

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Metodu İle Of İlçesi'nde (Trabzon) Heyelan Risk Duyarlılığı Analizi

Mehmet Akif Taş¹, Celal Şenol², Muhammet Enes Yanık³

Öz

Çalışma alanı olan Trabzon'a bağlı Of ilçesinde topografik özellikler ve iklim hususiyetleri bakımından heyelan afetinin gerçekleşme potansiyeli yüksektir. Son yüz yılda 26'sı ölümlü sonuçlanan onlarca heyelan afetine maruz kalan Trabzon'da sadece Of ilçesi 4 adedi ölümlü olmak üzere onlarca maddi hasarlı heyelan afetinden etkilenmiştir. Ortalama eğim ve yükseltinin fazla olması ve yağışın yıllık miktarının (1659,4 mm) ülke ortalamasının (643 mm) oldukça üzerinde olması bu durumu ortaya çıkaran en önemli etkenlerdir. Bu bağlamda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak uluslararası mecrada etkinliği ve geçerliliği olan metodlarla heyelan risk analizlerinin yapılması oldukça önemli bir hale gelmiştir. Bu analiz yöntemlerinden olan ve heyelan risk analizi çalışmalarında son yıllarda en çok kullanılan yöntemlerden biri olan ve Analytical Hierarchy Process (AHP) olarak literatüre geçen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) çalışma alanına uyarlanmıştır. SentinelHub, NASA, Corine, HGM, MTA gibi birçok ulusal ve uluslararası kuruluştan elde edilen veriler ışığında Of ilçesinin AHS ile heyelan risk analizi oluşturulmuştur. Bunun sonucunda ilçenin heyelan bakımından %23'lük bir bölümüne tekabül eden 60 km² alanında riskli ve çok riskli, %26'sına tekabül eden 67,7 km² alanında orta ve %51'ine karşılık gelen 132,4 km² alanda düşük ve çok düşük heyelan riski tespit edilmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen bilgiler dikkate alınarak gerek afet yönetim sürecinde gerekse diğer ilgili alanlarda çalışan paydaşların heyelan afetine karşı hazırlıklı olmaları amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Coğrafi Bilgi Sistemleri, Heyelan, Of, Trabzon

Landslide Risk Susceptibility Analysis in Of District (Trabzon) by Analytical Hierarchy Process (AHS) Method

Abstract

The potential for landslide disasters is high in the Of district of Trabzon, which is the study area, due to the topographical and climatic characteristics. In Trabzon, which has been exposed to dozens of landslide disasters with 26 fatalities in the last hundred years, only Of district has been affected by 4 landslide disasters with fatalities and tens of property damages. The fact that the average slope and altitude are high and that the annual rainfall (1659.4 mm) is much higher than the national average (643 mm) are the main factors that reveal this situation. In this context, it has become very important to carry out landslide risk analyses using Geographical Information Systems (GIS) with methods that are effective and valid in the

¹ Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Akif Taş, Erzincan Binali Yıldırım Üni., Fen Edebiyat Fak. - Coğrafya Böl. CBS ABD, Erzincan, Türkiye
İlgili Yazar e-posta / Corresponding author e-mail: akif.tas@erzincan.edu.tr. ORCID: 0000-0003-3543-037X

² Doç. Dr. Celal Şenol, Marmara Üni., İnsan ve Toplum Bilimleri Fak. Coğrafya Böl., Türkiye Coğrafyası ABD, İstanbul, Türkiye
e-posta / e-mail: celal.senol@marmara.edu.tr. ORCID: 0000-0003-0857-866X

³ Arş. Gör. Muhammet Enes Yanık, Erzincan Binali Yıldırım Üni., Fen Ede. Fak., Coğrafya Böl., Fiziki Coğrafya ABD, Erzincan, Türkiye
e-posta / e-mail: muhammet.yanik@erzincan.edu.tr. ORCID: 0000-0003-2926-5814

Bu çalışmanın özeti 3. Uluslararası İstanbul Coğrafya Kongresi'nde 21.06.2023 tarihinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

Bu makaleye atıf yapmak için / To cite this article

Taş, M. A., Şenol, C., ve Yanık, M. E., (2024). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Metodu İle Of İlçesi'nde (Trabzon) Heyelan Risk Duyarlılığı Analizi. *Afet ve Risk Dergisi*, 7(1), 279-302.

international arena. The Analytical Hierarchy Process (AHP), which is one of these analytical methods and one of the most widely used methods in landslide risk analysis studies in recent years, was adapted to the study area. Taking into account data from many national and international organisations such as SentinelHub, NASA, Corine, HGM, MTA, a landslide risk analysis of the district of was carried out using AHS. As a result, high and very high landslide risk was identified in an area of 60 km², representing 23% of the district, medium risk in an area of 67.7 km², representing 26%, and low and very low risk in an area of 132.4 km², representing 51% of the district. Taking into account the information obtained as a result of these analyses, the aim is to prepare the actors involved in the disaster management process and in other related fields for a landslide disaster.

Keywords: Analytical Hierarchy Process (AHP), Geographic Information Systems, Landslide, Of, Trabzon

1. GİRİŞ

Doğal afetlerden birisi olan heyelanlar Türkiye'de depremler, taşkınlar gibi hayatı yakından ilgilendiren önemli afet türlerinden birisidir. Bir yamaç boyunca kütle olarak harekete geçen zeminin yol açtığı heyelanların üzerinde jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik, eğim, bitki örtüsü ve arazi kullanım şekli gibi çok farklı faktörler etkili olmaktadır. Doğal olarak yer çekiminin etkisiyle eğim yönünde hareket eden kütlelerle gerçekleşen heyelanlar, aynı zamanda insanın etkisiyle de tetiklenebilmekte ve etkinin boyutunu değiştirebilmektedir (Öner, 1985; Sür, 1972; Sür, 1977; Çiçek, 1985; Atalay ve Bekaroğlu, 1973; Öner ve Çiçek, 1987; Doğu vd., 1989; Öztürk, 2002).

