

# Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

## Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



### Araştırma Makalesi / Research Article

## BİTLİS ÇAYI HAVZASI'NDA ÇIĞ OLUŞUMUNA DUYARLI ALANLARIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE TESPİT EDİLMESİ

### Identification of Areas Susceptible to Avalanche Formation in Bitlis Stream Basin with Geographical Information Systems

Mustafa Recep İRCAN<sup>a</sup>, Neőe DUMAN<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Mezunu, Coğrafya Bölümü, Çankırı/Türkiye  
mustafarecepircan@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-3787-7688>

<sup>b</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çankırı/Türkiye  
neseduman@karatekin.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0002-5398-8388>

#### Makale Tarihçesi

Geliő 31 Ekim 2023

Kabul 19 Aralık 2023

#### Article History

Received 31 October 2023

Accepted 19 December 2023

#### Anahtar Kelimeler

Bitlis Çayı Havzası, Coğrafî Bilgi Sistemleri, Çiğ Duyarlılık Analizi, Doğal Afet

#### Keywords

Bitlis Stream Basin, Geographic Information Systems, Avalanche Susceptibility Analysis, Natural Disaster

#### Atıf Bilgisi / Citation Info

İrcan, M.R. & Duman, N. (2024) Bitlis Çayı Havzası'nda Çiğ Oluşumuna Duyarlı Alanların Coğrafî Bilgi Sistemleri ile Tespit Edilmesi / Identification of Areas Susceptible to Avalanche Formation in Bitlis Stream Basin with Geographical Information Systems, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2024 (12): 37-53.

doi: 10.46453/jader.1384155

#### ÖZET

Bu çalışma Van Gölü Havzası'nın güneybatısında yer alan Bitlis Çayı Havzası'nda çığ oluşumuna duyarlı alanların tespit edilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Bitlis Çayı Havzası'nın çığ duyarlılık durumu, arazi gözlemleri, uydu görüntüleri ve Coğrafî Bilgi Sistemleri (CBS) tabanında uygulanan analizlerle yorumlanıp açıklanmaya çalıőılmıőtır. CBS tabanlı analizde ArcGIS for Desktop 10.x yazılımı kullanılmıştır. İlgili yazılımda yükselti, bakı, eğim, yamaç şekli (eğriselliği) ve arazi kullanımı gibi bir takım coğrafî parametreler ağırlıklı çakıştırma (Weighted Overlay) aracı kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre havzanın %47'si orta; %34,1'i düşük; %18,2'si yüksek; %0,6'sı çok yüksek; %0,1'i çok düşük çığ duyarlılığına sahiptir. Havzada çığ duyarlılığının düşük olduğu alanlar Baykan ilçe merkezi ve güneyindeki eğimin ve yükselti değerlerinin düşük olduğu alanları oluőtururken, duyarlılığın yüksek olduğu alanlar Bitlis ilçe merkezi ve çevresindeki alanlar ile Baykan ilçe merkezine kadar olan yüksek ve eğimli alanları oluşturmaktadır. Yapılan analiz ve gözlemler sonucunda havzada çığa duyarlı birçok alanın varlığı tespit edilmiştir. Bu konuda atılacak en önemli adım havzada risk odaklı stratejiler benimsenerek yaşanan/yaőanacak doğa olayının afet boyutuna dönüőmesine engel olmaktır. Risk odaklı benimsenecek koruyucu tedbirler ve planlamalar havzada gerçekteőmesi muhtemel çığ gibi çeşitli doğa olaylarının afete dönüőme riskini en aza indirerek can ve mal kayıplarını önleyecektir.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to assess the susceptibility of avalanches in the Bitlis Stream Basin, situated in the southwestern part of the Lake Van Basin. The susceptibility of the basin to avalanches was evaluated and elucidated through a combination of field observations, satellite imagery, and Geographic Information Systems (GIS) analyses. The GIS-based analysis was conducted using ArcGIS for Desktop 10.x software. Several geographical parameters, including elevation, aspect, slope, slope shape (curvature), and land use, were examined using the Weighted Overlay tool in the analysis. The results of the analysis indicate that 47% of the basin has a medium avalanche susceptibility, 34.1% has low susceptibility, 18.2% has high susceptibility, 0.6% has very high susceptibility, and 0.1% has very low avalanche susceptibility. In the basin, regions with low avalanche susceptibility are characterized by low slope and elevation values, particularly in the Baykan district center and south. Conversely, areas with high susceptibility are identified in and around the Bitlis district center, as well as in the elevated and sloping areas extending up to the Baykan district center. The analyses and observations have led to the conclusion that the basin contains numerous areas that are sensitive to avalanches. In light of these findings, the most crucial step to be taken is the adoption of risk-oriented strategies in the basin. This approach aims to prevent natural events that have occurred or are likely to occur from escalating into disasters. Implementing risk-oriented protective measures and planning is essential to minimize the risk of the area being affected by various natural events, including avalanches.

## 1.GİRİŞ

Çiğ, eğimli arazilerde kayma yüzeyi boyunca gerçekleşen hızlı kar akışı olarak ifade edilmektedir. Bu durum genellikle orman formasyonundan yoksun dağlık alanlardaki eğimli arazilerde üst üste birikmiş kar kütlelerinin iç ve/veya dış kuvvet tetikleyicileri etkisiyle ani ve hızlı bir şekilde eğim yönünde akma hattı boyunca ilerlemesiyle gerçekleşmektedir (Göl, 2005; Kızıloğlu vd., 2006; Şahin ve Sipahioğlu, 2013: 158).

Çiğ oluşumu, kar örtüsü faktörleri, meteorolojik faktörler, topoğrafik faktörler ve tetikleyici faktörlere bağlı olarak gelişmektedir (Şahin 1991: 53). Bunlardan kar örtüsü içerisindeki, kayma kabukları ve “*kar örtüsü altındaki zayıf tabakanın örtüden kaynaklanan yükü taşıma kabiliyetini yitirmesinden*” (AFAD, 2015a: 21) kaynaklanan durumları kar örtüsü faktörleri; yükselti, bakı, arazi örtüsü, yamaç eğimi ve şekli topoğrafik faktörleri; kar yağışı, nemlilik, sıcaklık gibi durumlar meteorolojik faktörleri; kar örtüsünün altından veya dışından kaynaklanan herhangi bir iç ya da dış etken ise tetikleyici faktörleri oluşturmaktadır (Şahin 1991; Şahin ve Sipahioğlu, 2013; AFAD, 2015a: 23-39).

Çiğ olayı, son yıllarda özellikle gelişmiş ülkelerdeki kış sporları ve kış turizmi aktivitelerinin artması, bu mevsimde ulaşımı mümkün kılan araçlar ile demir ve karayolu ağının gelişmesi nedeniyle artış göstererek bu doğal afetten etkilenenlerin sayısının da artmasına neden olmuştur (AFAD, 2015a: 16; Adikari ve Yoshitani, 2009: 3). Dünya genelinde yaşanan çığlardan etkilenen kişi sayısının yıllık ortalama 250 kişi düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir (AFAD, 2015a: 16). Çiğ olayının en fazla görüldüğu alanlar: Avrupa’da Alp Dağları, Asya’da Himalaya Dağları, Pakistan ve Afganistan, Kuzey Amerika’da Kayalık Dağları, Güney Amerika’da And Dağları’dır (İlgar, 2022: 127).

Türkiye, 1131 metre ortalama yükseltisi ve engebeli topoğrafyası nedeniyle gerek iklimatik gerekse topoğrafik anlamda yükseltinin ve eğimin fazla olduğu alanlarda çığ oluşumuna duyarlıdır. Özellikle batıdan doğuya doğru artan yükseltisi ve eğimi nedeniyle Doğu

Anadolu Bölgesi ile Doğu Karadeniz Bölümleri çığ oluşumuna duyarlı alanları teşkil etmektedir. Nitekim bu alanlardan ortalama yükseltisi 2000 metrenin üzerinde olan Doğu Anadolu Bölgesi çığ olayının en fazla yaşandığu bölgeyi oluşturmaktadır (Atalay, 1992; Yavaş vd., 2007; Elmastaş ve Özcanlı, 2011: 303).

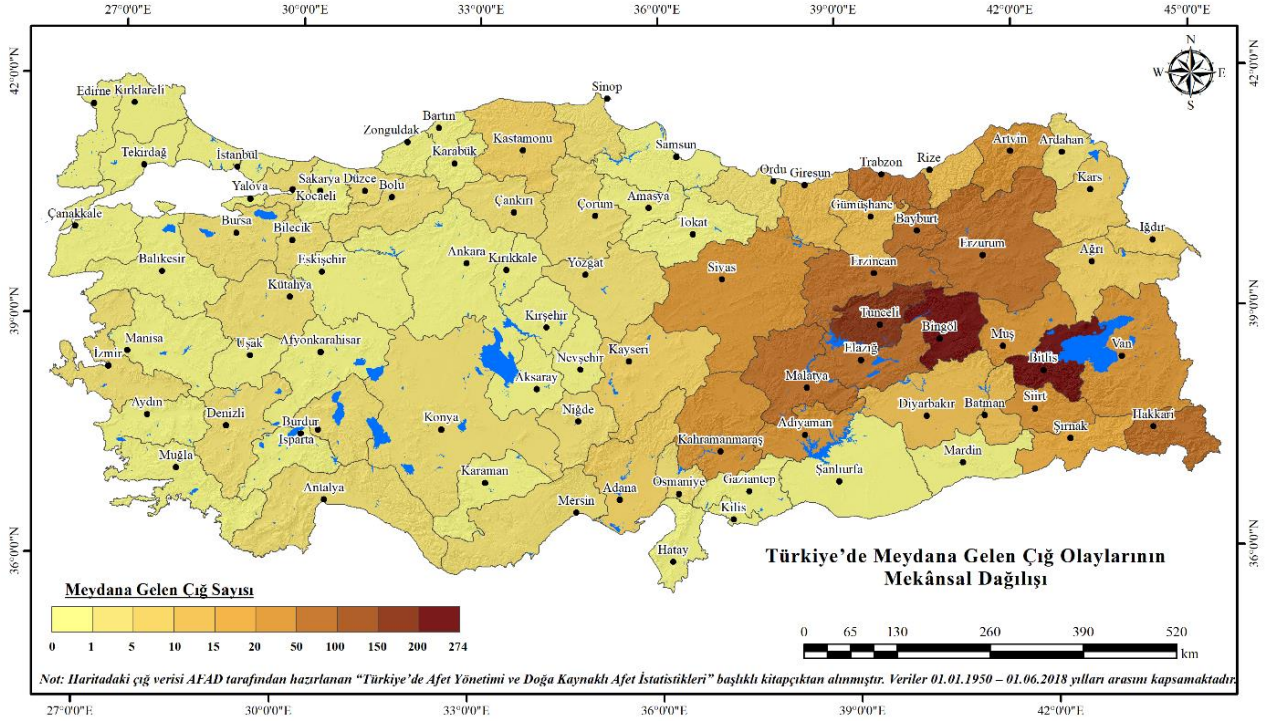
Ülke genelinde 1950-2018 yılları arasında 1582 çığ meydana gelmiştir. Bu çığ olayının oluştuğu yerlerin yaklaşık olarak yarısını (%49,8’ini) Doğu Anadolu Bölgesindeki Bingöl (274; %17,3), Bitlis (265; %16,8), Tunceli (168; %10,6) ve Malatya (81; %5,1) illeri oluşturmaktadır (AFAD; 2015: AFAD, 2018: 55-57) (Şekil 1). 71 yıllık verilere göre ülkemizde her yıl yaşanan çığlar sonucu can kaybı ve yaralı sayısı ekstrem yıllar dışında benzer büyüklüktedir. Buna göre Türkiye’de yıllık ortalama 28 çığ olayı yaşanmakta, buna bağlı olarak 20 kişi ölmekte ve 6 kişi yaralanmaktadır (AFAD; 2015a: 18-19).

