

## **Van İli Kaya Düşmesi Duyarlılık Haritasının Oluşturulması ve Afetsellik Açısından Değerlendirilmesi**

**Sacit MUTLU<sup>1</sup>, İshak CİNDİOĞLU<sup>2</sup>, Azad SAĞLAM SELÇUK<sup>3</sup>**

### **Öz**

Doğa kaynaklı afetler, Van İl genelinde fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplara neden olmaktadır. Sadece 2019-2022 yılları arasında deprem, sel, heyelan, çığ ve kaya düşmesi kaynaklı birden fazla afet yaşanmıştır. Bu olaylardan kaya düşmesine etki eden bölgedeki parametreler jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik, deprem ve bitki örtüsüdür. Bu parametrelerden sadece birinin etkin olduğu olaylar yaşandığı gibi her birinin farklı oranlarda etkisi vardır. Bununla birlikte insan hareketliliği ve nüfus artışına bağlı olarak bilinçsiz ve çarpık kentleşme de afet risklerinin artmasına neden olmaktadır. Afet risklerini azaltmak, toplumun ve yaşam çevresinin direnç derecesini arttırmak için tehlikeyi barındıran duyarlı alanların açık bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Bu kapsamda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak Van İli sınırları içerisindeki kaya düşme duyarlılığı ortaya konulmuştur. CBS tabanlı veri olan; kaya düşmesi duyarlılık haritası tehlike ve risk değerlendirmelerine de altlık oluşturacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Afet, Duyarlılık haritası, Kaya düşmesi, Kaynak alan, Van İli

## **Creation of Rock Fall Susceptibility Map of Van Province and Its Evaluation in Terms of Disaster**

### **Abstract**

Natural disasters have caused physical, economic, social and environmental problems at Van province. Just during the period between 2019 and 2022, many natural disasters have occurred by earthquakes, floods, landslides, avalanches and rockfalls. Many regional factors effect the rockfall, which is a natural disaster. Rockfall is a natural disaster affected by many regional factors, including geology, geomorphology, climatology, earthquake and vegetation of the region. Generally, only one of these parameters is effective, but there are events in which each of them affects at different rates. Also, unconscious and unplanned urbanization due to human mobility and population growth also causes an increase in disaster risks. In order to reduce disaster risks and increase the level of resilience of the society and the living environment, sensitive areas that harbor danger should be clearly revealed. In this context, rockfall sensitivity within the borders of Van Province has been revealed by using Geographic Information Systems (GIS). Rockfall susceptibility map, which is GIS-based data, will also form the basis for hazard and risk assessments.

**Keywords:** Disaster, Susceptibility Map, Rock Fall, Source Area, Van Province

<sup>1</sup> Öğretim Görevlisi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Afet Yönetimi ve Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi, Van İlgili yazar / Corresponding author e-posta/e-mail: [sacitmutlu@yyu.edu.tr](mailto:sacitmutlu@yyu.edu.tr) ORCID No: 0000-0003-1632-722X

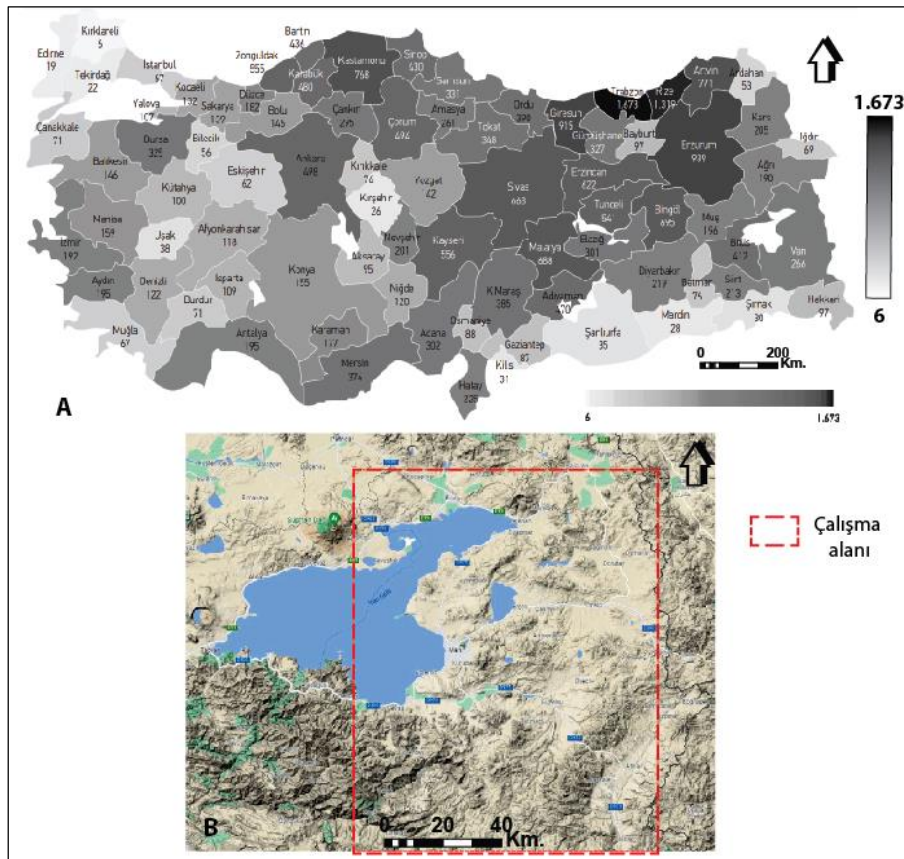
<sup>2</sup> Jeoloji Mühendisi, Van İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Van e-posta/e-mail: [ishak.cindioğlu@afad.gov.tr](mailto:ishak.cindioğlu@afad.gov.tr) ORCID No: 0000-0002-4085-9501