Heyelanlar can ve mal kayıplarına yol açması açısından üzerinde durulması gereken, ülke kaynaklarına etki eden önemli bir afettir. Türkiye'de yaşanan heyelanlarda ekonomik kayıplar kadar can kayıpları da heyelanın büyüklüğü, etki alanı, oluş zamanı gibi parametrelere bağlı olarak değişebilmektedir. Ekonomik zararın çok yüksek olduğu bu tür afetlerde telafisi mümkün olmayan kayıplar da yaşanabilmektedir (Öztürk, 2002). Bu açıdan herhangi bir yer de planlama yapılması durumunda bölgenin heyelan risk ve duyarlılık haritalarının oluşturularak sürece dahil edilmesi gerekmektedir.

Türkiye'de özellikle Karadeniz Bölgesi başta olmak üzere koşulların olduğu her yerde neredeyse her yıl heyelan olayları yaşanmaktadır. Yamaç dengesinin bozulması sonucu sahanın bir kısmının bulunduğu yerden eğim doğrultusunda kayması şeklinde gerçekleşen doğa olayı heyelan (Öztürk, 2002) olarak tanımlansa da aslında birçok faktörün bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Heyelanlar genellikle kütle hareketleri olarak ifade edilse de bunlar kendi içinde alt gruplara ayrılmaktadır. Erinç (1996)'da bunların kütle hareketleri olarak birbirinden ayrılması ve sınıflandırılmasını yaparak heyelanı hızlı gelişen kütle hareketleri içerisinde dahil etmiştir (Erinç, 1996).

Karadeniz Bölgesi ve özellikle de Doğu Karadeniz Bölümü heyelan olayının gerçekleşmesi için ülkemizde en uygun şartlara sahiptir. Sürecin gelişmesinde etkisi olan eğim, yağış, arazi kullanımı ve zeminin litolojik yapısı gibi unsurlar bölgeyi heyelan açısından riskli hale getirmektedir. Karadeniz Bölgesi genel olarak eğimin fazla ve yıl boyu yüksek ve ani yağışların etkisinde kalan bir bölge olması yamaçlardaki toprağın hızlı bir şekilde suya doygun hale gelerek statik dengenin bozulmasına yol açmaktadır. Buna, zeminin suya doygun hale geçtiğinde harekete müsait toprak yapısı ve zemin tabakasının eğim yönü ile insanların doğal sisteme müdahalesi sonucu yamacın tutunma dengesinin bozulması eklendiğinde heyelanın gerçekleşme potansiyeli daha da artmaktadır.

Türkiye'de çok sık meydana gelmesi nedeniyle heyelanlar üzerinde çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar daha çok gerçekleşen heyelan olayının oluş şeklini, can ve mal kaybı yönünden etkisini açıklamak şeklinde olmuştur. Bu yüzden bu çalışmalar günümüzdeki gibi analizler yapılarak muhtemel heyelan sahalarını göstermekten ziyade durum ve etki analizi yapmanın baskın olduğu çalışmalar olmuştur.

Ancak yaygın olarak bilgisayar destekli programlar şeklinde yapılan yeni çalışmalarla farklı yöntemler kullanarak saha analizleri daha güvenilir ve doğru bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalar, gerekli kriterler belirlenerek sahaya ait eğim, baki, yağış, arazi kullanım şekli, zeminin yapısı, ulaşım ağları ve yerleşme gibi birbirini etkileyen çok sayıda kriterin bir arada saha üzerine uygulanması esasına dayanmaktadır. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden birisi olan Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Proses/AHP) bu çalışmada kullanılan temel analizdir. Türkiye’de son yıllarda Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve benzer çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak çok farklı alanlarda çalışmalar yapılmıştır. Doğal afetlerde özellikle heyelan ve sel konusu üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (Taş, 2022; Sunkar ve Avcı, 2016; Avcı ve Günek, 2015; Avcı, 2015; Dağ, Bulut, ve Akgün, 2006; Akgün ve Türk, Çevik ve Topal, 2003; 2010; Akıncı vd., 2015; Yalçın vd., 2011; Kesici ve Sönmez, 2012; Koçman, 2006; Yalçın, 2007; Hasekiogulları ve Ercanoğlu, 2012; Kavas, 2009; Çelik vd., 2015; Demirel ve Hastaoğlu, 2022;).

Yine uluslararası birçok yayın da bu konuda değerlendirilebilir. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır; (Aghlmand vd., 2020; Moradi ve Rezaei, 2014; Ayalew, Yamagishi ve Ugawa, 2004; Baeza ve Corominas, 2001; Dai ve Lee, 2002; Donati ve Turrini, 2002; Fernandez, Irigaray, El Hamdouni, ve And Chacón, 2003; Lee ve Choi, 2004; Lee, 2005; Perotto-Baldiviezo, Thurow, Smith, Fisher ve Wu, 2004; Ruff ve Czurda, 2008; Wang, Xie ve Du, 2009; Zhou, Lee, Li ve Xu, 2002).

Bu çalışmada temel olarak Trabzon iline bağlı Of ilçesinin heyelana duyarlılık analizi, AHS yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışma neticesinde ilçe sınırlarında heyelan olayının muhtemel yaşanabileceği yerler tespit edilerek literatüre yeni veriler kazandırılmıştır.