Afete duyarlı alanların tespit edilmesinde yararlanılan teknolojilerden biri de Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleridir. CBS tabanında Çiğ (Covasnianu vd., 2011; Selçuk, 2013; Kumar vd., 2016; Işık vd., 2019a; 2019b; Avşin ve Çakı, 2021; Mutlu vd., 2022; Matpay vd., 2023), sel/taşkın (Sunkar ve Tonbul, 2010; Özdemir vd. 2011; Cürebal vd., 2016; Işık vd., 2020; Ocak, vd., 2021; Ocak ve Bahadır, 2022; Duman ve İrcan, 2022b), erozyon (Cürebal ve İkinci, 2006; İkinci vd., 2010; Kızılelma ve Karabulut, 2014; Avcı ve Yüksel, 2016; Güney ve Turoğlu, 2018; Turan-Demirağ ve Uzun, 2021; Duman ve İrcan, 2022a; İrcan ve Duman, 2023) ve heyelan (Özşahin, 2015; Sunkar ve Avcı, 2016; Kale, 2021) gibi afetlere duyarlı alanların tespit edilmesi ve bunlara yönelik çözüm önerilerinin sunulması üzerine literatürde birçok çalışma yer almaktadır.

Bu çalışma, Türkiye’nin doğusunda yer alan Bitlis Çayı Havzası’ndaki çığa duyarlı alanların tespit edilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Bu amaç dahilinde çalışma Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı yapılan analizler, arazi gözlemleri ve uydu görüntüleriyle incelenmiş ve yorumlanmıştır. Çalışmanın giriş bölümünde araştırma sahasının genel özellikleri

açıklanmıştır. Özellikle çığ oluşumunda etkili olan meteorolojik faktörler nedeniyle sahaya ait iklim parametreleri ve özellikleri (*Thornthwaite iklim analizi yapılarak sahanın su bilançosu diyagramı çizilerek*) incelenmiştir. Materyal ve yöntem bölümünde çığ oluşumunda etkili olan topoğrafik faktörler (*yükselti, eğim, baki, yamaç şekli*) Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanında ağırlıklı çakıştırma (*Weighted Overlay*) aracı kullanılarak analiz

edilmiştir. Bulgular bölümünde ise analizi yapılan parametrelerin çığ duyarlılığı üzerindeki etkisi açıklanarak Harita Genel Müdürlüğü'nün HGM Küre uygulamasından tespit edilen çığ patikalarına ait ekran görüntüleri ile araziden çekilen fotoğraflar yorumlanmıştır. Sonuç ve öneriler bölümünde ise çığ duyarlılığına ait bulguların genel bir değerlendirmesi yapılarak çözüm ve önerilerde bulunulmuştur.



**Şekil 1:** Türkiye'de meydana gelen çığ olaylarının mekânsal dağılışı / **Figure 1:** Spatial distribution of avalanche events in Türkiye.

### 1.1. Araştırma Sahasının Genel Özellikleri

Araştırma sahası, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Van Gölü'nün güney batısında yer almaktadır. Saha kuzeyindeki Bitlis il merkezi ile güneyinde yer alan Siirt ili Baykan ilçesine kadar olan alanı kapsamaktadır. Coğrafi koordinat sistemine göre saha  $41^{\circ} 37' 39''$  D -  $42^{\circ} 13' 10''$  D boylamları ile  $37^{\circ} 54' 55''$  K -  $38^{\circ} 30' 02''$  K enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 2).

Araştırma sahası, Neotektonik dönemde yaşadığı toptan yükselme nedeni ile çok çeşitli jeomorfolojik birimlerden oluşmaktadır. Bu durum özellikle yükselti ve eğim şartlarının bölgede dağlık bir form kazanmasına ve dağlık sistemler içerisinde çok sayıda sırt vadi sisteminin gelişmesine neden olmuştur. Sahanın yaşadığı bu süreç bölgenin yükseltisini ve yükseltiye bağlı iklimini etkileyen önemli bir unsurdur (Akköprü, 2005; 2011; Avşin ve Çaki,

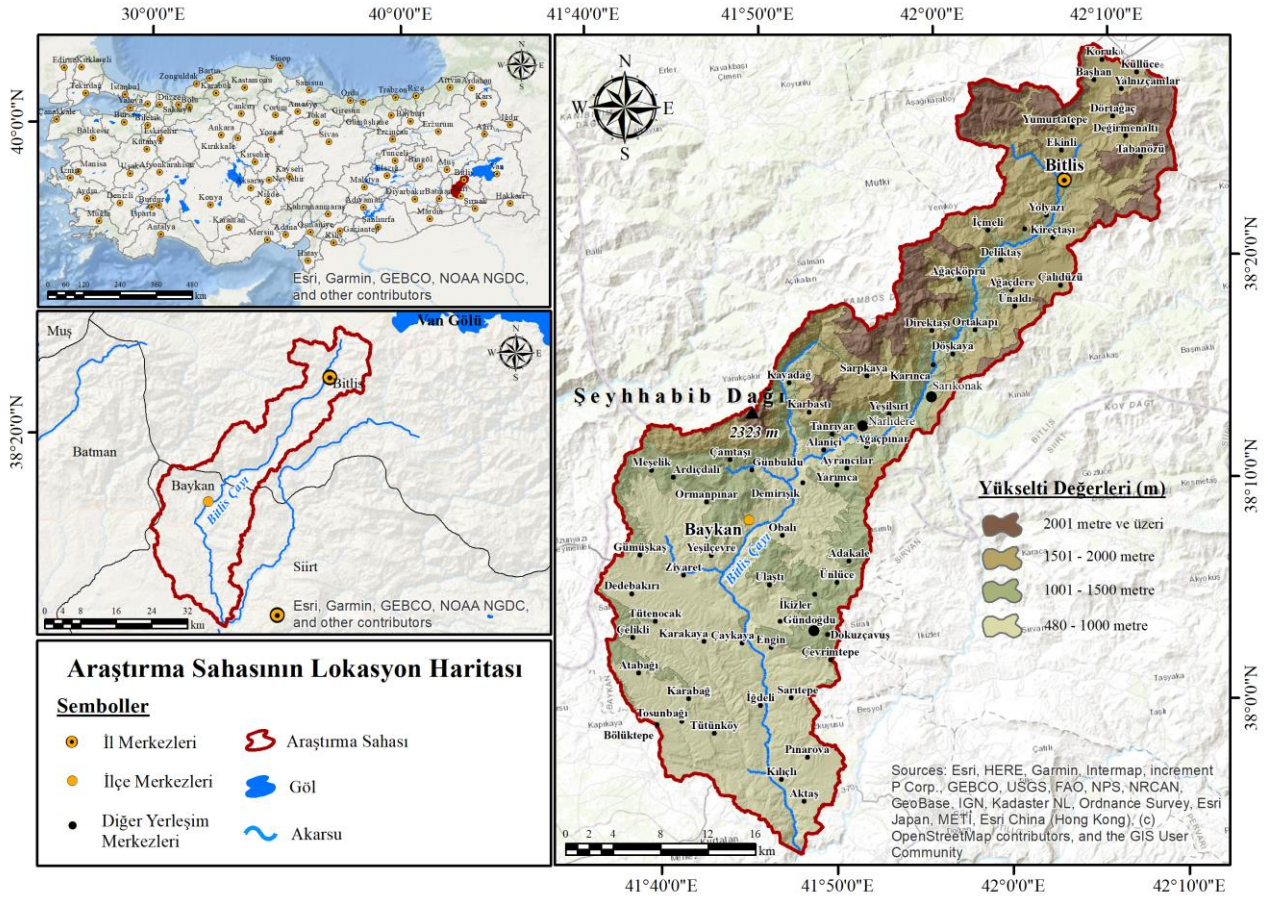
2021: 33; Matpay, 2022: 24). Jeomorfolojik ve iklimik olarak gelişen bu koşullar sahada çığ oluşumuna duyarlı alanların oluşmasına neden olmuştur.

Havzanın içinde bulunduğu iklim koşulları incelendiğinde ortalama sıcaklığının  $9,4^{\circ}\text{C}$  (*uzun yıllık ortalama (1959-2009)*) yağış koşullarının (*uzun yıllık toplam ortalama (1959-2009)*) ise  $1206,2$  mm olduğu Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına göre Çok nemli (A), 1. Derece Mezotermal (*B'1*) iklim özelliğine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3).

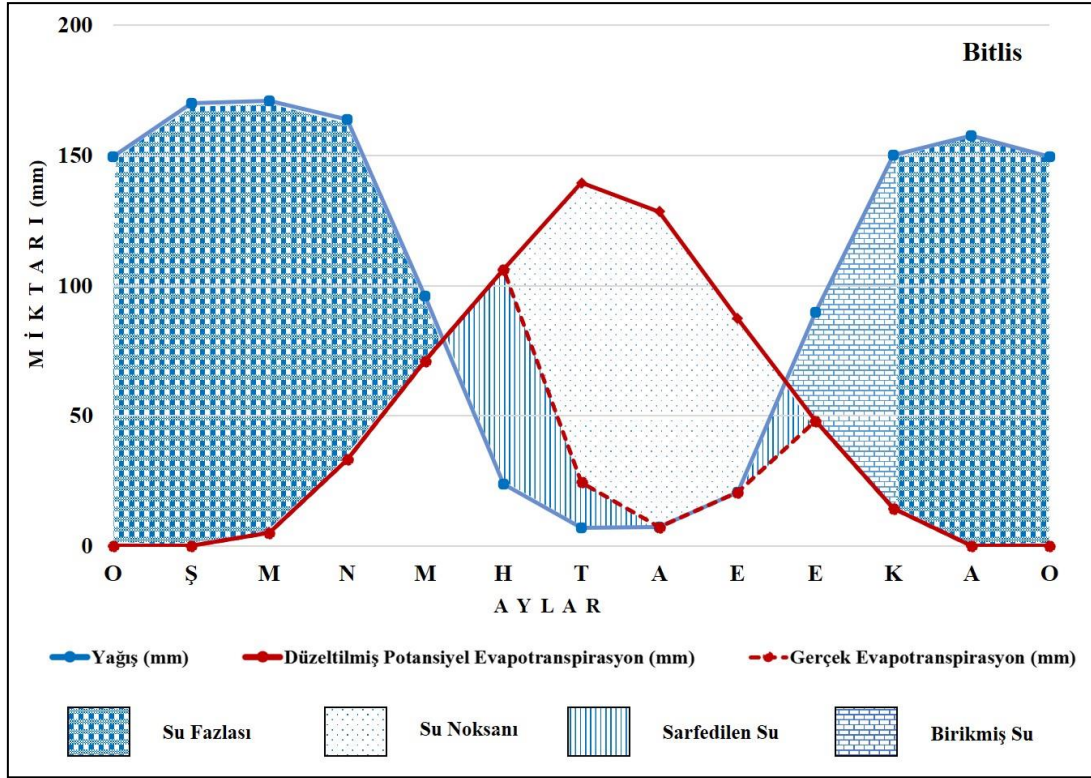
Havzada sıcaklık olarak en yüksek değerlerin haziran, temmuz ve ağustos aylarında; en düşük değerlerin ise aralık, ocak ve şubat aylarında yaşandığı görülmektedir. Yani havza kışların uzun ve sert geçtiği bir sıcaklık özelliğine sahiptir (Şekil 4). Havzadaki yağış değerleri çevresine göre oldukça yüksektir. Ekim ayında başlayan yağışlar, mayıs ayının

sonuna kadar devam etmektedir. Yağış ve evapotranspirasyon arasındaki ilişkiye bağlı olarak kasım ayından mayıs ayına kadar olan

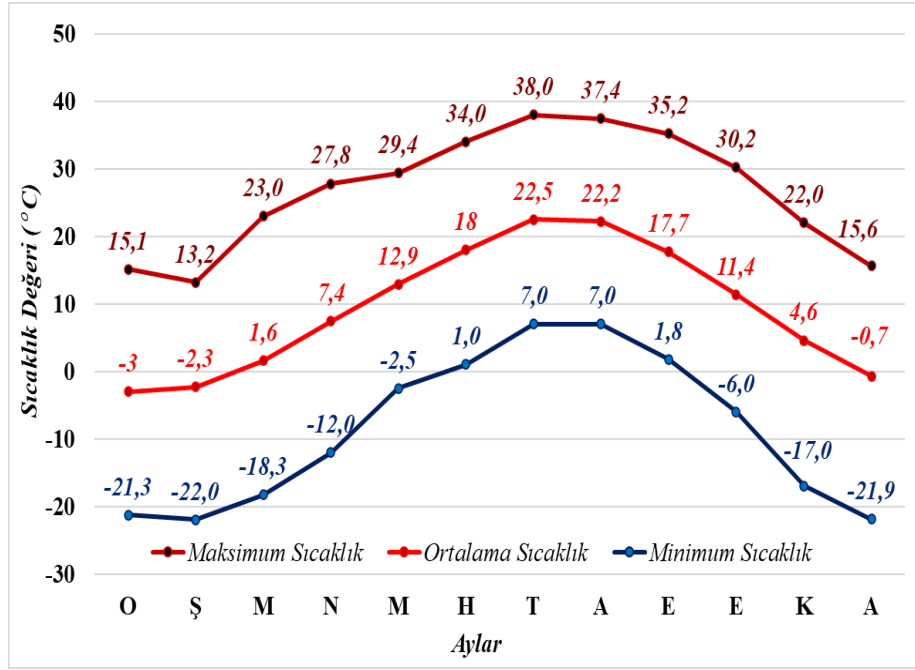
süreçte sahada su fazlası meydana gelirken haziran ve ekim ayı boyunca su noksanlığı yaşanmaktadır (Şekil 3).