<sup>3</sup> Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Afet Yönetimi ve Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi, Van e-posta/e-mail: [azadsaglam@yyu.edu.tr](mailto:azadsaglam@yyu.edu.tr) ORCID No: 0000-0003-4943-3870

## 1.GİRİŞ

Kaya düşmesi, bir yamaçtan kopan birkaç  $dm^3$  boyutundan  $100 m^3$ 'lük büyük kaya parçalarına kadar değişebilen boyutlardaki blokların kayma, devrilme veya düşme yolu ile aşağı yönde ilerlemesidir (Varnes, 1978; Whalley, 1984). Kaya düşmesi nüfus yoğunluğu ve ekonomik faaliyetlerin fazla görüldüğü alanlarda sık görülen ve zarar veren kütle hareketi türlerinden biridir (Baillifard vd., 2004; Leroi vd., 2005). Dolayısıyla kaya düşmesi tehlikesine eğilimli bölgeleri duyarlılık haritası çıktısı olarak elde etmek risk yönetimi açısından oldukça önemlidir. Bir bölgenin potansiyel olarak tehlike altında olduğunu belirlemek için tehlikeyi oluşturan tüm parametrelerin bir arada değerlendirilmesi gereklidir. Tehlikenin acil durum veya afet boyutuna dönüşmemesi için risk yönetimini yapmak önem taşımaktadır. Modern afet yönetiminde amaç, toplumun direnç derecesini artırarak tehlike boyutunu mümkün olan en asgari seviyeye indirmektir. Özellikle muhtemel afetlerin önceden belirlenip risk yönetimi kapsamına dâhil edilerek önlem alınması modern afet yönetiminin temelini oluşturmaktadır. Bu anlamda Afet tehlikeleri için Ülkemizde uygulanan 7269 sayılı yasa kapsamında birtakım önlemler alınmaktadır. Bölgeden risk unsurunu uzaklaştırmak, tehlikeyi kontrol altına almak ve halkı bilinçlendirmek bu önlemler arasındadır.

Van İli afetsellik açısından değerlendirildiğinde; jeolojik jeomorfolojik, topoğrafik, meteorolojik ve tektonik etkiler açısından deprem, sel, kaya düşmesi, heyelan ve çığ gibi afetleri tecrübe eden ve gelecekte de tecrübe etme potansiyeli yüksek olan bir ildir. Van İlinde yapılan afet yönetimi çalışmaları meydana gelen afetler ve muhtemel olan afetler şeklinde olmaktadır. 1950-2019 yılları arasında Van'da 266 adet heyelan/kaya düşmesi olayı (Şekil 1A) meydana gelmiştir (AFAD, 2020). Bu çalışmada yapılan envanter taramasında ise 1962 yılından günümüze 97 adet kaya düşmesi olayının gerçekleştiği tespit edilmiştir.



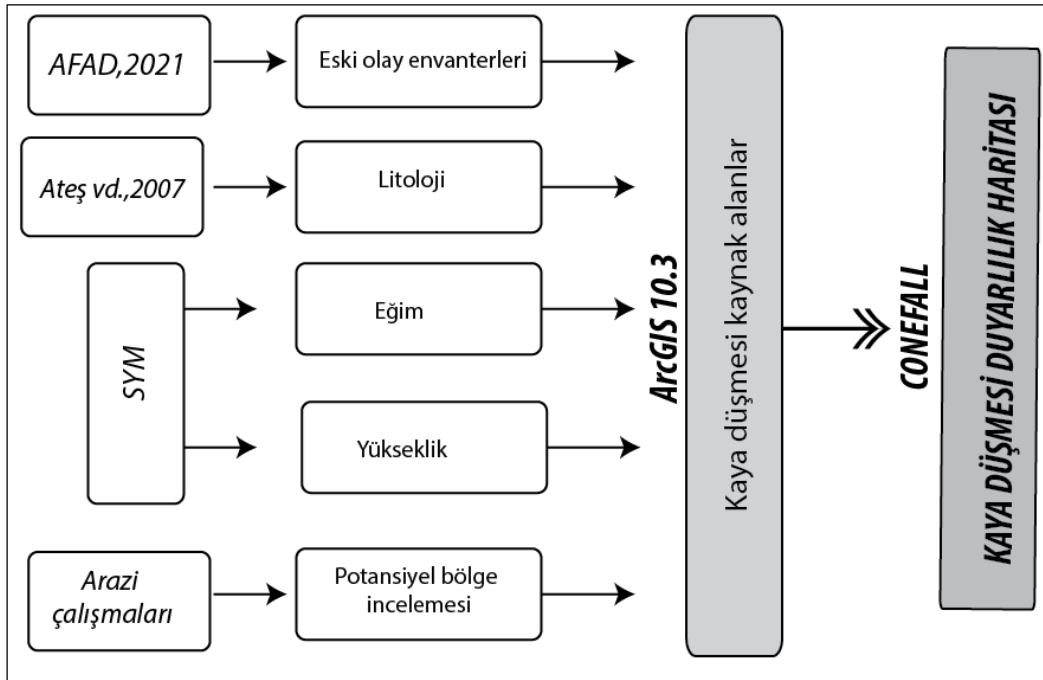
Şekil 1. A. 1950-2019 Yıllarında Türkiye’de Meydana Gelen Heyelan/Kaya Düşmesi Olaylarının İl Bazında Sayıları (AFAD, 2020), B. Van İlinin Yükseklik Haritası (Google Maps).