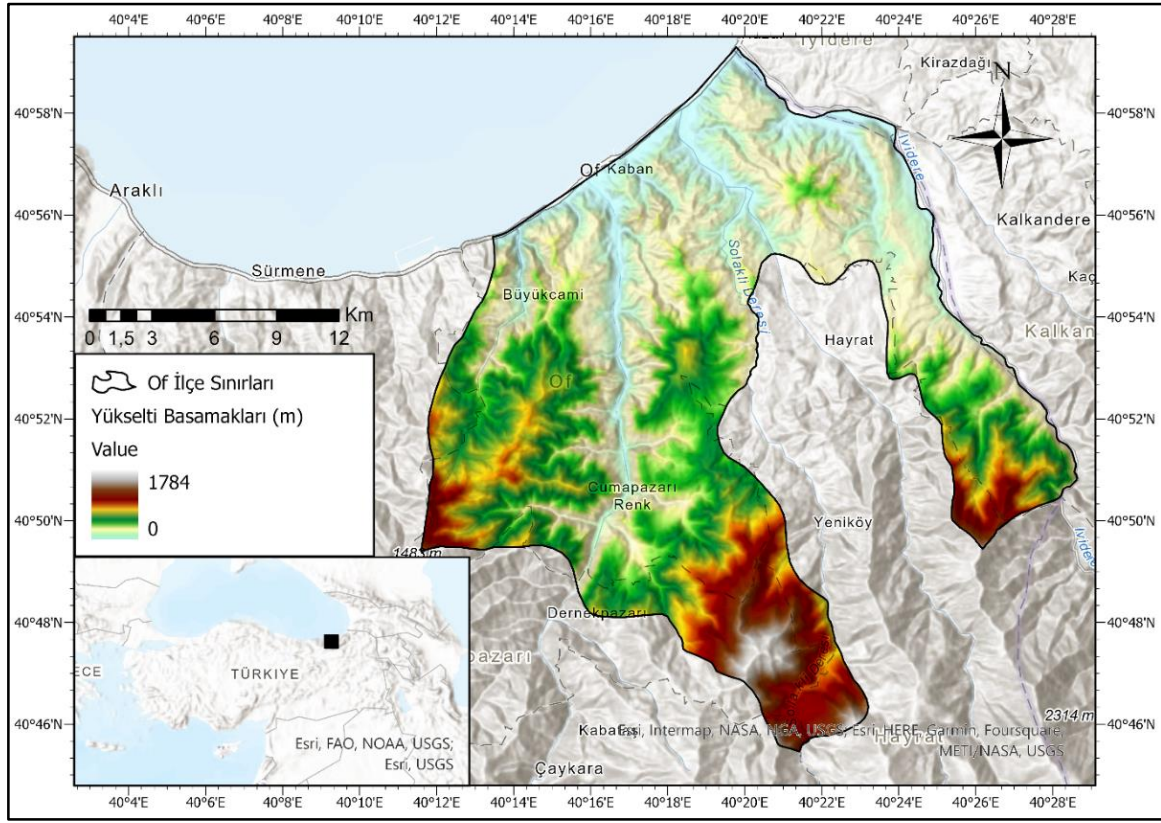
2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çalışma Alanı

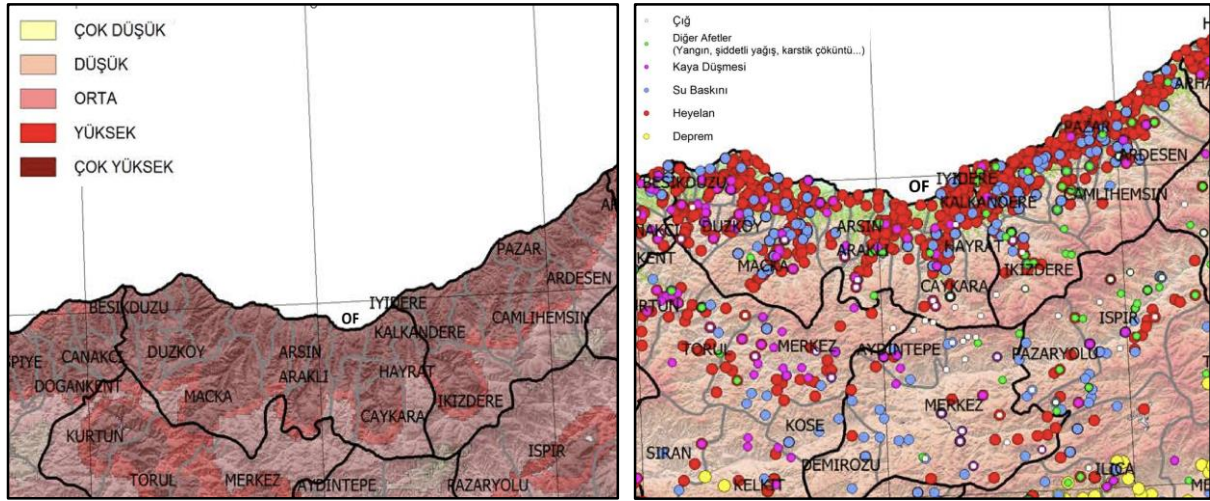
Of ilçesi, Türkiye’nin kuzeydoğusunda, Karadeniz Bölgesi’nin Doğu Karadeniz Bölümü’nde yer alan Trabzon ilinin bir ilçesidir. Burada yaklaşık 40°58-40°44" kuzey enlemleri ile 40°10"-40°30" doğu boylamları arasında konumlanmaktadır. İlçenin komşularını oluşturan batısındaki Sürmene, güneyindeki Dernekpazarı ve güneydoğusundaki Hayrat, Trabzon iline bağlı ilçeler iken doğusundaki İyidere yerleşmesi Rize’ye bağlıdır (Şekil 1).

Of ilçesinin son yıllarda afet sayıları incelendiğinde heyelan sayısının ve burada yaşayan insanlara olan etkisinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 2). Hatta son yıllarda Trabzon ilinde en çok heyelan afetine maruz kalan ve en çok insanın etkilendiği ilçenin Of olduğu görülmektedir (Tablo 1). Trabzon’da 1927 yılından bu yana ölümle sonuçlanan toplam 26 tane (4 tanesi Of ve yakın çevresinde) heyelan afeti gerçekleşmiş ve toplamda 387 ha alan bu heyelanlardan etkilenmiştir (AFAD, 2021). Bunlardan günümüze en yakın ve büyük heyelan 2020 yılında Of’ta yaşanan heyelan afetidir. (Şekil 3). Bu felakette seyir halindeyken otomobilinde 1 kişi hayatını kaybetmiş, toplamda 7 kişi yapılarla mahsur kalmış ve 20 kişi de çeşitli yerlerden tahliye edilmek zorunda kalmıştır.

Of ilçesinde son dönemlerde etkili olan bu heyelanlar aslında yeni değildir. Tarihin birçok döneminde ilçede şiddetli heyelanlar meydana gelmiş ve birçok can ve mal kaybına sebep olmuştur. Bunlardan en önemlisi 1929 yılında Of-Sürmene arasında gerçekleşen heyelan afetidir. Bu afette Sürmene’de 12 kişi, Of’ta ise 134 kişi hayatını kaybetmiş ve 2211 bina yıkılmıştır. Of ilçesinin yanı sıra Trabzon’da Çaykara, Hayrat ve Maçka afet sayısı ve hasar gören yapı bakımından ilk sıralarda yer alan ilçelerdir (Filiz ve Avcı, 2013), (Tablo 1).