Şekil 2: Araştırma sahasının lokasyon haritası / Figure 2: Location map of the research area.



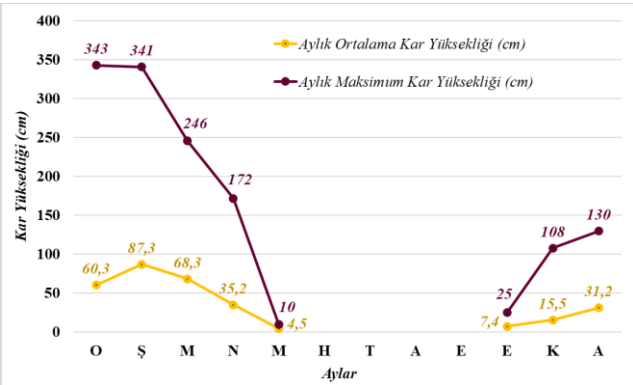
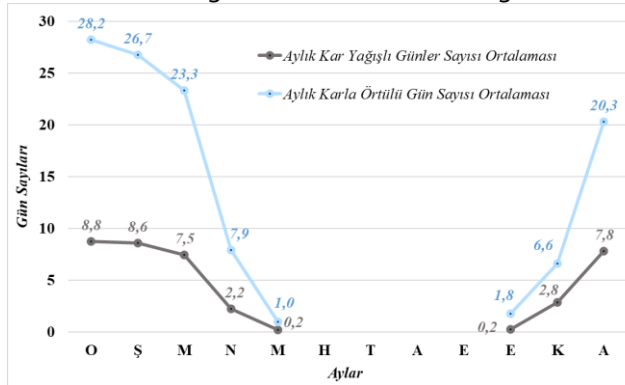
Şekil 3: Bitlis meteoroloji istasyonunun Thornthwaite Su Bilançosu Diyagramı / Figure 3: Thornthwaite Water Balance Diagram of Bitlis meteorological station.



**Şekil 4:** Bitlis meteoroloji istasyonunun sıcaklık (ortalama, maksimum ve minimum) grafiği / **Figure 4:** Temperature (average, maximum and minimum) graph of Bitlis meteorological station.

Havzadaki sıcaklık değerlerinin düşük olması özellikle kış mevsiminde düşük yağışların kar şeklinde gerçekleşmesine neden olmuştur. Aylık kar yağışlı günlerin toplamının uzun yıllık ortalaması 38 gündür. Karla örtülü günlerin

toplamı ise 115 gündür. Nitekim yaşanan çığ olayları da örtü kalınlığının en fazla olduğu ocak (343 cm) ve şubat (341 cm) aylarında gerçekleşmektedir (Şekil 5).



**Şekil 5:** Bitlis meteoroloji istasyonunun kar yağışlı/karla örtülü günler sayısı ortalaması ve maksimum/ortalama kar yüksekliği grafiği / **Figure 5:** Graph of average number of snowy/snow-covered days and maximum/average snow height of Bitlis meteorological station.

Nemlilik durumu karın metamorfizma sürecinde etkili olan temel unsurlardan biridir (AFAD, 2015a: 33). Değişen sıcaklık ve nemlilik durumları kar örtüsü yüzeyindeki kristallenmeyi etkileyerek çığ oluşumuna neden olmaktadır (AFAD, 2015a: 29). Sahadaki nispi nem değerlerinin yazın %50'nin altına, kışın ise %70'in üzerine çıktığı görülmektedir (Tablo 1).

Çığ olayını tetikleyen önemli faktörlerden biri de rüzgâr hızı ve yönüdür. Rüzgâr, dağ sırtları üzerinde kar saçıklarının ve sırtın rüzgâr altı bölümünde ise kalın kar tabakalarının oluşmasına neden olur. Bu durum kar

tabakalarının genellikle kendi ağırlığı ve kırılan saçaktan kaynaklanan kar kütlesi ile tetiklenmesi sonucunda çığa neden olabilmektedir. Ayrıca, rüzgâr yamaçta biriken kar tabakasındaki dengeyi bozarak mevcut örtü üzerine eklenen kar tabakasının da etkisiyle çığ oluşumuna neden olabilmektedir (AFAD, 2015a: 34; Matpay vd, 2023: 114). Sahadaki hâkim rüzgâr yönü kuzeydoğu/güneybatı yönlüdür. Ortalama rüzgâr hızı 1,9 ile 2,4 m/sn arasında değişmektedir. Rüzgâr hızı kış ve ilkbahar mevsiminde etkisini iyice hissettirmektedir (Tablo 1).

**Tablo 1:** Bitlis meteoroloji istasyonunun ortalama nem ile ortalama/maksimum rüzgâr hızı ve yönü tablosu.**Table 1:** Table of average humidity and average/maximum wind speed and direction of Bitlis meteorological station.

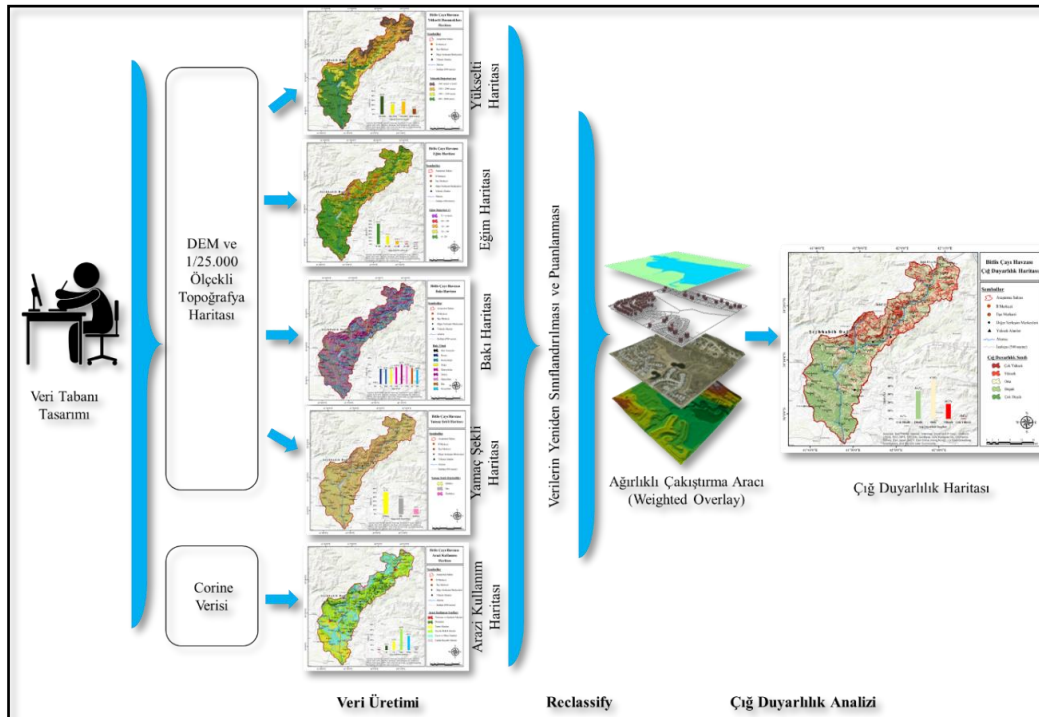
Veriler	AYLAR												Yıllık
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Ortalama Nispi Nem (%)	76,3	76,2	73,3	68,9	62,4	52,8	48,1	49	52,7	65	72,7	76,8	64,5
Ortalama Rüzgâr Hızı (m÷sn)	2,3	2,3	2,4	2,1	2,1	2,3	2,3	2,2	2,1	1,9	1,9	1,9	2,2
Maksimum Rüzgâr Hızı (m÷sn)	20,7	23,9	27,7	21,5	26,3	21,9	16,8	15,8	19,2	27,2	21,4	19,7	27,7
Maksimum Rüzgâr Yönü	GGB	GGB	GB	GB	BGB	G	KKD	KKD	DKD	GGD	GGB	GGB	GB

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Afete duyarlı alanların tespit edilmesinde kullanılan araçlardan biri de Coğrafi Bilgi Sistemleridir. CBS, coğrafi bilginin sistemleştirilmiş halini oluşturan bir araç niteliğindedir. CBS sayesinde mekâna ait bilgiler sistemli hale getirilerek mevcut sorunlara çözüm önerileri ortaya konulmaktadır. Bu durum özellikle afete duyarlı sahaların tespit edilmesinde ve afet planı hazırlanmasında önemli bir yere sahiptir.

Bu çalışmada Bitlis Çayı Havzası'nda çığ oluşumuna duyarlı alanlar Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanında incelenmiştir. Bu kapsamda Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan iklim verileriyle sahanın iklim özellikleri ortaya konulmuş ve çığ duyarlılık durumu iklim

parametreleriyle açıklanmıştır. Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları ile Alaska Fairbanks Üniversitesi Jeofizik Enstitüsü'nün web sitesinden temin edilen (ASF, 2023) 12,5 m çözünürlüğe sahip ALOS Palsar uydusundan elde edilmiş Sayısal Yükselti Modeli (SYM) (İng.: *Digital Elevation Model (DEM)*) verisi ArcGIS for Desktop 10.x yazılımında hidroloji analizine tabi tutularak Bitlis Çayı Havzası'nın sınırı belirlenmiş ve ilgili verilerle sahanın yükselti basamakları, eğim, bakı ve yamaç eğriselliği haritaları oluşturulmuştur. Sahaya ait arazi kullanım haritası için Copernicus Arazi İzleme Hizmeti tarafından kamuoyuna sunulan 2018 yılı CORINE (*Coordination of Information on the Environment*) verisi kullanılmıştır (Copernicus, 2023) (Şekil 6).

**Şekil 6:** Çalışmanın akış şeması / **Figure 6:** Flow chart of the study.

Daha sonra ilgili haritalardaki sınıflar, yeniden sınıflandırılmıştır (*Reclassify*). Reclassify edilen veriler arazi gözlemleri ve ilgili konuda hazırlanan çalışmalar (Marek ve Ivan, 2009; Covasnianu vd., 2011; Selçuk, 2013; AFAD, 2015a; 2015b; Avşın ve Çakı, 2021; Matpay vd., 2023; Işık vd., 2019a; 2019b; Nasery ve Kalkan, 2021; Mutlu vd., 2022) göz önünde bulundurularak etki derecelerine göre ağırlık değerleri verilerek puanlanmıştır (Tablo 2). ArcGIS for Desktop 10.x yazılımında puanlanan ilgili parametreler ağırlıklı çakıştıma (*Weighted*

*Overlay*) aracı (*tool*) kullanılarak havzanın çığ duyarlılık haritası üretilmiştir. Ayrıca sahaya ait oluşturulan raster verilerin (yüksekti, eğim, bakı, yamaç eğriselliği, çığ duyarlılık haritası) alanlarının hesaplanması için Reclassify yapılan veriler vektör formatına dönüştürülmüştür ve ilgili veriler dissolve aracı ile gruplandırılarak öznelik tabloları üzerinde alan hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda hazırlanan alan yüzdeleri tablosu haritalara eklenmiştir (Şekil 6).