Çalışma alanını oluşturan Van İli, yüksek topoğrafyası (Şekil 1B) yüksek eğime sahip alanları, aktif tektonik yapısı ve bölgedeki gece-gündüz sıcaklık farklarından ötürü kaya düşmesi tehlikesi açısından potansiyel bir bölgedir. Modern afet yönetiminin başlangıç aşaması olan risk yönetimi çalışmaları özellikle son yıllarda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımının artması ile zaman ve maliyet açısından oldukça verimli sonuçlar sunmaktadır. Bu nedenlerden dolayı Van'ın kaya düşme duyarlılık haritasının oluşturulması çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır. Ayrıca çalışmanın sonuçları; risk yönetimi çalışmalarında CBS tabanlı veri olarak kullanılabilir.

## 2.MATERYAL ve YÖNTEM

Duyarlılık çıktısının elde edilebilmesi için bölgenin kaynak alanları, envanter ve eğim parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir. Kaya düşmesi kaynak alanlarının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı olan ArcGIS 10.3 (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü lisansı kullanılmıştır.) programı ve duyarlılık zonlarının oluşturulması, için ise ücretsiz bir yazılım olan CONEFALL programı kullanılmıştır.

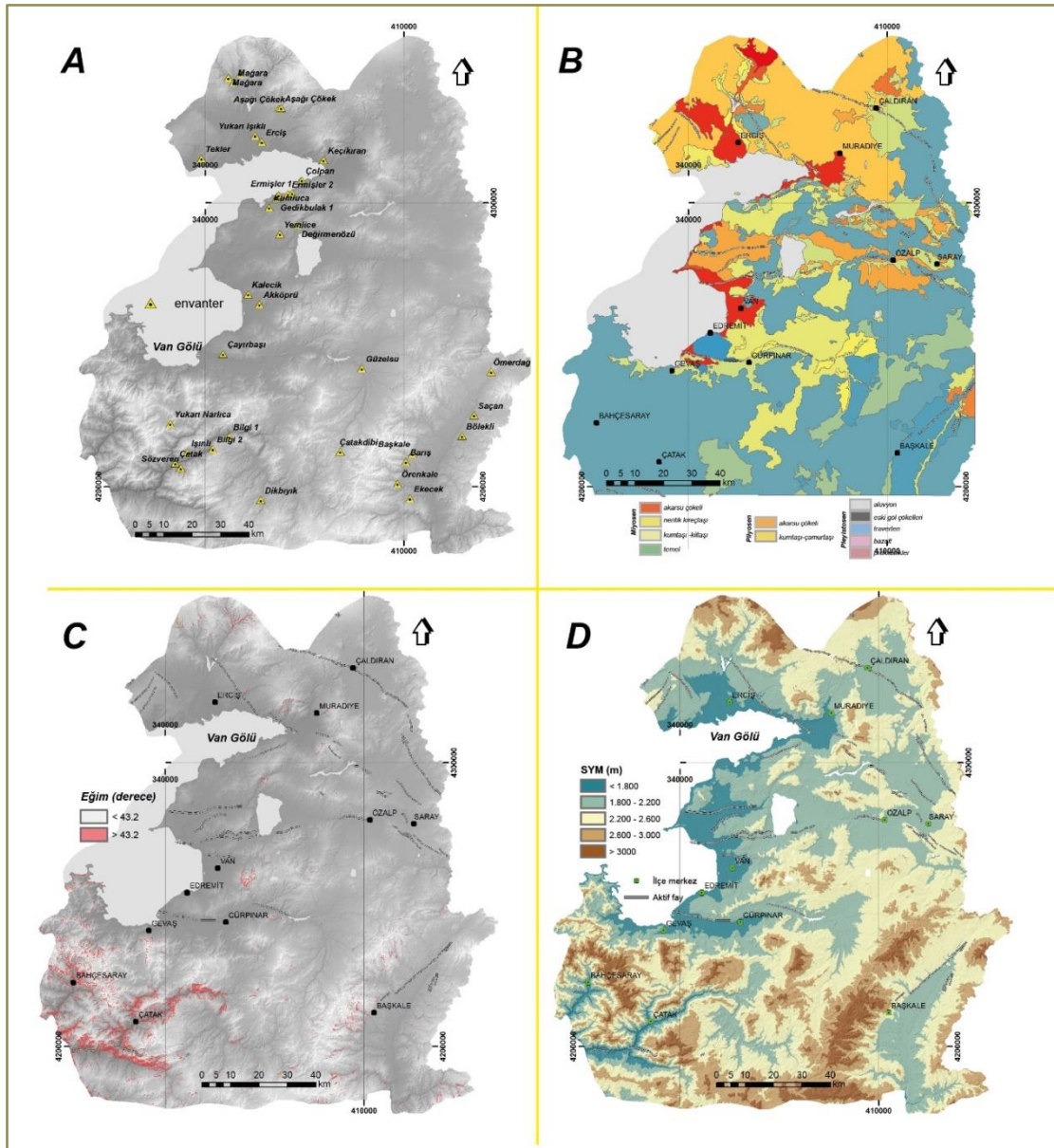
Van İli kaya düşmesi duyarlılık haritası çalışması iki aşamada tamamlanmıştır. İlk aşamada bölgede meydana gelmiş eski olay envanterleri, saha ve uzaktan algılama çalışması ile elde edilen kaynak alanlar veri tabanına eklenmiştir. (Tablo 1, Şekil 2, Şekil 3A). Kaya düşmesi olaylarında en yüksek parametreler olan litoloji, yükseklik ve eğim parametreleri farklı veri tabanlarından sağlanmıştır. Çalışma alanının jeoloji Haritası 1/10.000 ölçekli olup, MTA veri tabanından alınmıştır (Ateş vd., 2007) (Tablo 1, Şekil 3B). Yükseklik ve eğim haritası ise 1/25000 ölçekli topoğrafik haritaların sayısallaştırılması ile elde edilmiştir (Tablo 1, Şekil 3 C-D). Tüm bu verilerin tematik haritaları üretilmiştir. Son olarak raster verilerden elde edilen parametreler ve envanter verilerinin analizi ile potansiyel kaynak alanları tespit edilmiştir.