Şekil 1. Of (Trabzon) İlçesi Lokasyon Haritası



Şekil 2. AFAD heyelan yoğunluğu (solda) ve afet sayısı (sağda) haritaları (URL 1)

Tablo 1. Trabzon'da son yıllarda meydana gelen heyelanlar ve etkilenme durumu (Filiz ve Avcı, 2013).

İlçe Adı	Merkez	Akçaabat	Araçlı	Çaykara	Çarşıbaşı	Dernekpazarı	Düzköy	Hayrat	Köprübaşı	Maçka	Of	Sürmene	Tonya	Vakfikebir	Yomra
Heyelan Sayısı	8	8	7	24	1	4	4	48	2	12	48	2	7	2	1
Heyelan Etkilenen Ev Sayısı	33	32	40	59	1	49	18	109	4	37	126	6	41	4	1



Şekil 3. Trabzon Of ilçesinde 2020 yılında meydana gelen ve bir kişinin hayatını kaybettiği heyelan afetinin drone görüntüsü (URL 4)

2.2. Metodoloji

Bu çalışmada, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak heyelan riski haritaları oluşturulmuştur. AHP, karar verme problemlerinin karmaşıklığını azaltmak için kullanılan bir çok kriterli karar verme yöntemidir. AHP yöntemi, karar verme problemini bir hiyerarşik yapıya dönüştürür ve her kriterin önem derecesini belirler. AHP yöntemi, heyelan riski haritalarının oluşturulmasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

AHP yönteminde, öncelikle karar probleminin hiyerarşik bir yapısı oluşturulur. Hiyerarşik yapı, karar problemini oluşturan alt problemleri ve bu alt problemleri etkileyen faktörleri içerir. Ardından, her faktörün önemi belirlenir. Faktörlerin önemi, uzman görüşü veya anket yoluyla belirlenebilir. Son olarak, faktörlerin önemleri kullanılarak karar problemine en uygun çözüm belirlenir (Saaty, 1988).

Bu çalışmada, heyelan riskinin değerlendirilmesi için kullanılan hiyerarşik yapı aşağıdaki gibidir:
Karar problemi: Heyelan riskinin değerlendirilmesi

Alt problemler: Heyelan riskini etkileyen faktörler

Faktörler: Bu çalışmada, heyelan riski haritalarının oluşturulmasında kullanılan kriterler şunlardır: Eğim, yağış, eğim şekli, litoloji, bakı, toprak, yükseklik, arazi kullanımı, NDVI, akarsulara mesafe, yollara mesafedir.

Bu kriterler, literatürdeki çalışmalar ve uzman görüşü dikkate alınarak seçilmiştir. AHP yöntemi kullanılarak her kriterin önem derecesi belirlenmiştir. Kriterlerin önem dereceleri, yine uzmanların görüşlerine dayanarak belirlenmiştir.

AHP yöntemi kullanılarak belirlenen kriterlerin önem dereceleri, heyelan riski haritalarının oluşturulmasında kullanılmıştır. Heyelan riski haritaları, ArcGIS yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur (Saatcioğlu ve Arslan, 2016; Ulutaş ve Güler, 2017). Analizde kullanılan haritaların oluşturulmasında kullanılan diğer yöntemler mükerrer yazım olmaması için ilgili başlık altında açıklanmıştır.

3.BULGULAR

Bu bölümde, çalışma alanında heyelana neden olan parametreler değerlendirilmiş ve heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir. Değerlendirmelerde bölgeye ait eğim, litoloji, bakı, topografik yükseklik, büyük toprak grupları, akarsulara ve yollara uzaklık, yağış, normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI), arazi eğim şekli ve arazi kullanımı parametreleri dikkate alınmıştır. Tüm bu parametreler kullanılarak SCB Associates şirketinin yazılımı ile oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi aracılığıyla önem dereceleri belirlenerek çarpan değerleri ortaya konmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Heyelan Duyarlılık Analizi tüm parametrelerin ikili karşılaştırma matrisi ve normalleştirilmiş çarpan ağırlıkları (SCB Associates, 2023).

Kriterler	Heyelan Duyarlılığı İkili Karşılaştırma Matrisi												Ağırlık	Ağırlık %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1.Eğim	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	9	0,268	26,80	
2.Yağış	1/2	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	0,2	20,00	
3.Eğim Şekli	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	7	8	0,148	14,80	
4.Litoloji	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	7	0,11	11,00	
5.Bakı	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	0,082	8,20	
6.Toprak	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	0,06	6,00	
7.Yükseklik	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	0,044	4,40	
8.Arazi Kullanımı	1/7	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	0,032	3,20	
9.NDVI	1/8	1/7	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	0,024	2,40	
10.Akarsulara Mesafe	1/9	1/8	1/7	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	0,017	1,70	
11.Yollara Mesafe	1/9	1/9	1/8	1/7	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	0,014	1,40	

İkili karşılaştırma matrisinde kullanılan karşılaştırma değerleri, literatürdeki farklı çalışmalardan elde edilen değerler ve çalışma alanının kendi hususi özellikleri dikkate alınarak elde edilmiştir. Burada kullanılan önem derecesi skalasında 1 rakamı eşit derecede önem arz ederken rakam büyüdükçe önem derecesi artmaktadır. Kesirli sayılara doğru ilerledikçe de önem derecesi azalmaktadır (Tablo 2). Tüm bu değerler yazılıma girilerek AHP analizinde kullanılacak olan çarpan değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4 A). Bunlar aynı zamanda hangi parametrenin ne kadar öneme sahip olduğunu ve heyelanın oluşumunda ne kadar yüzdelik pay içerdiğini göstermektedir. Burada Equal importance ile belirtilen bölüm eşit öneme sahip olduğunu belirtir ve eğer böyleyse 1 değeri verilir. Parametreler arasındaki önem derecesi azaldıkça tablonun üstündeki değerler verilir. Hafif şekilde az önemli (moderately), güçlü şekilde az önemli (strongly), çok güçlü şekilde az önemli (very strongly) ve aşırı şekilde az önemli (extremely) olmasına göre parametre karşısındaki kesirli değer belirlenir. Aynı şekilde daha önemli olması durumunda da tablonun altına doğru 1'den büyük değerler verilir. Burada değerlerin girilmesinden sonra ikili matrislerin birbirlerine göre tutarlılığı %92 ile kabul edilebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Yapılan ikili matris puanlamasının uygun olduğunu belirlemek için Consistency Check (tutarlılık kontrolü) bölümünde %10 ve altında değer alması gerekmektedir.

