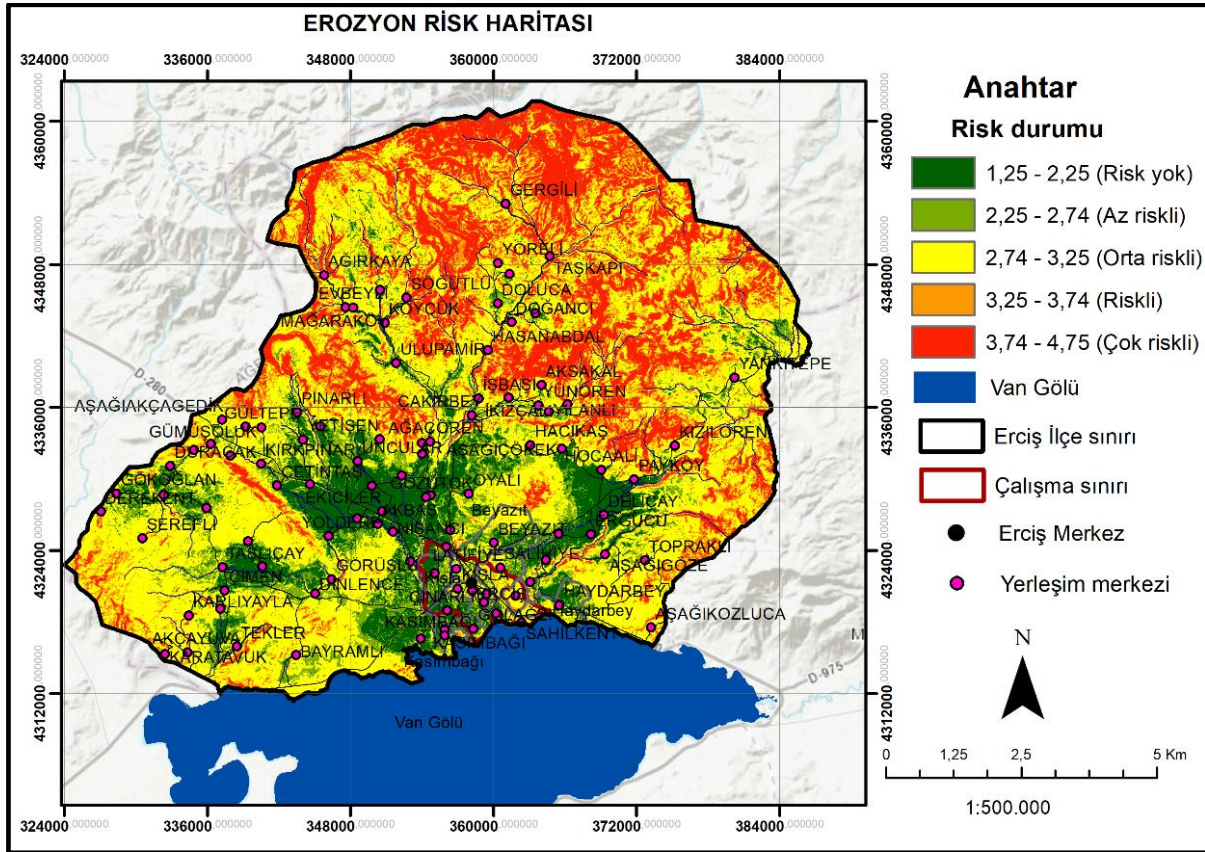


Şekil 8. Heyelan risk haritası



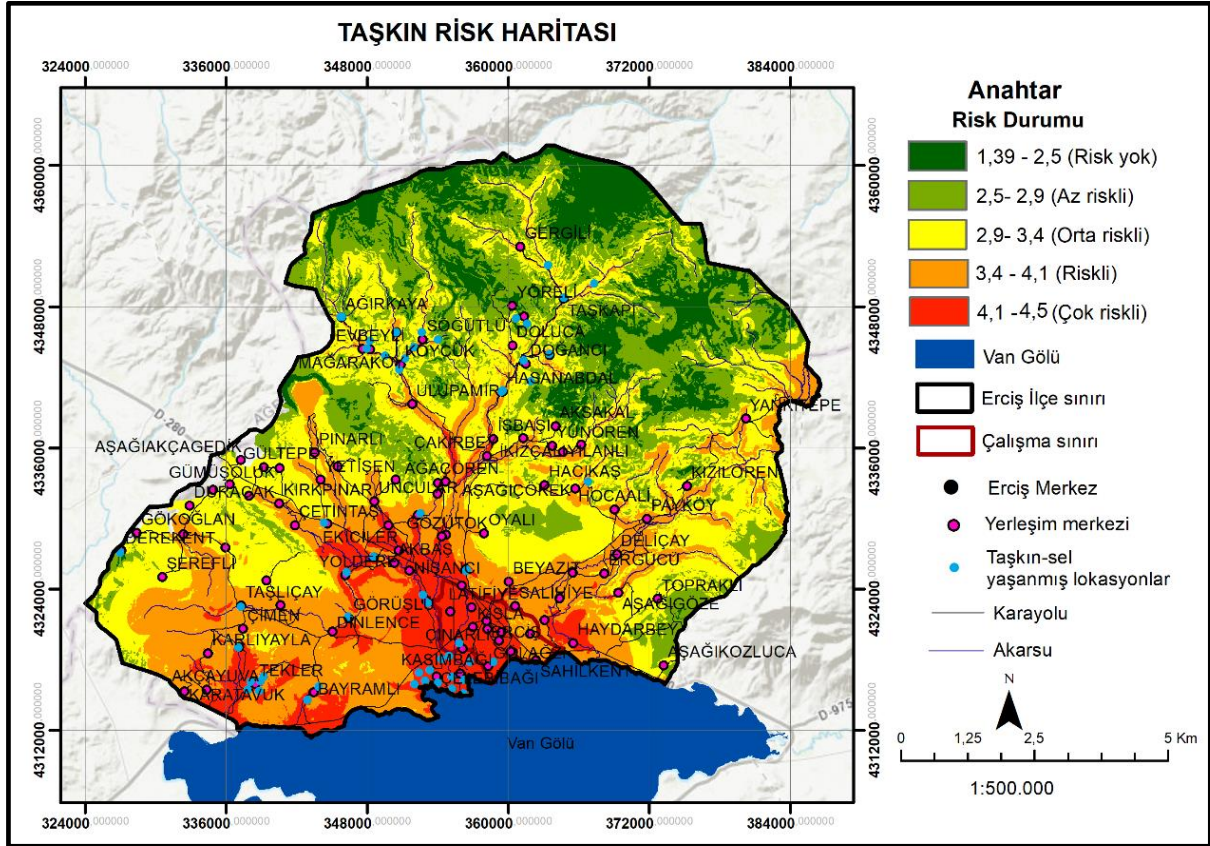
Şekil 9. Kaya düşmesi risk haritası

Erozyon tehlikesi diğer tehlikelerden farklı olarak uzun adede ve sürekli olduğu için çalışma alanının neredeyse tümü yüksek erozyon riskiyle karşı karşıyadır. Erozyon için 1 ile 5 arasında yapılan puanlamada minimum puan 1,25 iken maksimum puan 4,75 olarak belirlenmiştir. Kent merkezi ve yakın çevresi hariç alanın tümünde erozyon riski yüksektir. Özellikle alanın kuzeyi, kuzeydoğusu ve güney batısında erozyon riski çok yüksek olarak belirlenmiştir. Erozyon risk haritası şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 10. Erozyon risk haritası