Şekil 2. Çalışmada Kullanılan Yöntemin Akış Şeması Özeti

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Veri ve Türleri

Veri	Veri Türü	Sağlanan Kaynak
Litoloji	Raster	Ateş vd., 2007
Yükseklik (m)	Raster	Topoğrafik harita
Eğim	Raster	Topoğrafik harita
Envanter	Vektör	AFAD,2021
Potansiyel kaynak alan	Vektör	Verilerin analizi



Şekil 3. A. Van İli Kaya Düşmesi Kaynak Noktaları, B. Van İli Jeoloji Haritası, C. Van İli Eğim haritası (&gt;43,2), D. Van İli Sayısal Yükseklik Modeli





Baz alınan değerler ve kaynak alanlar CONEFALL (<https://quanterra.ch/portfolio-items/conefall/>) programı ile potansiyel salınım alanları Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinden hesaplanmıştır (Heim, 1932; Scheidegger, 1973; Toppe, 1987; Evans ve Hungr, 1993; Jaboyedoff, M., 2003).

Eğim eşik değeri, geçmiş dönem kayıtları, saha araştırması ve uzaktan algılama ile elde edilen kaya düşmesi kaynak alanlarının potansiyel yayılım bölgelerini belirlemek için kullanılan CONEFALL programının avantajı; herhangi bir jeolojik ya da meteorolojik veri gerektirmemesidir (Larcher vd., 2012). Etkili olarak kullanılan program tabanlı bu model yalnızca topoğrafik verileri temel almakta ve girdi verisi olarak Sayısal Yükseklik Modeli kullanılmaktadır. CONEFALL programında Kaynak alan ve Sayısal Yükseklik Modeli girdileri kullanarak kaya düşmesinin 32 °, 35 ° ve 38 °'lık enerji çizgisi açıları kullanılarak duyarlılık haritası için düşük, orta ve yüksek yayılım zonları belirlenmiştir.

### 3. VAN İLİNDE MEYDANA GELEN KAYA DÜŞMELERİ VE TÜM VERİLERİN ANALİZLERİ

Van İli afet potansiyeli bakımından riskli bölgeler içerisinde yer almaktadır. Sadece 2019-2021 yılları arasında bölgede deprem, sel ve çığ, heyelan ve kaya düşmesi olaylarına bağlı olarak afetler meydana gelmiştir. 1962-2021 yılları arasında bölgede heyelan, kaya düşmesi ve çığa bağlı olarak 312 olay meydana gelmiştir. Bu olaylara bağlı olarak 66 bölge AFAD tarafından afete maruz bölge ilan edilmiştir (Tablo 3). Toplam 97 adet alanda kaya düşmesi olayının gerçekleştiği tespit edilmiştir (Tablo 3).

Van İli kaya düşmesi çalışmaları Kamu kurum ve kuruluşları tarafından genel olarak muhtemel afetler kapsamında ele alınmış ve etkilenmesi yüksek bölgeler afete maruz bölge ilan edilerek yapı ve ikamete yasaklanmıştır. Bu kapsamda Van İlinde kaya düşmesi olayından dolayı genel hayata etkili ve etkisiz olacak derecede afete maruz bölge ilan edilen bölge sayısı 25'tir (Van-AFAD).

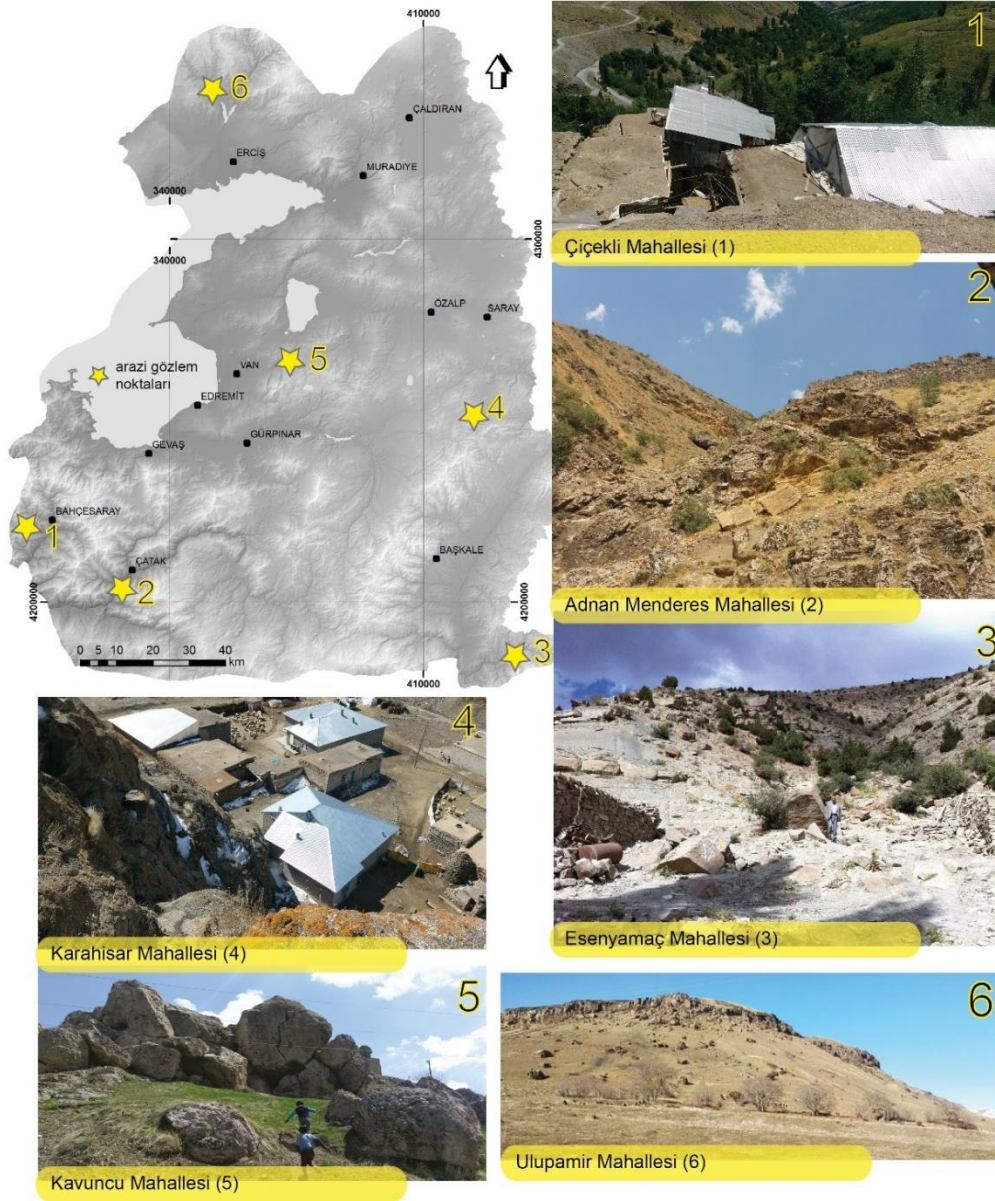
Tablo 3. Van İlinde Meydana Gelen Kütle Hareketleri Olay Sayısı ( AFAD,2021)