**Tablo 2:** Çığa duyarlı alanların tespit edilmesinde kullanılan parametreler ve ağırlık değerleri / **Table 2:** Parameters and weight values used in the determination of avalanche sensitive areas.

Parametreler	Alt Değerler	Etki Derecesi	Ağırlık Değeri (%)
Eğim (°)	0-20	1	30
	21-30	2	
	31-35	3	
	36-40	5	
	41-45	4	
	46-55	2	
	55 ve üzeri	1	
Yüksekti (m)	400-1000	1	15
	1001-1500	2	
	1501-2000	3	
	2001-2500	4	
	2501 ve üzeri	5	
Bakı (°)	Düz Yüzeyler	1	20
	Kuzey (Kuzey; Kuzeydoğu; Kuzeybatı)	5	
	Güney (Güney; Güneydoğu; Güneybatı)	2	
	Doğu	4	
	Batı	3	
Yamaç Şekli	Dışbükey	1	20
	İçbükey	5	
	Düz	3	
Arazi Kullanımı	Orman Alanları	1	15
	Tarım ve Yerleşim Alanları	2	
	Seyrek Bitkili ve Bitki Değişim Alanları	3	
	Çayır ve Meralar	4	
	Çıplak Kayalık Sahalar	5	

### 3. BULGULAR

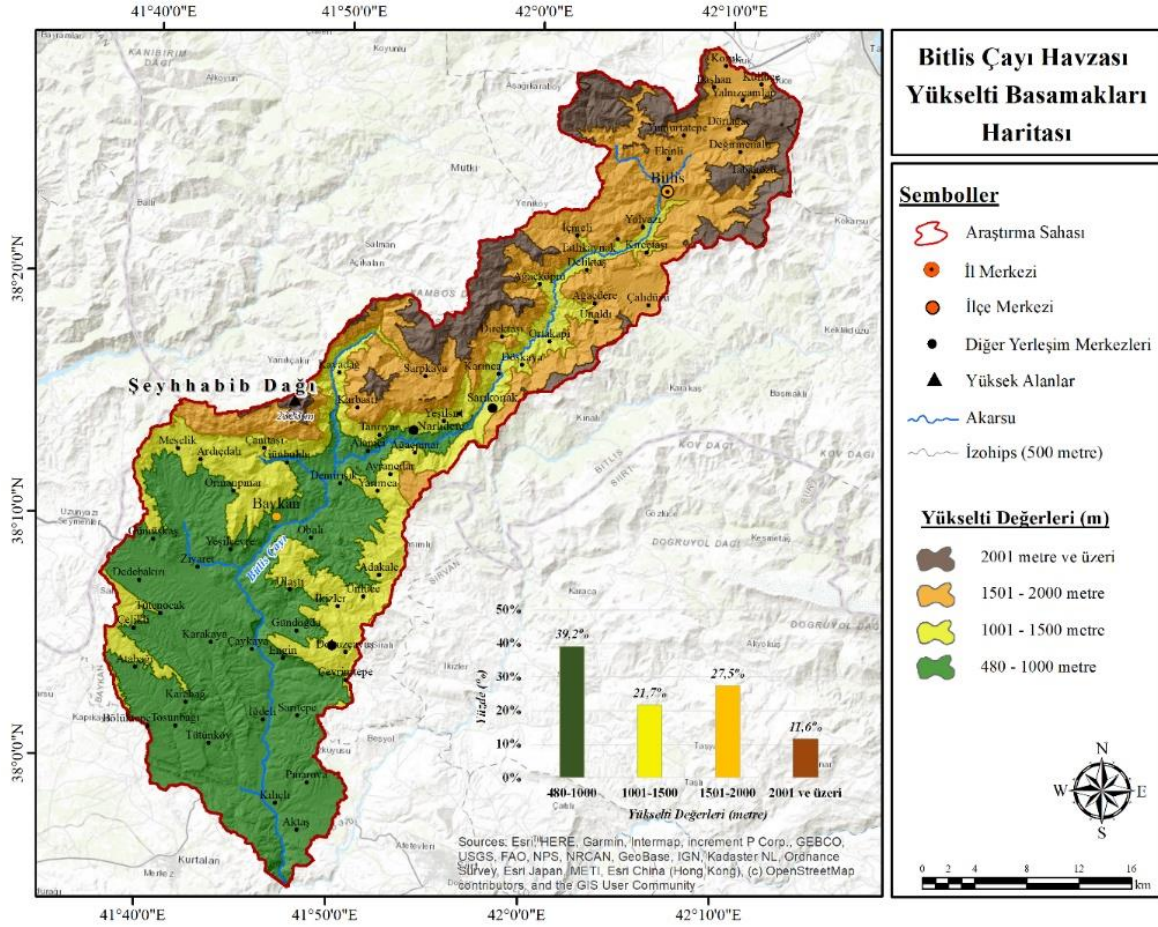
Çığ oluşumunda temelde 4 ana koşul etkili olmaktadır. Bunlar kar örtüsü koşulları, çığ tetikleyicileri, meteorolojik koşullar ve topoğrafik koşullardır (AFAD, 2015: 23). Bu bölümde çalışmada analizi yapılan topoğrafik koşullara (*yüksekti, eğim, bakı, yamaç eğriselliği ve arazi kullanımı*) ait bulguların açıklaması yapılmıştır.

Çığ oluşumunda etkili olan topoğrafik koşullardan biri yükseltidir. Yükselti, bir

yerdeki iklimi etkileyen coğrafi koşullar arasında yer almaktadır. Sıcaklık, basınç, rüzgâr, yağış şekli, kar örtüsü kalınlığı gibi birtakım klimatolojik faktörler yükselti koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (McClung ve Schaerer: 1993: 271). Yükselti, bir yerin çevresine göre yağış ve sıcaklık gibi birçok iklim parametresini etkilemesi nedeniyle o sahanın iklimi üzerinde etkili olan önemli bir faktör olarak görülmektedir (Fredston ve Fesler, 1999; AFAD, 2015a; AFAD, 2015b; Işık vd., 2019a; Matpay

vd, 2023). Havzanın yükseltisi güneybatıdan kuzey/kuzeydoğuya doğru artmaktadır. Buna göre yükseltinin fazla olduğu alanlar kuzeyde yer almaktadır. Yükselti basamaklarına göre sahanın durumu incelendiğinde 480 ile 1000 metre aralığındaki alanlar 41.632,1 ha (%39,2);

1001 ile 1500 metre aralığındaki alanlar 23.005,3 ha (%21,7); 1501 ile 2000 metre aralığındaki alanlar 29.147 ha (%27,5); 2000 metre ve üzerindeki alanlar ise 12.334,5 ha (%11,6) alana sahiptir (Şekil 7).



Şekil 7: Bitlis Çayı Havzası'nın yükselti basamakları haritası / Figure 7: Elevation Levels Map of Bitlis Stream Basin.

Eğim parametresi, bir yerdeki çığ duyarlılığının tespit edilmesinde etkili olan en önemli topoğrafik faktörlerden biridir (Perla ve Martinelli, 1976; Mears, 1992; Schweizer vd., 2003; Maggioni ve Gruber, 2003; Ghinoi ve Chung, 2005; NGU, 2010; Covasnianu vd., 2011; Suk ve Klimanek, 2011; Selçuk, 2013; Aydın vd., 2014; Matpay vd., 2023). Çünkü, yamaç eğimi arttıkça kar örtüsünü etkileyen çekme kuvveti de artmaktadır. İlgili konuda hazırlanan birçok çalışmada, yaşanan çığların genellikle 28° ile 45° arasındaki yamaçlarda gerçekleştiği ortaya konulmuştur (Perla ve Martinelli, 1976; Mears, 1992; McClung ve Schaerer, 1993; Hemetsberger vd. 2002; Göl, 2005: 52). Bu iki açı arasında 35° - 40°'lik açılar yüksek çığ tehlikesini oluşturmada olup en tehlikeli kayma açısı 38°'lik açıda gerçekleşmektedir (AFAD, 2015a; 2015b).

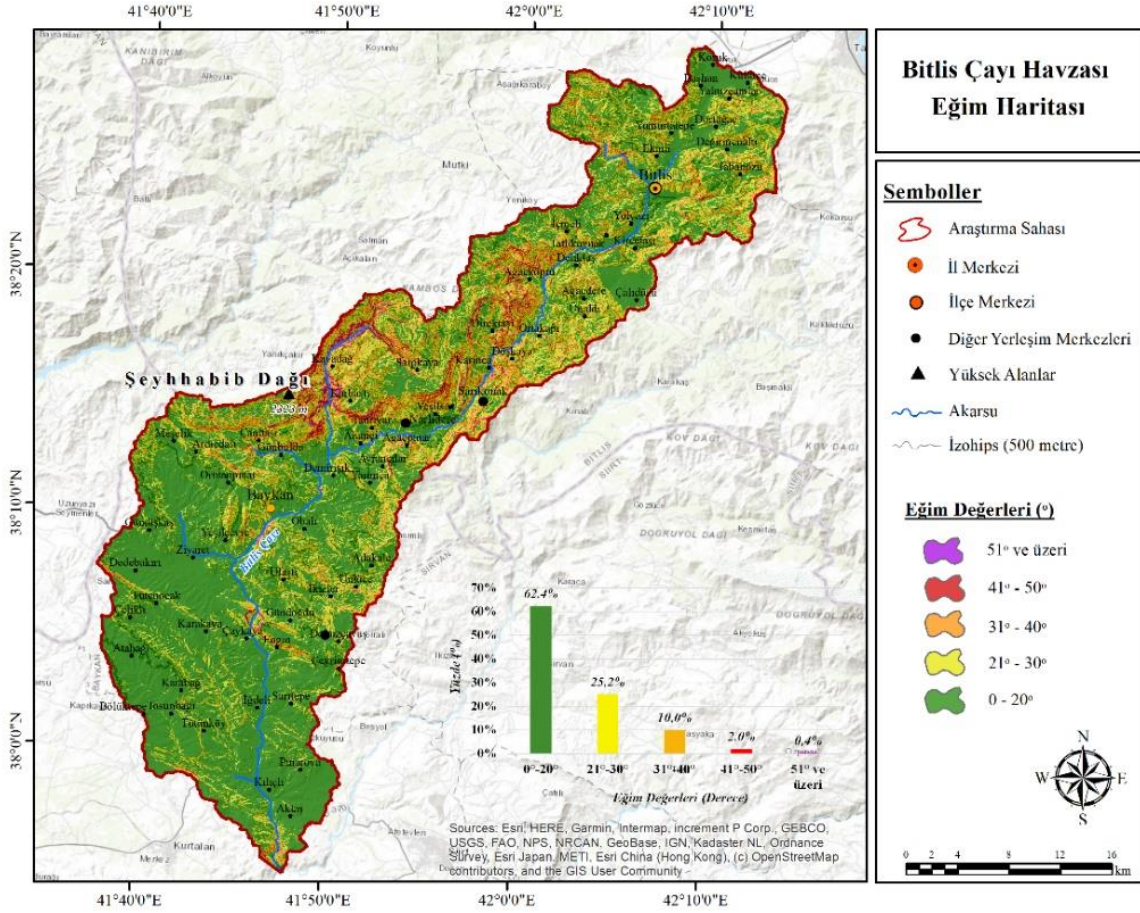
Havzada eğim değerlerinin yüksek olduğu alanlar, sahanın merkezi kısmında (kuzey-güney istikametinde akmakta olan ana kolun batı yamacında yer alan Narlıdere ve Ağaçköprü arası ile Şeyhhabib Dağı'nın doğuya bakan yamacı) yer almaktadır. 0° ile 20° arasındaki alanlar 66.233,6 ha (%62,4); 21° ile 30° arasındaki alanlar 26.690,1 ha (%25,2); 31° ile 40° arasındaki alanlar 10.608,8 ha (%10); 41° ile 50° arasındaki alanlar 2.169,5 ha (%2); 51° ve üzerindeki alanlar 416,9 ha (%0,4) alana sahiptir (Şekil 8).