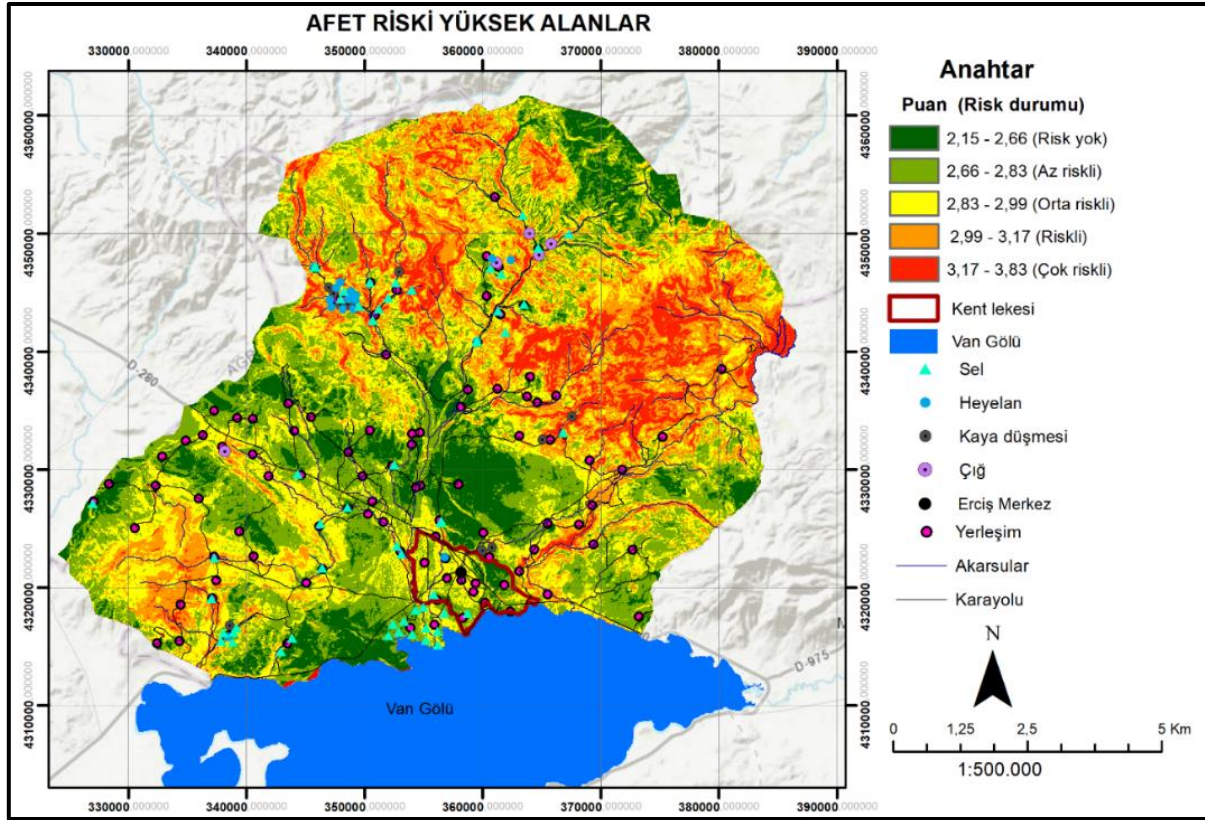
Çalışma alanında en çok yaşanan tehlike taşkın-seldir. Taşkın-sel riski alanda Van Gölü kıyısında ve akarsulara yakın yerlerde yüksektir. Taşkın-sel için 1 ile 5 arasında yapılan puanlamada minimum puan 1,39 iken maksimum puan 4,5 olarak belirlenmiştir. Çelebibağ, Kasımbağ, Gölağzı, Karatavuk, Yoldere, Nişancı, Ağırkaya, Evbeyli, Yalındam, Mağaraköy, Söğütlü, Taşkapi, Yörel, Doğanç, Hasanabdal yerleşimleri ve yakın çevrelerinde taşkın-sel riski yüksek olarak belirlenmiştir. Ayrıca kent merkezi ve yakın çevresinde eğim ve yüksekliğin az olması, göle yakın olması gibi sebeplerden ötürü taşkın-sel riski yüksek olarak belirlenmiştir. Zilan Çayı ve Zilan Çayı'na bağlanan diğer akarsulara yakın yerlerde sık sık taşkın-sel olayı yaşanmıştır. Dolayısı ile taşkın-sel riski akarsulara yakın yerlerde daha yüksek olarak belirlenmiştir. Takın-sel risk haritası şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 11. Taşkın-sel risk haritası