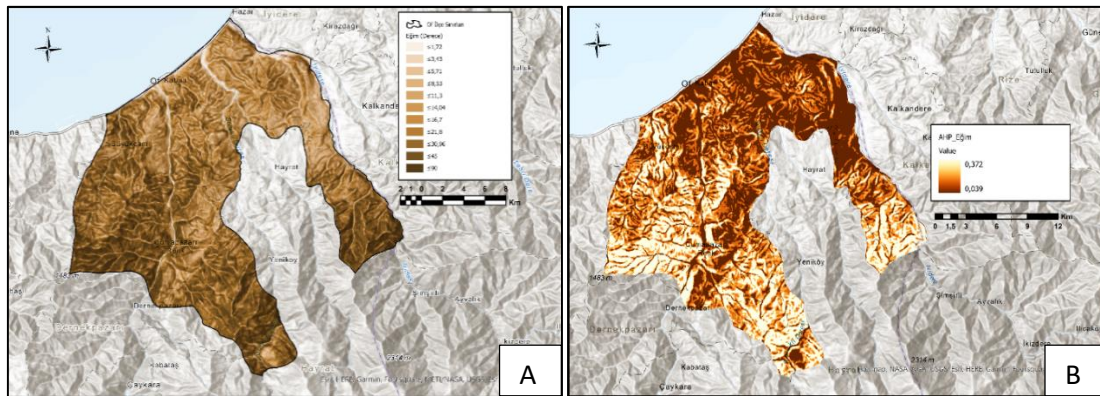
Tüm bu değerler ayrı ayrı her bir parametrenin kendi içindeki kategorilerde de uygulanarak AHP çarpan sayıları elde edilmiş ve tüm bunlar ArcMAP Pro yazılımında Ağırlıklı Toplam (Weighted Sum) aracı ile bir araya getirilerek Of ilçesinin heyelan risk analizi haritası oluşturulmuştur. Parametre değerleri Tablo 2'deki heyelan duyarlılık analizindeki sıralamaya göre (1- Eğim, 2- Yağış, 3- Eğim Şekli, 4- Litoloji, 5- Bakı, 6- BTG, 7- Yükseklik, 8- Arazi Kullanımı, 9- NDVI, 10- Akarsulara Uzaklık, 11- Yollara Uzaklık) numaralar verilmiştir. Buna göre heyelan riskini en yüksek etkileyen parametre olan eğim faktörü 0,268 çarpan değeriyle %26,8'lik bir etki faktörüne sahip olurken en düşük etkileyen faktör 0,014 çarpan değeri ve %1,4 etki oranı ile akarsulara uzaklık parametresi olmuştur (Şekil 4B).

A		B			
Analistik hiyerarşi şablonu: n=	11	AHP		Doğruluk Kontrolü	
Temel ölçek (Satır v Sütun)		1	0,268	26,8%	Uygunluk 92%
Son derece az önemli	1/9	2	0,200	20,0%	
	1/8	3	0,148	14,8%	
Çok kuvvetle daha az önemli	1/7	4	0,110	11,0%	
	1/6	5	0,082	8,2%	
Az önemli	1/5	6	0,060	6,0%	
	1/4	7	0,044	4,4%	
Çok az önemli	1/3	8	0,032	3,2%	
	1/2	9	0,024	2,4%	
Eşit önemli	1	10	0,017	1,7%	
	2	11	0,014	1,4%	
Orta dereceli daha önemli	3				
	4				
Daha önemli	5				
	6				
Çok güçlü bir şekilde daha önemli	7				
	8				
Son derece fazla önemli	9				

Şekil 4. A) AHP İkili karşılaştırma matrisi önem dereceleri B) Tüm parametrelere ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (URL 6).

3.1. Eğim Faktörü

Eğim faktörü hesaplanırken öncelikle ArcMap Pro yazılımı Slope aracı ile Of ilçesinin eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 5A-B). Bunun için Corine 25 m çözünürlüklü DEM verisi kullanılmıştır (URL2; URL 3). Oluşturulan eğim haritasında 6 farklı kategoride eğim değerleri belirlenmiş (Şekil 5A-B) ve bunların ikili matrisleri SCB Associates yazılımı ile oluşturulmuştur.



Şekil 5. A) Of İlçesi eğim haritası B) AHP matrisi ile oluşturulan eğim etki değeri haritası.

Bunun sonucunda eğitim parametresinin kendi içindeki etki yüzdeleri ortaya konulmuştur. Buna göre ikili karşılaştırma matrisi (Pairwise Comparison Matrix) alanında 1'den 6'ya kadar olan eğitim aralıklarına aralarındaki ikili ilişkiye göre puan verilmiş ve Normalleştirilmiş ikili ilişki değeri bölümünde (Cw normalised) karşılıkları belirtilmiştir. Bu durum aralarındaki ilişkiye göre bütün parametrelere uygulanmış ve programdan alınan ekran görüntüleri ilgili bölüme eklenmiştir. Eğitim faktörü için 1 numara ile gösterilen ve eğitim değeri en yüksek olan yerler 0,372 değerini alarak %37,2 oranında etkili olurken, en düşük eğimli yerler olan 6 numaralı kategori ise 0,039 çarpan değeri ile %3,9 öneme sahip olmuştur (Tablo 3). Yine bu tabloların her biri için tutarlılık kontrolü (consistency check) yapılmış ve AHP değerleri ile tutarlılık oranı yan yana gösterilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı yazılımın hesaplamalarına göre %95 olmuştur (Tablo 4).

Tablo 3. Heyelan Duyarlılık Analizi eğitim parametresinin ikili karşılaştırma matrisi ve normalleştirilmiş çarpan değerleri (SCB Associates, 2023).