Baki, güneşlenme, sıcaklık değeri, toprak nemi, rüzgâr yönü ve buharlaşma gibi farklı özellikleri nedeniyle çığ oluşumunda etkili olan parametreler arasında yer almaktadır (McClung ve Schaerer, 1993; Fredston ve Fesler, 1999; Hemetsberger vd., 2002). Türkiye'nin de içinde yer aldığı 30° ile 55°



enlemlerinde bakı parametresi çığ oluşumunda yüksek etkiye sahiptir. Bu enlemlerdeki kuzeye bakan yamaçların, daha az ısı alması, doğuya bakan yamaçlarda ise gün içerisindeki ısı birikiminden dolayı (*doğu yönündeki yamaçlar hava sıcaklığının nispeten düşük olduğu sabah saatlerinde güneş alırken, batı yönündeki yamaçlar havanın nispeten daha sıcak olduğu*

*Öğleden sonraki süreçte almaktadır*) bu alanlarda karın yerde kalma süresi uzundur. Bu durum söz konusu enlemlerde yer alan yamaçlardaki sıcaklığı etkileyerek gerçekleşen her yağış sonrası kar örtülerinin kalınlığının artmasına ve farklı özelliklerde gelişmesine neden olmaktadır (AFAD, 2015a: 37).



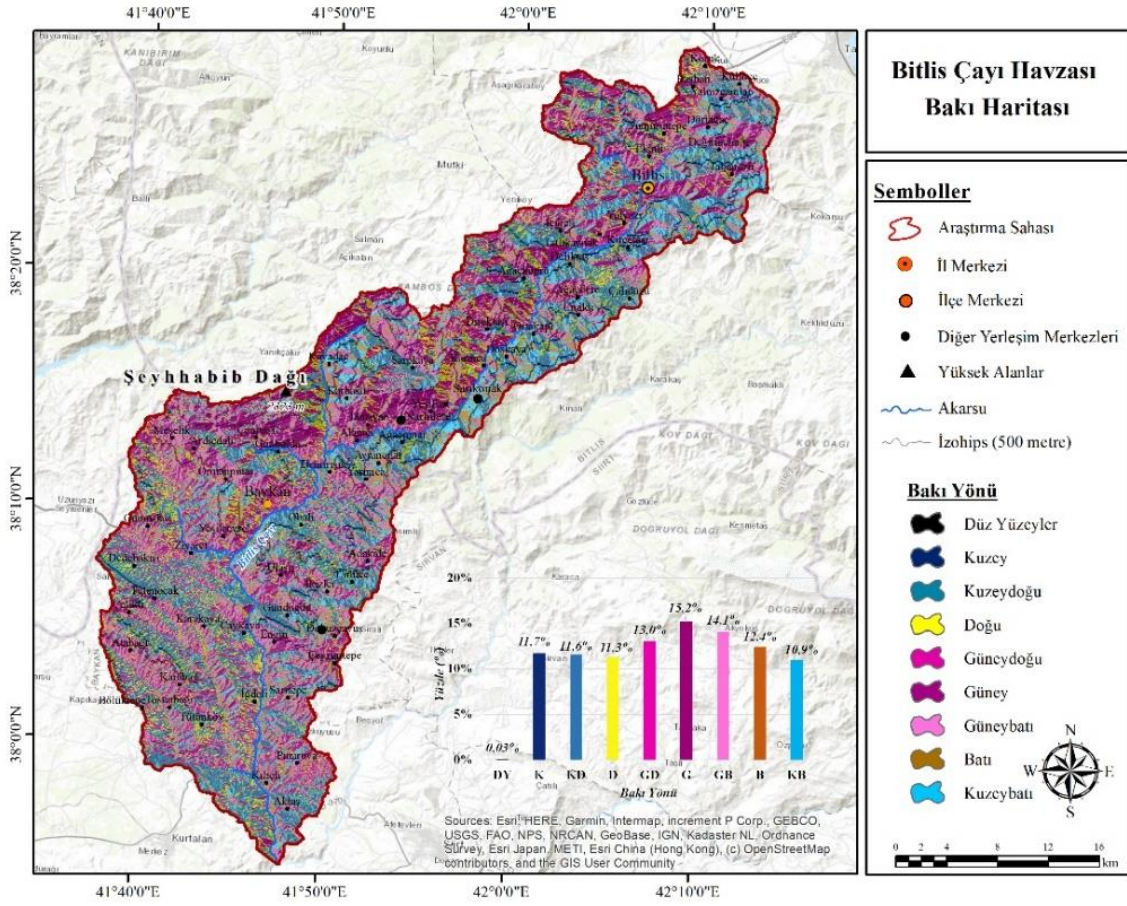
**şekil 8:** Bitlis ayı Havzası'nın eğim haritası / **Figure 8:** Slope map of Bitlis Stream Basin.

Havzadaki bakı yönlerini incelendiğinde güneye bakan yamaçların toplamda 44.771,2 ha (%42,19) (*G: 16.085,1 %15,2; GB: 14.930,8 %14,1; GD: 13.755,3 %13*) ile en fazla alana sahip olduğunu göstermektedir. Güneye bakan yamaçlardan sonra kuzeye bakan yamaçlar 36.320,8 ha (%34,1) alana (*K: 12.384,8 %11,7; KD: 12.266,9 %11,6; KB: 11.579,1 %10,9*); batıya bakan yamaçlar 13.117,7 ha (%12,4) alana; doğuya bakan yamaçlar 11.965,2 ha (%11,3) alana ve düz yüzeyler ise 34 ha (%0,03) alana sahiptir (şekil 9).

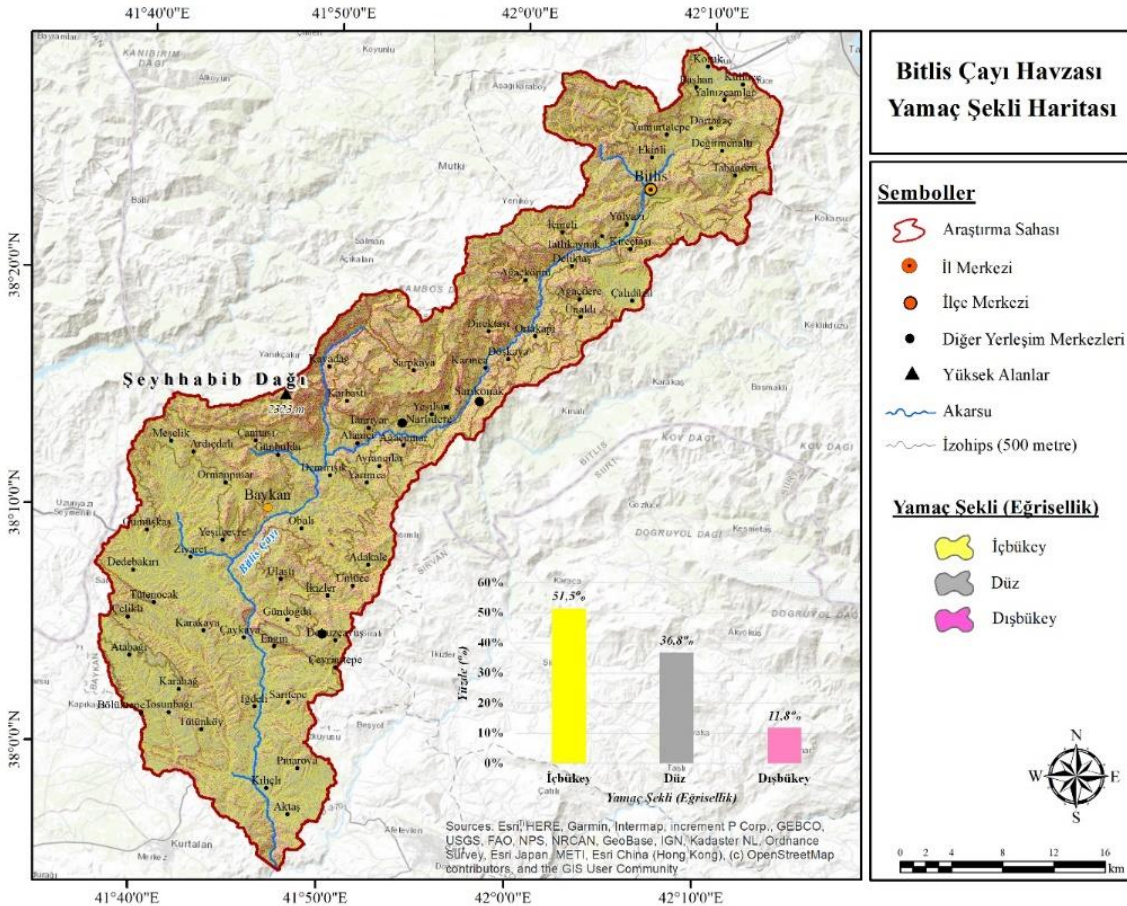
ığ oluşumunda etkili olan parametrelerden biri de yamaç şeklidir (*eğrisellik*). Yamaç şekli, içbükey, dışbükey ve düz yamaç olmak üzere üç sınıfta incelenmektedir. Bu yamaç

tiplerinden nde de çığ oluşumu meydana gelebilmektedir. Ancak, ığ oluşumuna bazı yamaç şekillerinin daha duyarlı olduğu ifade edilmektedir (Maggioni ve Gruber, 2003; Nagarajan vd., 2014). Bitlis ayı Havzası'nda yapılan arazi gözlemleri ile sahanın yakın çevresi ile ilgili yapılan çalışmalarda (Avşin ve akı, 2021) içbükey yamaçların çığ oluşumuna daha duyarlı olduğu ortaya konulmuştur.

Havzadaki yamaç şeklinin durumu incelendiğinde dışbükey yamaçların (54.622,8 ha; %51,5) diğer yamaçlara göre daha fazla alan kapladığı görülmektedir. Havzadaki düz yamaçlar 39.024,7 ha alana (%36,8) içbükey yamaçlar ise 12.471,4 ha (%11,8) alana sahiptir (şekil 10).



Şekil 9: Bitlis ayı Havzası'nın baki haritası / Figure 9: Aspect map of Bitlis Stream Basin.

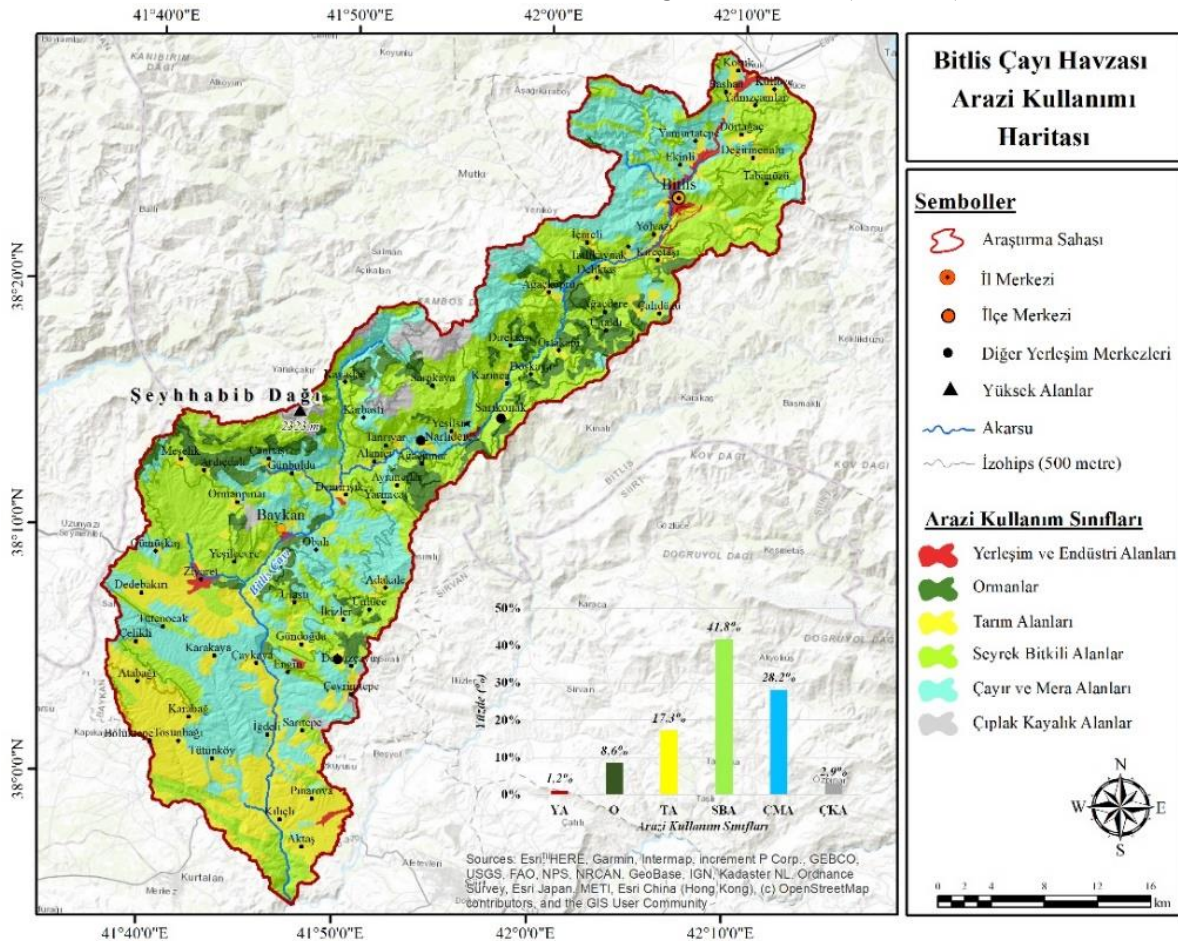


Şekil 10: Bitlis ayı Havzası'nın yamaç şekli (eğriselliği) haritası / Figure 10: Slope shape (curvature) map of Bitlis Stream Basin.