3.1 Afet Riski Yüksek Alanlar

Tüm tehlikeler bakımından afet riski yüksek alanlar için yapılan ağırlıklı karşılaştırma analizinde kullanılan tehlikeler, toplam puanları ve ağırlıkları detaylı olarak tablo 6'da verilmiştir. Tüm tehlikelerin kesişiminden oluşan afet riski yüksek alanlar için minimum puan 2,15 iken maksimum puan 3,83 olarak belirlenmiştir. Tüm tehlikeler bakımından afet riski yüksek olan alanlar; alanın kuzeyi, kuzeybatısı, güneybatısı ve kuzeydoğusudur. Özellikle taşkın-sel, heyelan ve kaya düşmesinin yaşandığı eğimli-yüksek alanlar tüm tehlikeler bakımından afet riski yüksek olarak belirlenmiştir. Yanıktepe, Evbeyli, Yalındam, Mağaraköy, Taşkapı, Ağırkaya, Söğütlü, Köycük, Taşkapı, Yörel, Gergili yerleşimleri afet riski yüksek alanlardır. Alanın güneybatısında; Karatavuk, Karlıyayla, Akçayuva, Çimen, Bayramlı, Tekler yerleşimleri de afet riski yüksek alanlardandır. Kent merkezi ve yakın çevresinde göl kıyısına yakın yerlerde afet riski yüksek olarak belirlenmiştir. Tüm tehlikeler bakımından afet risk haritası şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 12. Tüm tehlikeler bakımında afet risk haritası

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada Erciş'te geçmişte yaşanan afetlere yönelik çoklu tehlike analizi yapılmıştır. Çoklu tehlike analizi tüm tehlikeler bakımından afet riski yüksek alanların belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma kapsamında deprem, çığ, heyelan, kaya düşmesi, taşkın- sel ve erozyon tehlikeleri ele alınmış olup tehlikelere yönelik risk haritaları oluşturulmuştur. Risk haritaları risk yok, az riskli, orta riskli, riskli ve çok riskli olarak sınıflandırılmıştır. Tehlikeler için yapılan risk haritaları çok kriterli karar verme yöntemi ve CBS kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analizlerde risk derecesi yüksek olan tehlikeler taşkın-sel, deprem ve heyelan olarak belirlenmiştir. Bu tehlikelerin tamamı çakıştırılarak tüm tehlikeler bakımından riskli alanlar belirlenmiştir. Tüm tehlikeler bakımından riskli alanlar birbirini tetikleyen taşkın-sel, heyelan ve kaya düşmesinin sıkça yaşandığı yerler olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının kuzeydoğusu, kuzeyi ve güneybatısı tüm tehlikeler bakımından afet riski yüksek alanlar olarak belirlenmiştir. Afet geçmişi haritası ve tüm tehlikeler bakımından afet riski yüksek alanların lokasyonlarının uyduğu görülmektedir.

Afet riski yüksek bir alan olan Erciş için, afetler bakımından çoklu tehlike analizinin yapılması ve bu analizlere yönelik afet müdahale planlarının hazırlanması önemlidir. Yapılan bu çalışma ile Erciş için yapılacak afet müdahale planlarında hangi tehlikelere öncelik verilmesi gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca yapılacak afet müdahale planlarında afet riski yüksek alanlar için öncelikli müdahale alanlarının belirlenmesi açısından çalışma önemlidir. Birden fazla afetin sıkça ve beraber yaşandığı Erciş için çoklu tehlike tehlike analizlerinin yapılması afetlerin etkisinin azaltılması açısından ve afetlere karşı dirençliliği artırması açısından önemlidir.