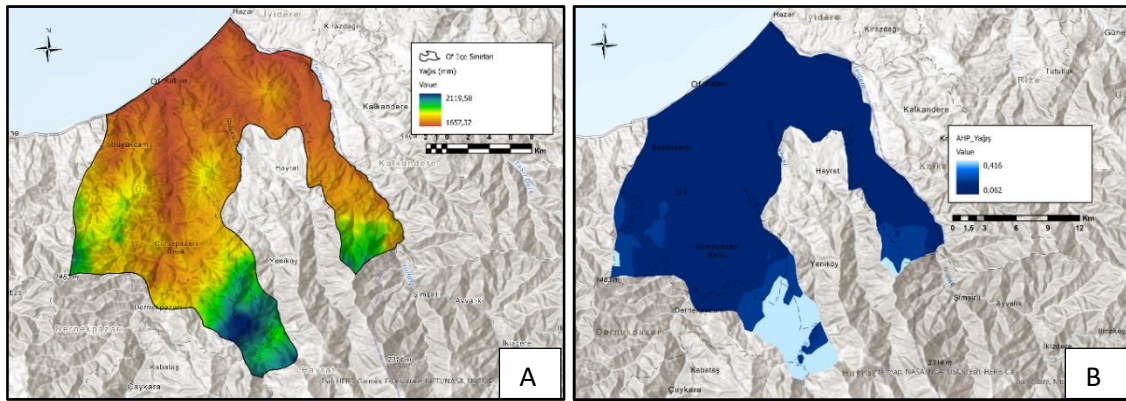
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	4	5	6
2	1/2	1	2	3	4	5
3	1/3	1/2	1	2	3	5
4	1/4	1/3	1/2	1	3	5
5	1/5	1/4	1/3	1/3	1	2
6	1/6	1/5	1/5	1/5	1/2	1
1	0,408163265	0,46692607	0,426540284	0,379746835	0,303030303	0,25
2	0,204081633	0,233463035	0,28436019	0,284810127	0,242424242	0,208333333
3	0,136054422	0,116731518	0,142180095	0,189873418	0,181818182	0,208333333
4	0,102040816	0,077821012	0,071090047	0,094936709	0,181818182	0,208333333
5	0,081632653	0,058365759	0,047393365	0,03164557	0,060606061	0,083333333
6	0,068027211	0,046692607	0,028436019	0,018987342	0,03030303	0,041666667

Tablo 4. Eğitim parametresine ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (SCB Associates, 2023).

	AHP		Doğruluk Kontrolü
1	0,372	37,2%	Uygunluk 95%
2	0,243	24,3%	
3	0,162	16,2%	
4	0,123	12,3%	
5	0,060	6,0%	
6	0,039	3,9%	

3.2. Yağış Faktörü

Heyelan riskini etkileyen ikinci en önemli parametre ise yağış olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı ve yakın çevresinde bulunan istasyonlardan elde edilen yağış verilerine, ArcMap Pro yazılımı ile Schreiber formülü uygulanarak yağış haritası hazırlanmıştır (Schreiber, 1904), (Şekil 6 A-B). Yağış haritasından elde edilen veriler sayısallaştırıldıktan sonra Reclassify aracı ile 6 kategoriye ayrılmıştır. Bunun sonucunda yağış parametresinin kendi içindeki etki yüzdeleri ortaya konmuştur. Buna göre en çok yağış aralığındaki 1. kategorideki alanlar 0,406 değeriyle %40,6 oranında etkili olurken, en az yağış değeri aralığındaki 6. kategoride yer alan sahalar 0,044 çarpan değeriyle %4,4 olarak heyelana etki etmiştir. Matrisin tutarlılık oranı yazılımın hesaplamalarına göre %98 olmuştur (Tablo 5 ve 6).



Şekil 6.A) Of İlçesi yağış haritası. B) AHP matrisi ile oluşturulan yağış etki değeri haritası

Tablo 5: Heyelan Duyarlılık Analizi yağış parametresinin ikili karşılaştırma matrisi ve normalleştirilmiş çarpan değerleri (SCB Associates, 2023).

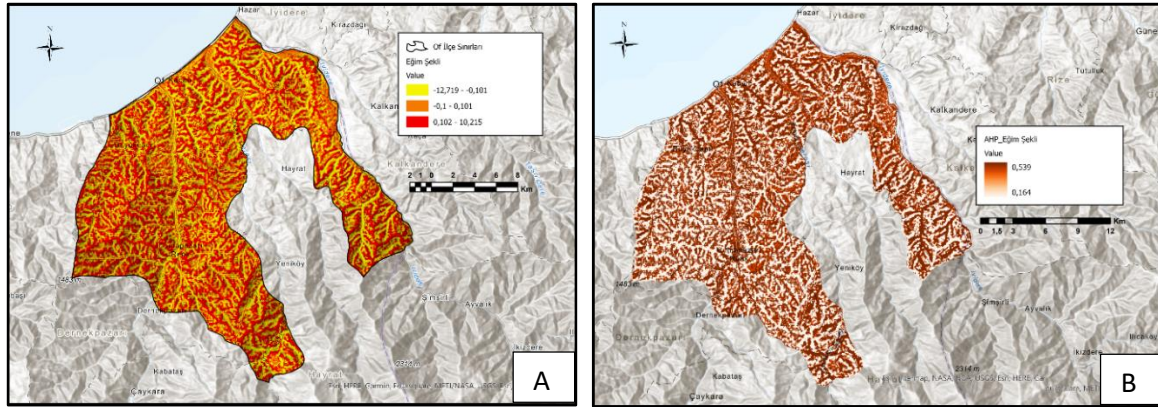
<a	1 En Çok (2119 mm)	2	3	4	5	6 En Az (1657 mm)
1 En Çok (2119 mm)	1	2	3	4	5	6
2	1/2	1	2	3	4	5
3	1/3	1/2	1	2	3	4
4	1/4	1/3	1/2	1	2	3
5	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2
6 En Az (1657 mm)	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1
1	0,437956204	0,489795918	0,43902439	0,380952381	0,333333333	0,489796
2	0,218978102	0,244897959	0,292682927	0,285714286	0,266666667	0,244898
3	0,145985401	0,12244898	0,146341463	0,19047619	0,2	0,122449
4	0,109489051	0,081632653	0,073170732	0,095238095	0,133333333	0,081633
5	0,087591241	0,06122449	0,048780488	0,047619048	0,066666667	0,061224
6	0,06122449	0,048780488	0,06122449	0,066666667	0,047619048	0,047619

Tablo 6. Yağış parametresine ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (SCB Associates, 2023).