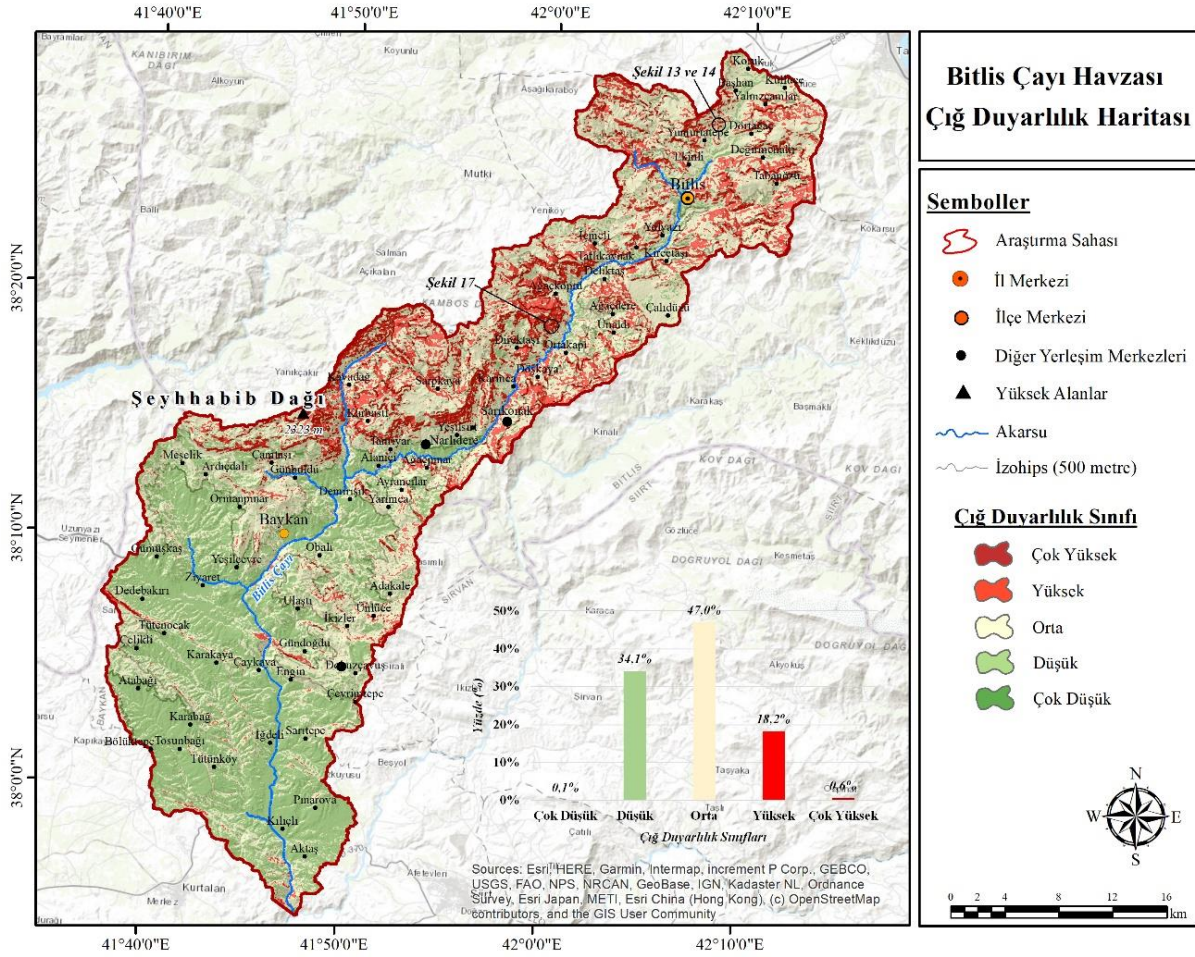
Arazi kullanımı, mevcut arazi üzerindeki örtüsü nedeniyle ış oluşumunu engellemesi veya tetiklemesi bakımından önemlidir. Bitki örtüsünün ağaç formunda olduğu alanlarda mevcut bitki örtüsü, kar tabakası kalınlığını etkileyebilir ve mevcut kar örtüsünün akışını kesintiye uğratarak ış oluşumuna engel olabilir ya da etkisini en aza indirebilir. Buna karşılık çıplak araziler ya da bitki örtüsünün ot formunda olduğu veya mevsimlik olarak değişkenlik gösterdiği alanlarda ış engelleyici herhangi bir dokunun bulunmaması nedeniyle ış oluşumu meydana gelebilmektedir.

Havzadaki mevcut arazi kullanım durumu incelendiğinde 44.327,9 ha (%41,8) alan ile seyrek bitkili alanların geniş alan kapladığı görülmektedir. Seyrek bitkili alanlar dışında sırasıyla ayır ve mera alanları 29.882,1 ha (%28,2); tarım alanları 18.410,1 ha (%17,3); orman alanları 9.135,1 ha (%8,6); çıplak kayalık alanlar 3.106,9 ha (%2,9); yerleşim ve endüstriyel alanlar 1.256,8 ha (%1,2) alana sahiptir (şekil 11).

ış olayının yaşanmasında etkili olan parametreler, arazi gözlemleri ile benzer konuda hazırlanmış çalışmalar referans alınarak etki derecelerine göre puanlanmış ve Coğrafî Bilgi Sistemleri tabanında sahanın ış duyarlılık haritası üretilmiştir. Hazırlanan ış duyarlılık haritası incelendiğinde havzanın güney/güneybatı kesimlerinde ış duyarlılığının düşük olduğu görülmektedir. Ancak, Bitlis il merkezi ve çevresindeki alanlar ile Baykan ilçe merkezine kadar olan kesimlerde duyarlılığın yüksek olduğu görülmektedir. ış duyarlılığının yüksek olduğu bu alanların eğim değerleri ise genellikle 30° ile 40°'dir. 5 sınıfta incelenen sahanın ış duyarlılığına göre orta duyarlılığa (49.844,4 ha %47) sahip alanların geniş yer kapladığı görülmektedir. Diğer duyarlılık sınıflarının durumu incelendiğinde; düşük duyarlılığa sahip alanların 36.156,2 ha (%34,1); yüksek duyarlılığa sahip alanların 19.326,8 ha (%18,2); çok yüksek duyarlılığa sahip alanların 653,1 ha (%0,6); çok düşük duyarlılığa sahip alanların ise 125,8 ha (%0,1) alana sahip olduğu görülmektedir (şekil 12).



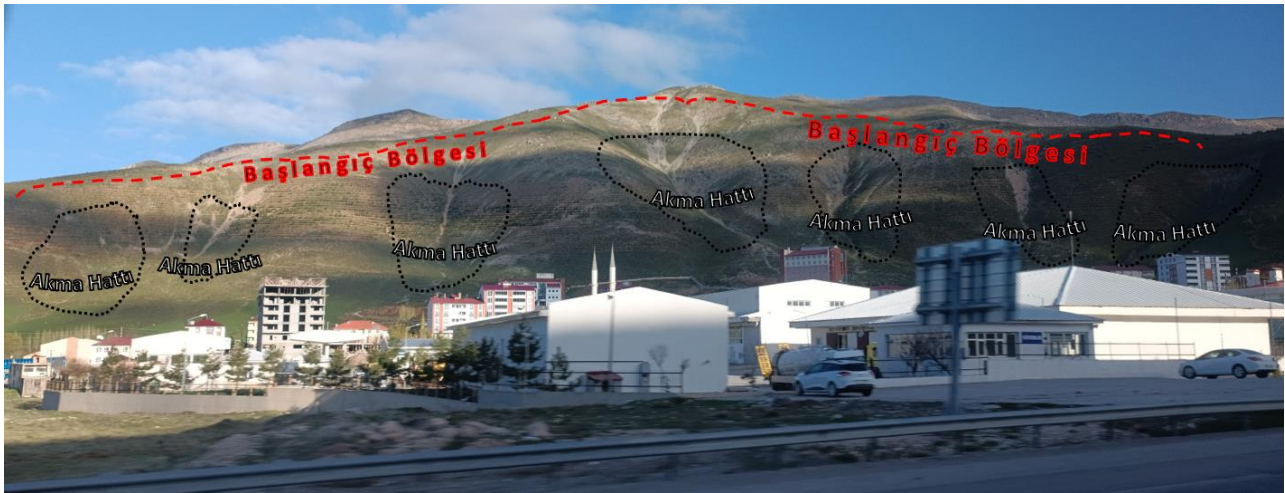
şekil 11: Bitlis ayı Havzası'nın arazi kullanım haritası / Figure 11: Land use map of Bitlis Stream Basin.



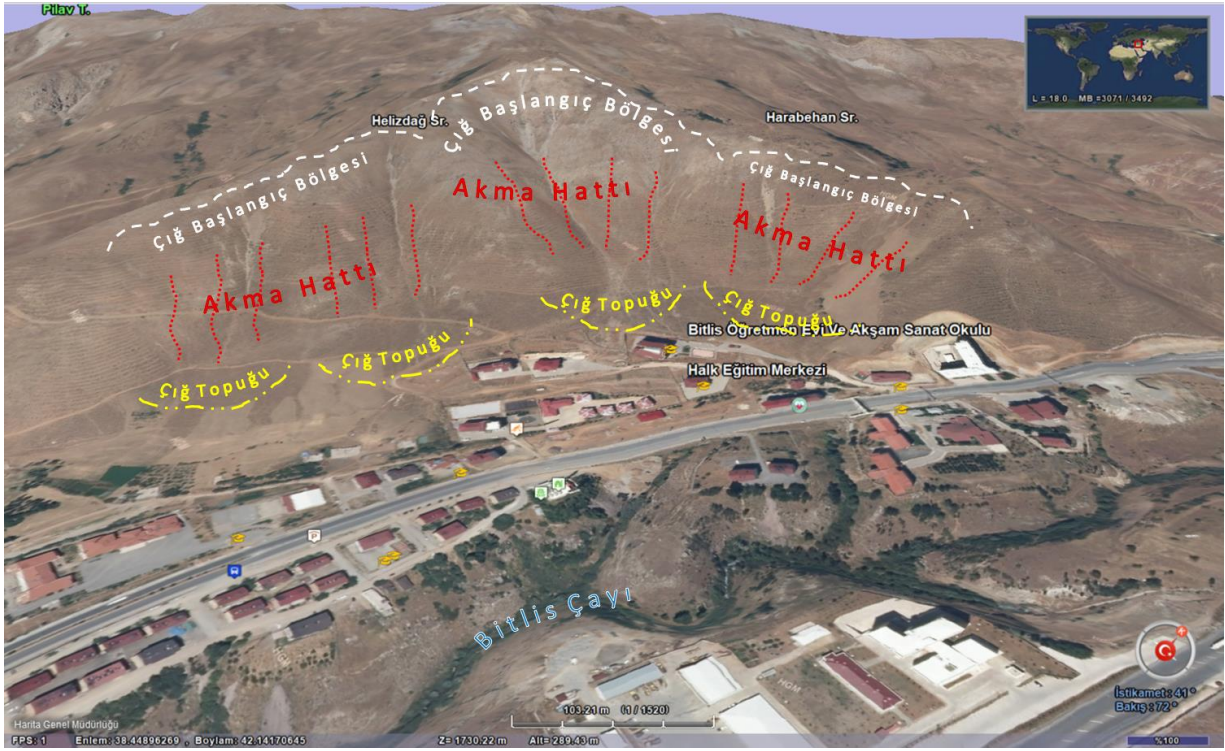
**Şekil 12:** Bitlis Çayı Havzası'nın çığ duyarlılık haritası / **Figure 12:** Avalanche susceptibility map of Bitlis Stream Basin.