Afetin Türü	Olay Sayısı	Afete Maruz Bölge Sayısı
Heyelan	178	27
Kaya Düşmesi	97	25
Çığ	37	14
<b>Toplam:</b>	<b>312</b>	<b>66</b>

Bölgede saha doğrulaması yapılan alanlar Bahçesaray İlçesi Çiçekli Mahallesi, Çatak İlçesi Adnan Menderes Mahallesi, Başkale İlçesi Esenyamaç Mahallesi (Nenehatun-Tutuklu mezarları), Saray İlçesi Karahisar Mahallesi, İpekyolu İlçesi Kavuncu Mahallesi ve Erciş İlçesi Ulupamir Mahallesi (Şekil 5,6). Detaylı arazi çalışması yapılan bu bölgelerin özellikle yüksek eğime sahip alanlarda ve eğimin kırıldığı noktalarda yapılaşma alanlarının yoğunlaştığı görülmektedir. Bu alanlarda yapılan incelemelerde kayaların bol çatlaklı bir yapıya sahip olduğu görülür. Ayrıca iri blokların arasında her hangi bir bağlayıcı malzemenin olmadığı sadece tabanından tutunduğu görülmektedir. Bazı alanlarda yer alan kayaç litolojisi incelendiğinde yoğun bir deformasyona uğradıkları görülmektedir. Van ili genelinde gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkının  $\pm 10$  C°'den fazla olması nedeniyle donma-çözünme olaylarına bağlı olarak süreksizlik düzlemlerinde bozunmalar görülmektedir. Bu süreksizlik düzlemleri kaya düşmesi olayları için büyük bir risk oluşturmaktadır. Ayrıca yapılaşmanın genel olarak bu alanların hemen altında yer alması ve yapılarında güncel yapı teknolojisi ile yapılmadığından dolayı büyük bir risk barındırmaktadır (Şekil 5). Çünkü bu alandaki yapılardaki çatı yapıları genel olarak cisir ve bunun üzerinde

yerleştirilmiş saç yapı elemanlarından oluşmaktadır. Herhangi bir taşıyıcı kolon veya kiriş üzerine yerleştirilmemişlerdir.

Elde var olan kaya düşmesi envanter haritası (Şekil 3A) hem de arazi çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre Başkale, Bahçesaray, Çatak, Gürpınar, İpekyolu, Erciş ve Gevaş İlçelerinde kaya düşme tehlikesi bulunmaktadır (Şekil 6). Bahçesaray, Gevaş ve Çatak İlçelerinde kaya düşmeleri, kısmen altere olmuş şist-fillit, kalkışt metamorfik kaya bloklarının fizikokimyasal olaylar sonucunda kırıklar ve çatlaklar gelişmiş olup ana kayadan ayrılan parçaların duyarlılıklarını yitirerek kaynak bölgeden eğim aşağı hareket etmektedirler (Şekil 6 A,C). Saray ve Özalp İlçelerinde ise 55-65 derecelik bir eğime sahip topoğrafyada bol süreksizlik içeren orta kalın tabakalı, kaba taneli karasal kırıntılılar (konglomera-kumtaşı) blokları eğim yönünde altere olmuş ve parçalanmışlardır. Daha üst kesimlerde ise süreksizlik düzlemleri boyunca blok şeklinde konglomera parçaları bulunmaktadır. (Şekil 6 B).