	AHP	Doğruluk Kontrolü
1	0,406 40,6%	Uygunluk 98%
2	0,212 21,2%	
3	0,151 15,1%	
4	0,089 8,9%	
5	0,058 5,8%	
6	0,044 4,4%	

3.3. Eğim Şekli Faktörü

Çalışma alanında heyelana etkisi bakımından üçüncü sırada eğim şekli faktörü gelmektedir. Bu faktörün etki derecesini hesaplamak için öncelikle 25 m çözünürlüklü DEM verisi kullanılarak ArcMap PRO yazılımında Curvature aracı ile eğim şekli haritası oluşturulmuştur (Şekil 7 A). Bu haritada içbükey, dışbükey ve düz analar arasındaki ilişkiler ve bunların heyelana etkisi ortaya konmuştur (Şekil 7 B). Bunun sonucunda eğim şekli parametresinin kendi içindeki etki yüzdeleri hesaplanmıştır. İçbükey olarak tanımlanan alanlar çalışma alanında 0,539 çarpan oranıyla %53,9 oranında heyelana etki ederken, dışbükey alanlar 0,279 çarpanıyla %29,7, düz alanlar ise 0,164 çarpanıyla %16,4 etkiye sahip olmuştur. Matrisin tutarlılık oranı yazılımın hesaplamalarına göre %99 olmuştur (Tablo 7 ve 8).



Şekil 7.A) Of İlçesi eğim şekli haritası. B) AHP matrisi ile oluşturulan eğim şekli etki değeri haritası.

Tablo 7. Heyelan Duyarlılık Analizi eğim şekli parametresinin ikili karşılaştırma matrisi ve normleştirilmiş çarpan değerleri (SCB Associates, 2023).

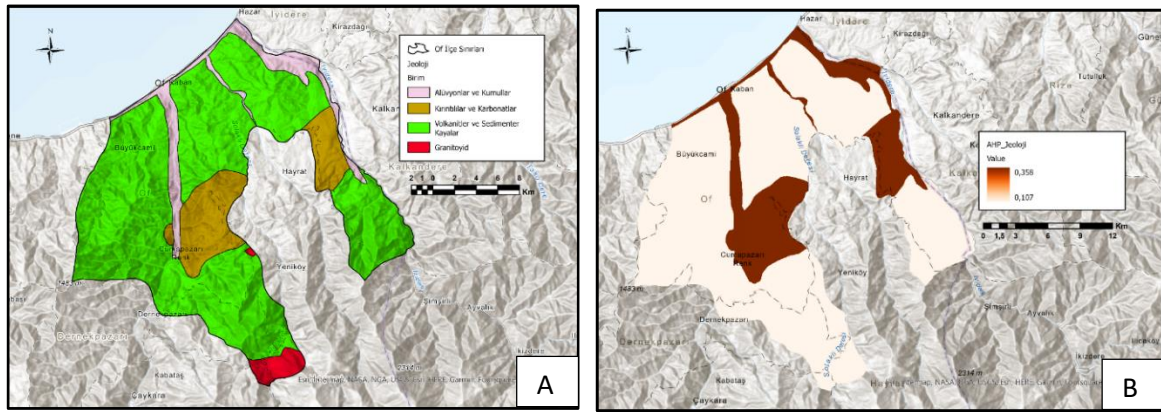
	1 En Çok (İçbükey)	2	3 (Dışbükey)
1 En Çok (İçbükey)	1	2	3
2 (Düz)	1/2	1	2
3 (Dışbükey)	1/3	1/2	1
1	0,545454545	0,571428571	0,5
2	0,272727273	0,285714286	0,333333333
3	0,181818182	0,142857143	0,166666667

Tablo 8. Eğim şekli parametresine ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (SCB Associates, 2023).

	AHP		Doğruluk Kontrolü
1	0,539	53,9%	Uygunluk 99%
2	0,297	29,7%	
3	0,164	16,4%	

3.4. Litoloji Faktörü

Sahadaki çok çeşitli litolojik birimler ve bu farklı farklı formasyonların kütle hareketlerine vereceği muhtemel farklı direnç dereceleri çalışma alanında heyelanın etki derecesini değiştirmektedir. Çalışma alanındaki litolojik birimlerin belirlenmesinde MTA portal platformu kullanılmıştır. Buradan Geojson formatında ve 1/100000 ölçekle indirilen jeolojik birimler ArcMap Pro yazılımı ile sayısallaştırılmış ve litoloji haritası elde edilmiştir (Şekil 8 A). Bu haritada 4 farklı birim tespit edilmiş ve bunların etki derecelerine göre AHP haritası oluşturulmuştur (Şekil 8 B). Bunun sonucunda litoloji faktörünün kendi içindeki etki yüzdeleri ortaya konmuştur. Buna göre çalışma alanında alüvyonlar ve kumulların dağıldığı sahaların 0,574 çarpan oranıyla %57,4'lük bir oran ile heyelana en yüksek derecede sebep olduğu, granodiyorit formasyonunun ise 0,077 çarpan değeri ve %7,7 oranıyla en az etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı yazılımın hesaplamalarına göre %98 olmuştur (Tablo 9 ve 10).



Şekil 8.A) Of İlçesi jeoloji haritası. B) AHP matrisi ile oluşturulan litoloji faktörü etki değeri haritası.

Tablo 9. Heyelan Duyarlılık Analizi litoloji parametresinin ikili karşılaştırma matrisi ve normalleştirilmiş çarpan değerleri (SCB Associates, 2023).

	1 Alüvyonlar ve Kumullar	2 Kırıntılar ve Karbonatlar	3 Volkanitler ve Sedimenter Kayalar	4 Granitoid
1 (Alüvyonlar ve Kumullar)	1	3	5	6
2 (Kırıntılar ve Karbonatlar)	1/3	1	2	3
3 (Volkanitler ve Sedimenter Kayalar)	1/5	1/2	1	2
4 (Granitoid)	1/6	1/3	1/2	1
1	0,588235294	0,620689655	0,588235294	0,5
2	0,196078431	0,206896552	0,235294118	0,25
3	0,117647059	0,103448276	0,117647059	0,166666667
4	0,098039216	0,068965517	0,058823529	0,083333333