Erciş için taşkın-sel ve deprem tehlikeleri için yerel ölçekte afet müdahale planlarının hazırlanması afet sürecine hazırlığı kolaylaştırmaktadır. Afet konusunda toplum farkındalığının

artırılması afetle müdahale sürecinde en önemli unsurlardandır. Özellikle Erciş gibi depremde fazlaca can kaybının yaşandığı yerler için toplumun afetlere hazırlık veya afetlerle yaşamak konusunda bilinçlendirilmesi can ve mal kaybını azaltacaktır. Deprem için riskli yapı kontrollerinin yapılması, deprem anında yapılması gerekenler, imar planlarına uygun bina kat sayısı gibi hususların detaylı olarak ele alınması gerekmektedir. Ani sellerin sıkça yaşandığı bir yer olan Erciş için Van Gölü kıyısına yakın yerleşim alanları, akarsuların yakın çevreleri için önlemlerin alınması ve kullanıcıların bu konuda bilgilendirilmesi gerekmektedir. Özellikle yüksek ve eğimli alanlarda ani sellerin kaya düşmesi ve heyelana sebep olması nedeniyle bu üç tehlike için yerel ölçekte özel müdahale planlarının hazırlanması ve yerel halkın bu süreçlere katılması oldukça önemlidir.

Çalışma kapsamında belirlenen tüm tehlikeler bakımından afet riski yüksek alanların öncelikli afet müdahale alanları olarak belirlenmesi ve bunların mekânsal plan kararlarında yer alması gerekmektedir. Ayrıca afet riski yüksek alanların 1/25000 ölçekli çevre düzeni planlarında yer alması afetlere karşı dirençlik açısından gerekli olduğu düşünülmektedir. Özellikle yerel ölçeklerde afet riski yüksek alanların 1/5000 ölçekli nazım imar planlarında ve 1/1000 ölçekli uygulama imar planlarında yer alması dirençliliğin sağlanması için rehber ve planlama kodlarının oluşturulması bakımından önemli bir husustur.

KAYNAKLAR

AFAD. Web Sitesi: <https://www.afad.gov.tr>. Erişim Tarihi: 05.03.2020.

Anonim 2021. <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Erişim tarihi: 30.09.2021.

Ba, R., Deng, Q., Liu, Y., Yang, R., & Zhang, H. (2021). Multi-hazard Disaster Scenario Method and Emergency Management for Urban Resilience by Integrating Experiment–Simulation–Field Data. *Journal of Safety Science and Resilience*.

Baig, M. H. A., Zhang, L., Shuai, T., & Tong, Q. (2014). Derivation of a tasselled cap transformation based on Landsat 8 at-satellite reflectance. *Remote Sensing Letters*, 5(5), 423-431.

Boore, D. M.: Equations for estimating horizontal response spectra and peak acceleration from western north american earthquakes: A summary of recent work (vol 68, pg 128, 1997), *Seismol. Res. Lett.*, 68, 128–153, 1997.

Carver, S. J. (1991). Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 5(3), 321-339.

Celep, Z., Kumbasar, N. (1993). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. *Kırmızı Kedi*, 743, İstanbul.

Conforti, M., Pascale, S., Robustelli, G., & Sdao, F. (2014). Evaluation of prediction capability of the artificial neural networks for mapping landslide susceptibility in the Turbolo River catchment (northern Calabria, Italy). *Catena*, 113, 236-250.

Erden, T., & Karaman, H. (2012). Analysis of earthquake parameters to generate hazard maps by integrating AHP and GIS for Küçükçekmece region. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(2), 475-483.

Grocholski, B., & Coontz, R. (2016). *Nature's Fury*.