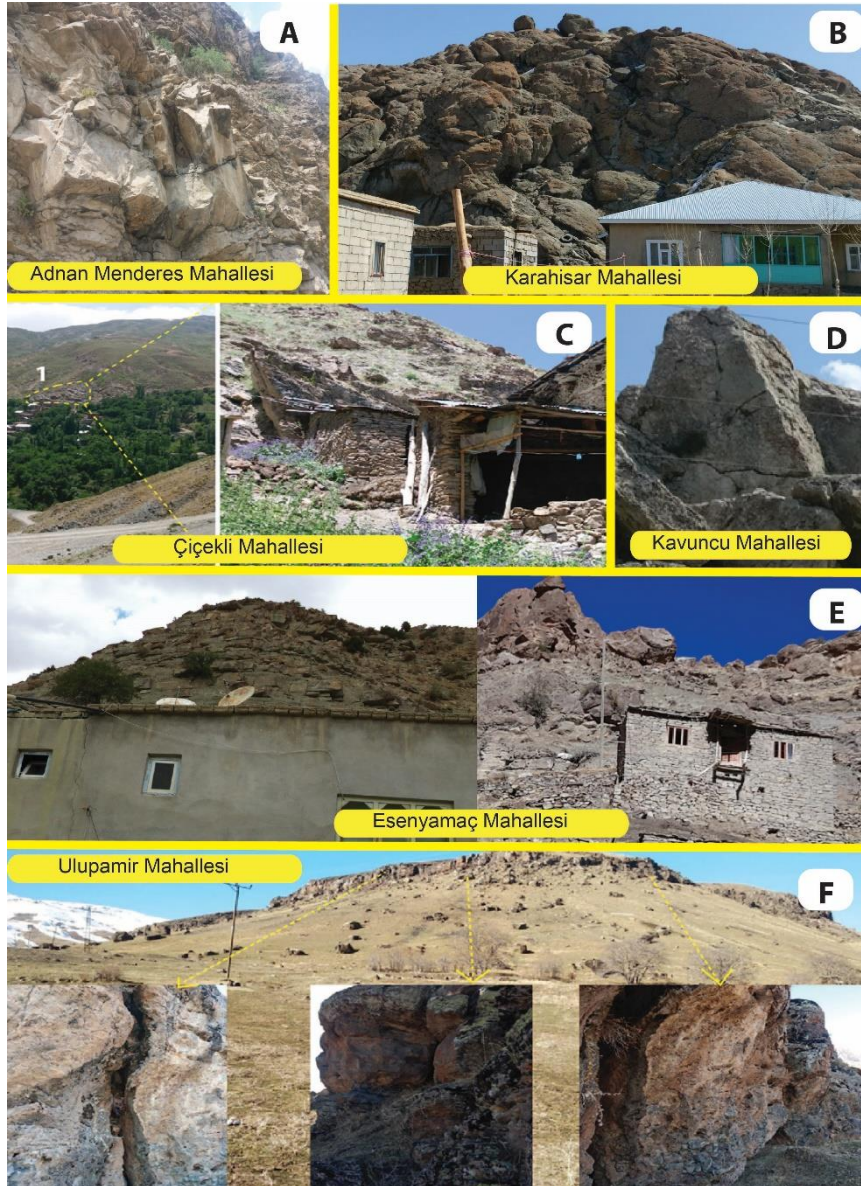


Şekil 5. Van İli Genelinde Arazi Çalışması Yapılan Lokasyonlar



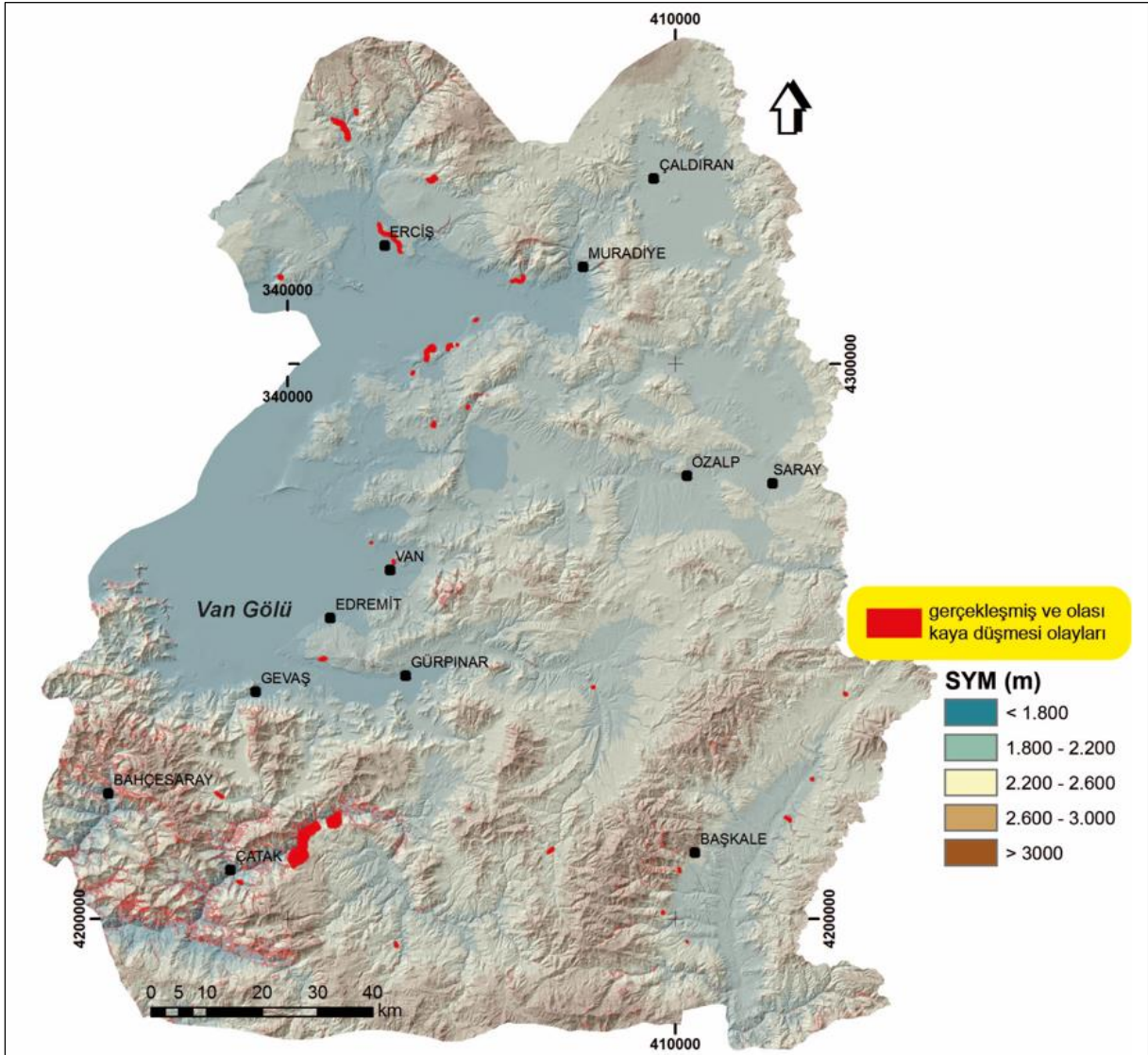
İpekyolu ilçesinde bol eklemli olan kireçtaşı blokları ana kayadan koparak eğim aşağı düşmektedirler (Şekil 6 D). Başkale ilçesinde kaya düşmesi olayı genellikle tabakalı bloklar şeklinde bulunan kumtaşı-marn birimlerinin stabiliteelerini kaybetmeleri sonucu gravite etkisiyle eğim aşağı yuvarlanması ile meydana gelmektedir. Başkale havzasının doğu yamaçlarında genel olarak volkanik ve akarsu çökelleri yüzeylerken, batı yamaçlarında temel birim olan metamorfikler yer almaktadır. (Şekil 6 E). Erciş ilçesinde ise kaya düşmeleri için kaynak alanları oluşturan bazalt ve andezitler, alt seviyelerinde bulunan volkanosedimanter birimlerinin ayrışması veya erozyona uğraması sonucu eğim aşağı düşmektedirler (Şekil 6 F).