Araştırma sahasında yapılan arazi gözlemleri ve sahaya ait uydu görüntüleri (HGM Küre Uygulaması) incelendiğinde genellikle yükseltinin fazla, eğim değerlerinin  $35^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  arasında olduğu yamaçlarda birçok çığ oluşunun varlığı tespit edilmiştir. Şekil 13'ten Şekil 17'ye kadarki görüntülerde ilgili yamaçlarda çığ patikalarının varlığı

görülmektedir. Şekil 13, 14 ve 15'deki öğretmenevi ve AFAD binası arkasındaki yamaçta güneybatı kuzeydoğu yönünde birçok çığ patikası yer almaktadır. Özellikle bu sahada çığ duyarlılığının yüksek olması nedeniyle yamaçta ağaçlandırma faaliyetinin ve taraçalamanın yapıldığı görülmektedir (Şekil 16).

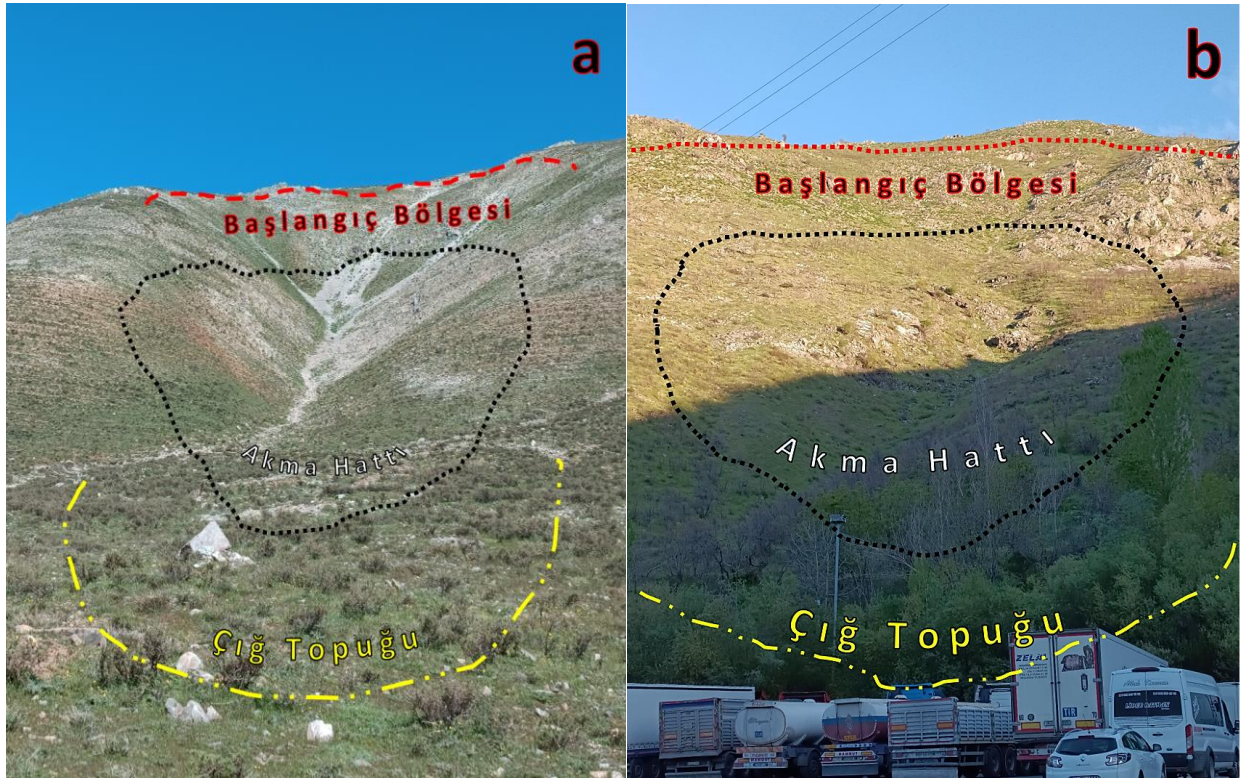


**Şekil 13:** Öğretmenevi ve AFAD binası (Bitlis merkez) arkasındaki yamaçta yer alan çığ patikası görüntüsü. **Figure 13:** View of the avalanche path on the slope behind the teacher's house and AFAD building.



**Şekil 14:** Öğretmenevi ve AFAD binası arkasındaki yamaçta yer alan çığ patikası (HGM Küre Uygulaması).

**Figure 14:** Avalanche path on the slope behind the teacher's house and AFAD building (HGM Sphere Application).



**Şekil 15:** Öğretmenevi arkasındaki yamaç (a) ile Buzlu Pınar mevkiinde yer alan yamaçlardaki (b) çığ patikaları.

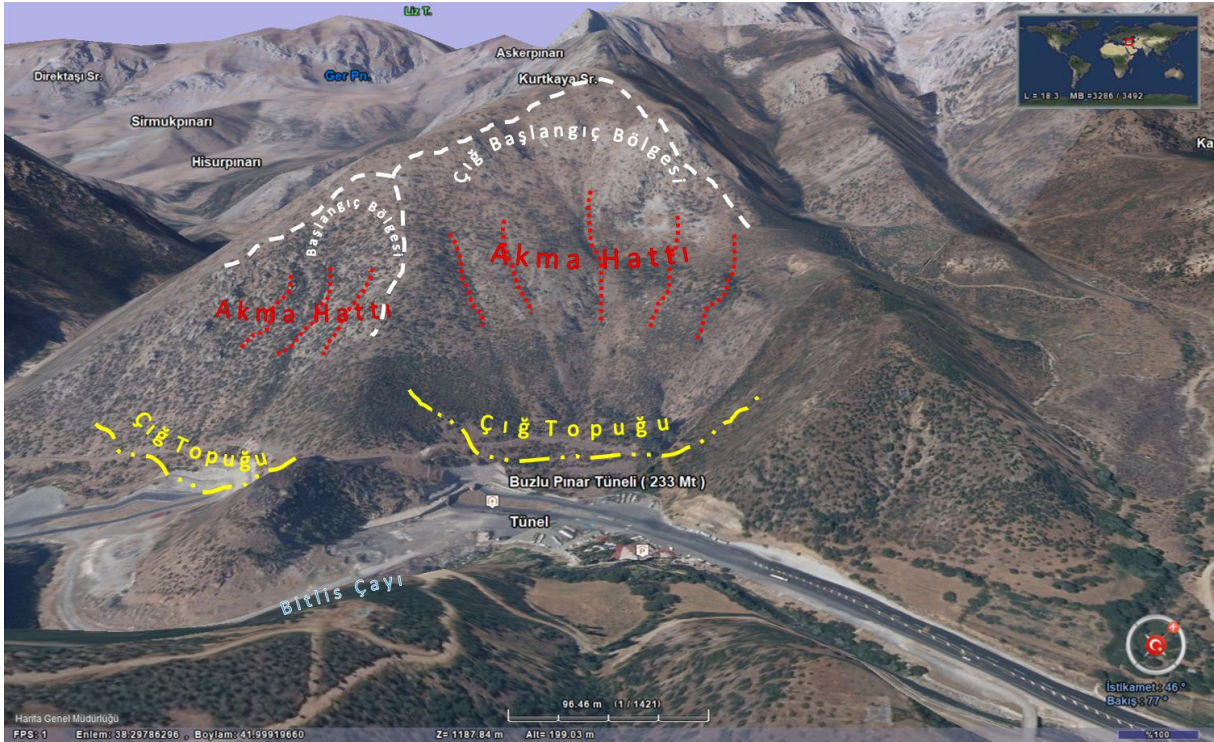
**Figure 15:** Avalanche paths on the slopes behind the Teacher's House (a) and on the slopes at Buzlu Pınar (b).

Şekil 15b ile 17'da ise Buzlu Pınar mevkiinde yer alan çığ patikaları görülmektedir. Bitlis karayolu üzerinde yer alan bu çığ patikaları Buzlu Pınar Tüneli'nin giriş ve çıkışındaki her iki yamaçta da yer almaktadır (Şekil 15b ve 17).

Bu durum yaşanması muhtemel bir çığ olayı karşısında karayolu akışının engellenmesine ve afet boyutuna ulaşmasına neden olacak potansiyeldedir.



Şekil 16: Ağaçlandırma ve Taraçalandırılma yapılan yamaçlar / Figure 16: Afforestation and Tarracing slopes.



Şekil 17: Buzlu Pinar mevkiindeki çığ patikası (HGM Küre Uygulaması) / Figure 17: Avalanche path at Buzlu Pinar (HGM Sphere Application).

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Türkiye'nin doğusunda yer alan Bitlis Çayı Havzası'nın çığ duyarlılık analizi yapılmıştır. Analizde Coğrafi Bilgi Sistemleri araç olarak kullanılmıştır. CBS tabanında yapılan analizde birtakım parametreler (yükseltili, bakı, eğim, yamaç eğriselliği ve arazi

kullanımı) ArcGIS for Desktop 10.x yazılımındaki ağırlıklı toplam aracı kullanılarak analiz edilmiş ve sahanın çığ duyarlılık haritası oluşturulmuştur.

Buna göre havzanın çığ duyarlılık durumu genel olarak değerlendirildiğinde yükseltinin fazla, eğim değerlerinin 30° ile 40° arasında, bitki örtüsünün zayıf/yoksun olduğu alanlarda

çiğ duyarlılığının yüksek olduğu görölmektedir. Nitekim bu alanlar Bitlis il merkezi ve çevresi ile güneyindeki Baykan ilçe merkezine kadar olan yüksek ve eğimli alanları oluşturmaktadır. Çiğ duyarlılığının düşük olduğu alanlar ise tam tersine yükseltinin ve eğim değerlerinin düşük olduğu kesimleri oluşturmaktadır. Bu alanlar havzada Baykan ilçe merkezi ve güneyindeki sahaya karşılık gelmektedir. 5 sınıfta incelenen havzanın çiğ duyarlılık durumuna göre; sahadaki 49.844,4 (%47) hektarlık alan orta; 36.156,2 (%34,1) hektarlık alan düşük; 19.326,8 (%18,2) hektarlık alan yüksek; 653,1 (%0,6) hektarlık alan çok yüksek; 125,8 (%0,1) hektarlık alan ise çok düşük duyarlılığa sahiptir. Gerek sahaya ait yapılan analizler/gözlemler gerekse sahanın çiğ tarihselliği incelendiğinde çığa duyarlı birçok alanın varlığı tespit edilmiştir.

Havzada çiğ duyarlılığının yüksek olduğu alanlara ilişkin öncelikli olarak bu sahalara ve yakın çevresine yeni yerleşim alanları kurulmamalıdır. Özellikle havza içinde yer alan Bitlis şehrinde yeni kurulması planlanan yerleşim alanları ise çiğ duyarlılığının düşük olduğu sahalara inşa edilmelidir. Duyarlılığın yüksek olduğu alanlardaki karayolu gibi ulaşım alanlarına uyarı levhaları konulmalı ya da ilgili alanlara çiğ tünelleri inşa edilmelidir. Havzanın yüksek yağış değerleri göz önünde bulundurulduğunda ilgili alanlara ağaçlandırma faaliyetleri yapılmalıdır. Bunun yanı sıra havzadaki çiğ duyarlılığının yüksek olduğu yamaçlarda yapay çığlar oluşturulabilir ya da teraslama/teraçalama yoluna gidilmelidir. Bu konuda özellikle çığ, heyelan, taşkın gibi doğal afetler üzerine havza ölçeğinde hazırlanan/hazırlanacak birçok çalışma dikkate alınarak doğa olaylarının afete dönüşmesi engellenebilir ya da etkisi en aza indirilebilir.