- H. Ritchie , M. Roser , Natural disasters, Published online at Our WorldIn Data.org, (2014). Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/natural-disasters>' [Online Re- source] .
- Hantz, D., Corominas, J., Crosta, G. B., & Jaboyedoff, M. (2021). Definitions and concepts for quantitative rockfall hazard and risk analysis. *Geosciences*, 11(4), 158.
- Hong, H., Pradhan, B., Xu, C., & Bui, D. T. (2015). Spatial prediction of landslide hazard at the Yihuang area (China) using two-class kernel logistic regression, alternating decision tree and support vector machines. *Catena*, 133, 266-281.
- Huqqani, I. A., Tien, T. L., & Mohamad-Saleh, J. (2021). Landslide Hazard Analysis Using a Multilayered Approach Based on Various Input Data Configurations. *Geosfera Indonesia*, 6(1), 20-39.
- Kauth, R. J., & Thomas, G. S. (1976, January). The tasselled cap--a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. In *LARS symposia* (p. 159).
- Kundak, S. (2006). *Istanbul'da Deprem Risk Parametrelerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi (A Model on the Evaluation of Earthquake Risk Parameters in Istanbul)* (Doctoral dissertation, Thesis in Urban and Regional Planning (Advisor: Prof. Dr. Handan Turkoglu), Istanbul Technical University, Institute of Science, Istanbul (Turkey)).
- LeBrun, B., Hatzfeld, D., Bard, P. Y., & Bouchon, M. (1999). Experimental study of the ground motion on a large scale topographic hill at Kitherion (Greece). *Journal of Seismology*, 3(1), 1-15.
- Maggioni, M., & Gruber, U. (2003). The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency. *Cold Regions Science and Technology*, 37(3), 407-419.
- Mahboob, M. A., Iqbal, J., & Atif, I. (2015). Modeling and simulation of glacier avalanche: A case study of gayari sector glaciers hazards assessment. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 53(11), 5824-5834.
- Malczewski, J. (1996). A GIS-based approach to multiple criteria group decision-making. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(8), 955-971.
- Marana, B. (2017). An ArcGIS Geo-Morphological Approach for Snow Avalanche Zoning and Risk Estimation in the Province of Bergamo. *Journal of Geographic Information System*, 9(2), 83-97.
- Pourghasemi, H. R., Gayen, A., Panahi, M., Rezaie, F., & Blaschke, T. (2019). Multi-hazard probability assessment and mapping in Iran. *Science of the total environment*, 692, 556-571.
- Oğuz, K., Oğuz, E., & Coşkun, M. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin İli Örneği.
- Polat, A. Cbs Tabanlı 3B Kaya Düşmesi Analizi Ve Veri Hazırlama Süreçleri: Kavak Köyü (Sivas-Türkiye) Örneği. *Uludağ University Journal Of The Faculty Of Engineering*, 25(3), 1205-1222.

Tezgider, G. (2008). Yerel Yöneticiler Saha Uygulayıcıları İçin Afet Risk Yönetimi ve Zarar Azaltma Stratejileri. M. Kadioğlu, E. Özdamar. Afet Zararlarının Azaltmanın Temel İlkeleri, 209-215.

Torrent, J., & Barrón, V. (1993). Laboratory measurement of soil color: theory and practice. *Soil color*, 31, 21-33.

UN-ISDR, (2004). Terminology of disaster risk reduction. United Nations, International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, Switzerland <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminologyeng%20home.htm>.

Van Westen, C. J., Castellanos, E., & Kuriakose, S. L. (2008). Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview. *Engineering geology*, 102(3-4), 112-131.

Van Westen, C. J. (2013). Remote sensing and GIS for natural hazards assessment and disaster risk management. *Treatise on geomorphology*, 3, 259-298.

UNEP, (1992). Agenda 21.Tech. rep., United Nations Environment Programme. http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res_agenda21_07.shtml, Accessed date: 3 September 2009.

United Nations, 2015. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. United Nations, New York.

Uitto, J. I., & Shaw, R. (2016). Sustainable development and disaster risk reduction: Introduction. In *Sustainable Development and Disaster Risk Reduction* (pp. 1-12). Springer, Tokyo.

Yılmaz, I. (2009). Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: a case study from Kat landslides (Tokat—Turkey). *Computers & Geosciences*, 35(6), 1125-1138.

World Bank, (2016). The World Bank Annual Report 2016. World Bank Publications. The World Bank, number 24985r.

Tauhid, C. D. L., Fathani, T. F., & Legono, D. (2017). Multi-disaster risk analysis of Klaten regency, Central Java, Indonesia. In *Journal of the Civil Engineering Forum Vol* (Vol. 3, No. 3).

Qi, W., Xu, C., & Xu, X. (2021). AutoGluon: A revolutionary framework for landslide hazard analysis. *Natural Hazards Research*, 1(3), 103-108.