Kaya düşmesi duyarlılık zonları özellikle Van İli'nin güney kesimlerinde daha fazladır. Güney kesimlerinde bulunan kaya düşmesine duyarlı zonlar; bölgede yer alan Bitlis-Sütür Zonu ve bölgedeki aktif fayların etkisiyle yüksek topoğrafyaya ve eğim kırığının yüksek olduğu alanlarda bulunmaktadır (Şekil 7). Van İli'nin kuzey kesimini oluşturan Bahçesaray, Çatak, Gürpınar ve Başkale İlçelerinde etkili olan kaya düşmesi tehlikesi kırsal yerleşim alanlarını etkileyebilecek seviyededir. Van Hakkâri karayolunun birçok bölgesinde ve Van Erciş karayolunun Gedikbulak yolu üzerinde de karayolunu etkileyebilecek kaya düşmesi kaynak alanları mevcuttur.



Şekil 6. Saha Doğrulaması Yapılan Alanların Görüntüleri





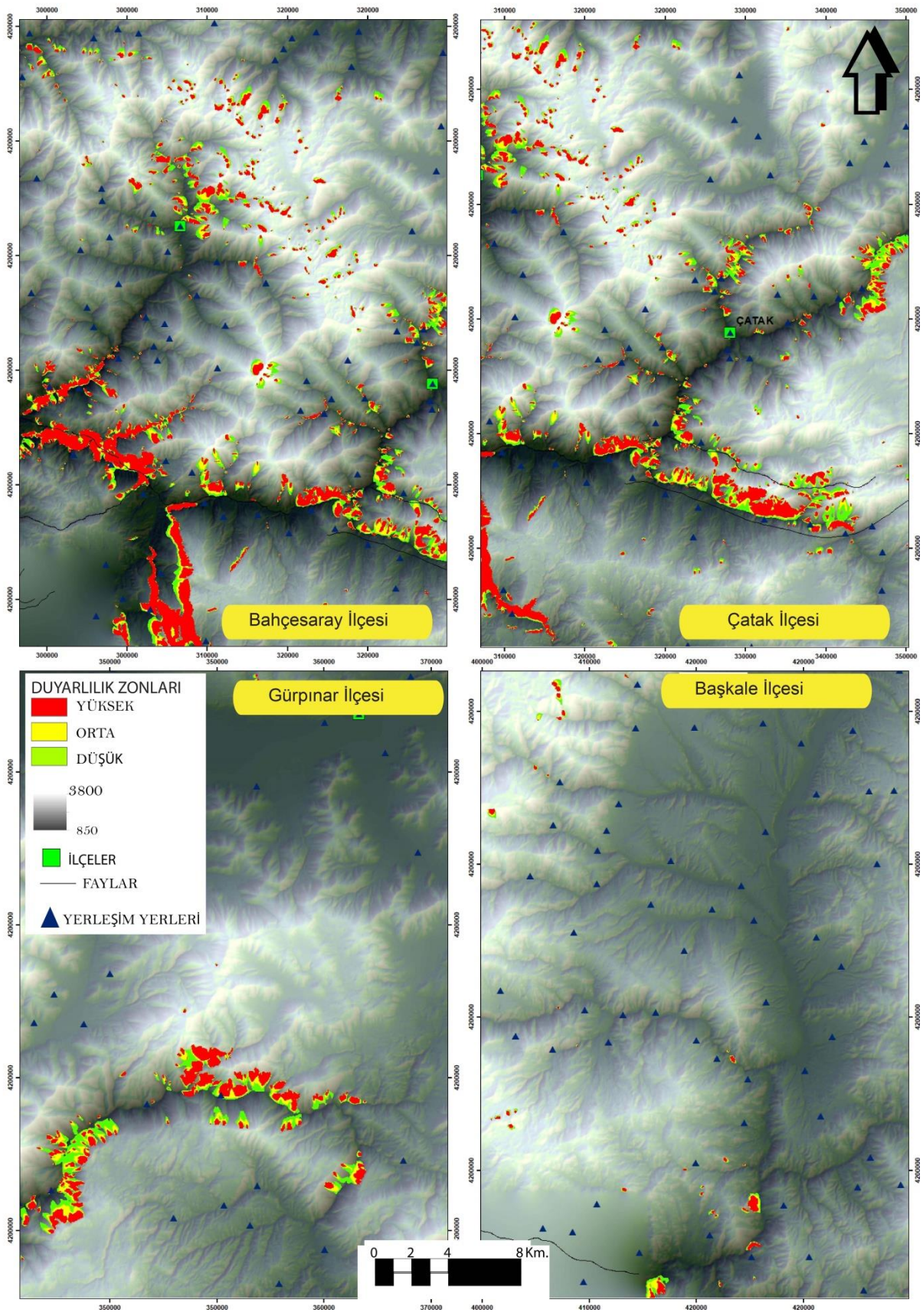
Şekil 7. Kaya Düşmesi Potansiyel Kaynak Alanlar