## KAYNAKÇA

Adikari, Y., & Yoshitani, J. (2009). Global Trends İn Water-Related Disasters: An Insight For Policymakers. World Water Assessment Programme Side Publication Series, Insights. The United Nations, UNESCO. International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM).

- AFAD (2015a). Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması Çiğ Temel Kılavuz, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- AFAD (2015b). Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması Çiğ Pratik Kılavuz, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- AFAD, (2018). Türkiye'de Afet Yönetimi ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- Akköprü, E. (2005). Çatak (Van) - Görentaş Arasının Fiziki Coğrafyası (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Van.
- Akköprü, E. (2011). Van Gölü'nün Güneybatı Kısımında Jeomorfolojik Araştırmalar (Tatvan-Göllü), (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- ASF, (2023). 11.02.2023 tarihinde <https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS> adresinden alındı.
- Atalay, İ. (1992), Türkiye Coğrafyası, İzmir: Ege Üniversitesi Basım Evi.
- Avcı, A., & Yüksel, A. (2016). Büyükçay Havzası'nın (Elazığ) erozyon risk haritasının hazırlanması. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 16 (2), 319-335.
- Avşın, N., & Çakı, D. T. (2021) Çatak - Bahçesaray (Van) Karayolu Üzerindeki Çığa Duyarlı Alanların Belirlenmesi, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, (7), 30-47. doi: 10.46453/jader.911574
- Aydın, A., & Eker, R. (2014b). Topografik Parametreler Kullanılarak Potansiyel Çiğ Başlama Bölgelerinin CBS Tabanlı Olarak Belirlenmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 426-435.
- Cürebal, İ. & Ekinci, D. (2006) Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3D) Yöntemiyle Erozyon Analizi, Türk Coğrafya Dergisi, Sayı: 47, 115-130.
- Cürebal, İ., Efe, R., Özdemir, H., Soykan, A. & Sönmez, S. (2016). GIS-Based Approach For Flood Analysis: Case Study Of Keçidere Flash Flood Event (Turkey). Geocarto International, 31(4), 355-366.
- Copernicus, (2023). 11.02.2023 tarihinde <https://land.copernicus.eu/pan-european/corineland-cover/clc2018?tab=download> adresinden alındı.
- Covasnianu, A., Grigoraş, I. R., State, L. E., Balin, D., Hogaş, S. & Balin, I. (2011). Mapping Snow Avalanche Risk Using GIS Technique And 3D Modeling. Case StudyCeahlau National Park. Rom. Journ. Phys., 3-4, 476- 483. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1884082>.
- Duman, N. & İrcan, M. R. (2022a). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Tabanında

- Çankırı Merkez İlçesinin Erozyon Risk Analizi. Coğrafi Bilimler Dergisi/ Turkish Journal of Geographical Sciences, 20 (1), 220-245, doi: 10.33688/aucbd.1074770.
- Duman, N. & İrcan, M. R. (2022b). Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çankırı Merkez İlçesinin Taşkın Duyarlılık Analizi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi (JADER), (9), 50-66. DOI: 10.46453/jader.1165963
- Elmastaş, N., & Özcanlı, M. (2011). Bitlis İlinde Çiğ Afet Alanlarının Tespiti ve Çiğ Risk Analizi, VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, Ankara, 303-314.
- Ekinci, D., Akköprü, E., & Döker, M. F. (2010). Erozyon Duyarlılık Haritalarının Oluşturulmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknolojilerinin Kullanımı. III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyum, Gebze-Kocaeli, Türkiye.
- Fredston, J., & Fesler, D. (1999). Snow Sense: A Guide to Evaluating Snow Avalanche Hazard, Alaska Mountain Safety Center, Anchorage, AK.
- Ghinoi, A., & Chung, C. J. (2005). STARTER: A Statistical GISBased Model for The Prediction of Snow Avalanche Susceptibility Using Terrain Features: Application to Alta Val Badia, Italian Dolomites. *Geomorphology*, 66, 305- 325. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.018>
- Göl, C. (2005). Çiğ Olgusu ve Ormancılık. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 1, 49-63.
- Güney, Y., & Turoğlu, H. (2018). Çok Ölçütlü Karar Analizi ile Erozyon Duyarlılık Çalışmalarında Erozyon Yüzeyleri Envanter Verisinin Kullanımı: Selendi Çayı Havzası Örneği. Coğrafi Bilimler Dergisi, 16 (1), 105-119, [https://doi.org/10.1501/Cogbil\\_0000000193](https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000193).
- Hemetsberger, M., Klinger, G., Niederer, S., & Benedikt, J. (2002). "Risk assessment of avalanches—a fuzzy GIS application," in Proceedings of the 5th International FLINS Conference Computational Intelligent Systems for Applied Research, D. Ruan, P. D'hondt, and E. E. Kerre, Eds., pp. 397402, World Scientific, Singapore, Republic of Singapore.
- İlgar, R. (2022). Doğal Afetler ve Afet Yönetimi (EMDAT Kriterlerine Göre). Çanakkale: Paradigma Akademi.
- Işık, F., Bahadır, M. & Zeybek, H. İ. (2019a). Doğankent (Harşit) Çayı Havzası'nın Yukarı ve Orta Kesimlerinde Arazi Uygulamalı Çiğ Duyarlılık Analizi. Jass Studies- The Journal of Academic Social Science Studies, Number: 77, 335-353.
- Işık, F., Bahadır, M., & Uzun, A. (2019b), Karaçam Deresi Havzası'nda Çiğ Duyarlı Alanların Belirlenmesi (Trabzon, Türkiye). Doğu Coğrafya Dergisi 24(42), 1-15.
- Işık, F., Bahadır, M., Zeybek, H. İ. & Çağlak, S. (2020). Karadere Çayı Taşkını (Araklı -Trabzon). Mavi Atlas, 8(2): 526-547.
- İrcan, M. R. & Duman, N. (2023). Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Erozyon Duyarlılık Analizi: Karaköprü Örneği. G. Salı & A. Ceylan-Çatalcalı (Ed.) Sosyal & Beşerî Bilimlerde Güncel Araştırmalar – I (s. 53-76) içinde. Gece Kitaplığı.
- Kale, M. M. (2021). Çankırı ilinde kütle hareketlerine duyarlı alanların belirlenmesi. Okan Türkan, Mustafa Murat Kale (Ed.). Çankırı Coğrafya Araştırmaları içinde (1-37). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kızıloğlu, F. M., Okuroğlu, M., & Örüng, İ. (2006). Kırsal Yerleşimler ve Doğal Afetler. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(2), 53-58.
- Kızılelma, Y., & Karabulut, M. (2014). Mut Havzasında erozyona duyarlı alanların belirlenmesi. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 7 (31), 439-456.
- Kumar, S., Srivastava P. K., & Snehmani, (2016): GIS-based MCDA-AHP modelling for avalanche susceptibility mapping of Nubra valley region, Indian Himalaya, Geocarto International, DOI: 10.1080/10106049.2016.1206626.
- Maggioni, M., & Gruber, U., (2003). The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency. Cold Regions Science and Tecknology, 37, 407-419.
- Marek, B., & Ivan, B. (2009). Spatial modelling of snow avalanche runouts using GIS. Proceedings From Symposium GIS, Ostrava.
- Matpay, B. (2022). Hizan ve Çevresinin (Bitlis) Jeomorfolojisi (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Van.
- Matpay, B., Doğu, A. F., & Seyitoğulları, M. A. (2023) Hizan ve Çevresinde (Bitlis) Çiğ Oluşumuna Duyarlı Alanların Belirlenmesi, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, (10), 111-132.
- Mears, A. I. (1992). Snow Avalanche Hazard Analysis for Land-Use Planning and Engineering, Bulletin 49. Colorado Geological Survey, Geological Survey, Dept. of Natural Resources, Denver, Colorado, 54 pp.
- McClung, D., & Schaerer, P. (1993). The Avalanche Handbook. The Mountaineers, 271, Seattle, WA.
- Mutlu, S., Cindioğlu, İ., Kul, A. Ö., & Selçuk, A. S. (2022). Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Parametre Puanlama Yöntemi ile Hakkâri İli Çiğ Tehlike Haritasının Oluşturulması. Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi, 4(2), 71-78.
- Nagarajan, R., Venkataraman, G., & Snehmani, H. (2014). Rule based classification of potential snow avalanche areas. Natural Resources and Conservation, 2, 11-24.



- Nasery, S. & Kalkan, K. (2021). Snow Avalanche Risk Mapping Using GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis: The Case of Van, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(9), 782. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07112-4>.
- NGU (Geological Survey of Norway) (2010). Method For the Susceptibility Mapping of Snow Avalanches in Norway. Technical Report, 14 p.
- Ocak, F. & Bahadır, M. (2021). Taşkın Bilgi ve Yönetim Sisteminin Oluşturulmasında WEB CBS Teknolojisi Kullanımı: Ordu-Ünye Şehir Selleri Örneği. Mehmet Fatih Döker, Ebru Akköprü (Ed.). *Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları II* (s. 205-221). Ankara: Pegem Akademi.
- Ocak, F., Bahadır, M., Uzun, A. & Şahin, K. (2021). Atakum ilçesi kıyı kuşağının taşkın ve duyarlılık analizi, Samsun/Türkiye. Mehmet Fatih Döker, Ebru Akköprü (Ed.). *Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları II* (s. 273-292). Ankara: Pegem Akademi.
- Özdemir, H., Akbulak, C., & Özcan, H. (2011). Çokal Barajı (Çanakkale) çökme modeli ve taşkın risk analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(2), 659-698.
- Özşahin, E. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Heyelan Duyarlılık Analizi: Ganos Dağı Örneği (Tekirdağ). *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7 (1), 47-63. DOI: 10.15659/hartek.15.04.68.
- Perla, R. I., & Martinelli, M. (1976). *Avalanche Handbook*. U.S. Department Of Agriculture Forest Service.
- Selçuk, L. (2013). An Avalanche Hazard Model for Bitlis Province, Turkey, Using GIS Based Multicriteria Decision Analysis. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 523-535. <https://doi.org/10.3906/vet-1303-36>.
- Sunkar, M., & Tonbul, S. (2010). İluh Deresi Havzası'na (Batman) Yönelik Sel ve Taşkın Riski Analizleri, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5 (4), 255-273.
- Schweizer, J, Bruce Jamieson, J., & Schneebeili M. (2003). Snow Avalanche Formation. *Reviews of Geophysics*,41(4).<https://doi.org/10.1029/2002R G000123>.
- Sunkar, M., & Avcı, V. (2016). Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın (Adıyaman Batısı) Heyelan Duyarlılık Analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26 (2), 13-44. DOI: 10.18069/firatsbed.346901.
- Suk, P., & Klimánek, M. (2011). Creation of the Snow Avalanche Susceptibility Map of the Krkonose Mountains Using GIS. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 28, 237-246. <https://doi.org/10.11118/actaun201159050237>.
- Şahin, C. (1991) *Türkiye Afetler Coğrafyası*, Ankara: Gazi Üniversitesi. No:172, Gazi Eğitim Fakültesi Yayını No:21.
- Şahin, C., & Sipahioğlu, Ş. (2013). *Doğal Afetler ve Türkiye*. Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.
- Turan-Demirağ, İ., & Uzun, A. (2021) Analitik Hiyerarşik Süreç ve CBS Teknikleri Kullanılarak Çorum Çayı Havzası'nda Toprak Erozyonu Riskinin Modellenmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* (6), 41-55 doi: 10.46453/jader.843857.
- Yavaş, Ö. M., Erenbilge, T., Seyfe, N., & Ayhan, A. (2007). Çığlar, Türkiye'deki Etkileri ve Önlemede Kullanılan Yöntemler. *Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Geçici İşkân Dairesi Başkanlığı*.