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Jeolojik, jeomorfolojik ve topoğrafik parametreler ile elde edilen kaya düşmesi duyarlılık haritası Van İli'nin özellikle kırsal kesimlerinin bu tehlikeye karşı duyarlı olduğunu ortaya çıkartmıştır. 25 m çözünürlüklü Sayısal Yükseklik modeli ile elde edilen kaynak alanlar ve yayılım zonları, önceki çalışmaların derlenmesi ile elde edilen veriler ve saha araştırması ile eklenen kaynak alanlar bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmiş ve kaya düşmesi duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Kapsamlı bir kataloğa dayanılarak oluşturulan kaynak zonları yüksek, orta ve düşük olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 8-9). Van İli'nde gözlenen kaya düşmesi olayları, genellikle düşme şeklinde meydana gelmektedir. Geçmişe dönük veri katalogları ve yapılan arazi çalışmaları neticesinde mahallî ölçekte meydana gelen kaya düşmeleri genel hayata etkili olup can kaybına ve yaralanmaya yol açmamıştır.







Şekil 9. Çatak, Bahcesaray, Gürpınar ve Başkale İlçeleri Kaya Düşmesi Duyarlılık Haritası



**KAYNAKLAR**

- AFAD, (2020). Afet Yönetimi Kapsamında 2019 Yılına Bakış ve Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri, [https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e\\_Kutuphane/KurumsalRaporlar/Afet\\_Istatistikleri\\_2020\\_web.pdf](https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/KurumsalRaporlar/Afet_Istatistikleri_2020_web.pdf). Erişim Tarihi: 02.02.2022
- AFAD, (2021). İl Afet Risk Azaltma Planı, <https://van.afad.gov.tr/kurumlar/van.afad/KUTUPHANE/IL-PLANLARI/VAN-IRAP.pdf>. Erişim Tarihi: 17.02.2022
- Ateş, Ş., Mutlu, G., Özerk, O.Ç., Çiçek, İ., Karakaya Gülmez, F., Bulut Üstün, A., Karabıyıkoglu, M., Çelebioğlu, R., Özata, A., Aksoy, A., (2007). Van Bölgesinin yerbilimleri verileri. MTA Rapor No:10961, 152s (yayınlanmamış).
- Baillifard, F., Jaboyedov, M., Rouiller, D., Robichaud, G. R., Locat, P., Locat, J., ... , Hamel, G. (2004). Towards a GIS-based rockfall hazard assessment along the Quebec City Promontory, Quebec, Canada. Landslides: evaluation and stabilization. Balkema, Taylor & Francis Group, London, 207-214.
- Capons, R., Vilaplana, J. M., Linares, R., (2009). Rockfall travel distance analysis by using empirical models (Sola d'Andorra la Vella, Central Pyrenees. Natural Hazards Earth System Science, 9, 2107-2118 DOI:[10.5194/NHESS-9-2107-2009](https://doi.org/10.5194/NHESS-9-2107-2009)
- Dorren L.K.A., Seijmonsbergen A.C., (2003). Comparison of three GIS-based models for predicting rockfall runout zones at a regional scale, Geomorphology 56(1-2), p. 49-64. DOI: [10.1016/S0169-555X\(03\)00045-X](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(03)00045-X)
- Evans, S.G., Hungr, O. (1993). The assessment of rock fall hazard at the base of the talus slope. Can. Geotech. J., 30: 620-636. DOI: [10.1139/T93-054](https://doi.org/10.1139/T93-054)
- Google Maps. <https://www.google.com/maps/@38.378948,43.1447313,8.57z> Erişim Tarihi: 04.02.2022
- Heim, A., (1932). Bergsturtz und Menschenleben: Fretz und Wasmuth, Zurich, 218 pp.
- Jaboyedoff, M., 2003- CONEFALL 1.0 User's Guide. Open report – Soft 01, Quanterra. [www.quanterra.org](http://www.quanterra.org), 15p
- Larcher, V., Simoni, S., Pasquazzo, R., Strada, C., Zampedri, G. (2012). WP6 Guidelines Rockfall and Forecast Systems. Paramount
- Leroi, E., Bonnard, C., Fell, R., and Mc Innes, R.: (2005) State of the art paper: Risk assessment and management, in: Landslide risk management, edited by: Hungr, O., Fell R., Couture, R., and Eberhardt, E., Balkema, 59–198
- Scheidegger, A.E. (1973). On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. Rock Mechanics 5, 231–236. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01301796>
- Toppe, R. O. N. A. L. D. (1987). Terrain models: a tool for natural hazard mapping. IAHS, Publication, 162.
- Troisi, C., Berger, F., Dorren, L. (2008). Protection de la viabilité alpine. PROVIALP project report.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. Special report, 176, 11-33.
- Whalley WB., (1984). Rockfalls. In: Brunnsden D, Prior DB (eds) Slope stability. Wiley, New York, pp 217–256.