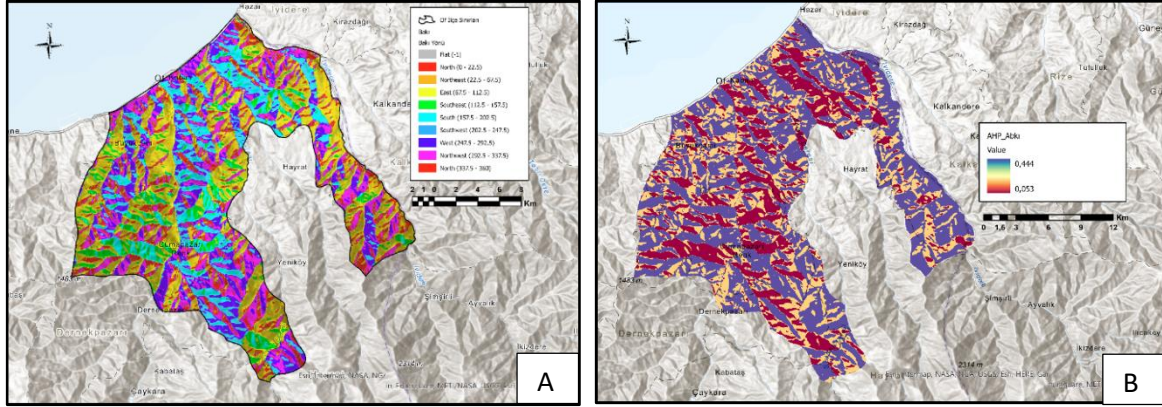
Tablo 10. Litoloji parametresine ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (SCB Associates, 2023).

	AHP	Doğruluk Kontrolü
1	0,574	57,4%
2	0,222	22,2%
3	0,126	12,6%
4	0,077	7,7%
		Uygunluk 98%

3.5. Bakı Faktörü

Heyelana etki eden etmenlerden biri olan bakı faktörünün etki derecesini ortaya koymak için DEM verisinden faydalanarak ArcMap Pro yazılımı Aspect aracı ile çalışma sahasının bakı haritası hazırlanmıştır (Şekil 9 A). Bakı faktöründe kuzey yamaçların denizden gelen nemli etkiye sahip olup daha fazla yağış alması ve güneşlenme süresinin az olmasından dolayı suya daha doygun olması gibi özelliklerinden dolayı heyelana etkisinin daha fazla olacağı düşünülmüştür. Bunun sonucunda bakı faktörünün kendi içindeki etki yüzdeleri ortaya konulmuştur (Şekil 9 B). Oluşturulan matriste kuzey yamaçların 0,444 çarpan değeriyle heyelana etkisi %44,4 olurken, tam tersi sebeplerden ötürü güney yamaçların çarpan etkisi 0,89 ile %8,9 olarak hesaplanmıştır. Matrisin tutarlılık oranı yazılımın hesaplamalarına göre %99 olmuştur (Tablo 11 ve 12).

Analistik Hiyerarşi Süreci (AHS) Metodu İle Of İlçesi'nde (Trabzon) Heyelan Risk Duyarlılığı Analizi



Şekil 9.A) Of İlçesi baki haritası. B) AHP matrisi ile oluşturulan baki faktörü etki değeri haritası

Tablo 11. Heyelan Duyarlılık Analizi baki parametresinin ikili karşılaştırma matrisi ve normalleştirilmiş çarpan değerleri (SCB Associates, 2023).

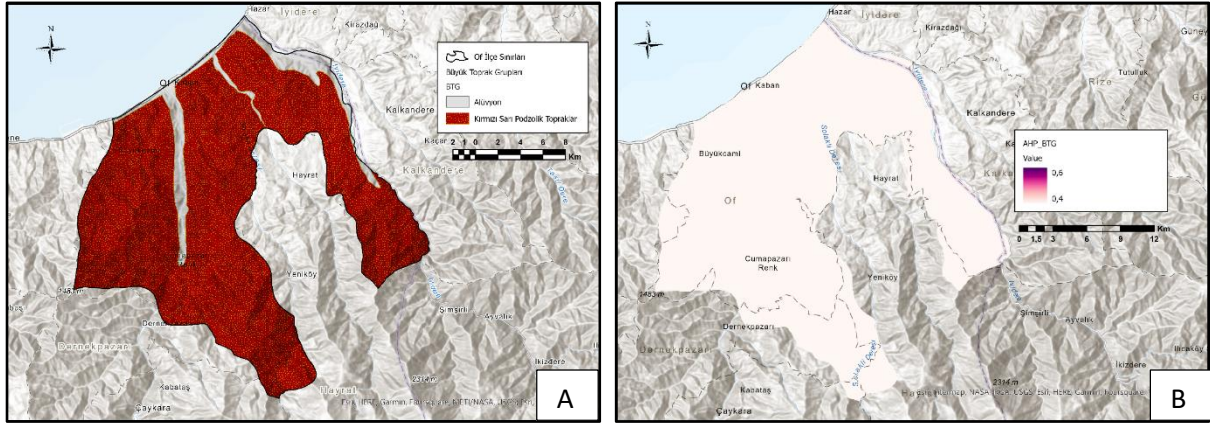
	1 Kuzey	2 Kuzeydoğu-Kuzeybatı	3 Doğu-Batı	4 Güney
1 (Kuzey)	1	2	3	5
2 (Kuzeydoğu-Kuzeybatı)	1/2	1	2	3
3 (Doğu-Batı)	1/3	1/2	1	2
4 (Güney)	1/5	1/3	1/2	1
1	0,491803279	0,52173913	0,461538462	0,454545455
2	0,245901639	0,260869565	0,307692308	0,272727273
3	0,163934426	0,130434783	0,153846154	0,181818182
4	0,098360656	0,086956522	0,076923077	0,090909091

Tablo 12. Baki parametresine ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (SCB Associates, 2023).

	AHP		Doğruluk Kontrolü
1	0,444	44,4%	
2	0,262	26,2%	
3	0,153	15,3%	
4	0,089	8,9%	
5	0,053	5,3%	

3.6. Büyük Toprak Grupları (BTG) Faktörü

Büyük toprak grupları (BTG) ya da toprak çeşitleri, çalışma sahasında heyelanın oluşmasında farklı çeşitlerde etki etmektedir. Özellikle alüvyonlar gibi taşınmış ve gevşek yapıdaki topraklar kütle hareketlerine karşı daha az dirençlidir. Bu sebeple heyelan riski bu tarz topraklarda daha fazladır. Çalışma alanında Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan alınan veriler Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Atlas web uygulaması ile sayısallaştırılmış ve buna göre incelendiğine alüvyal topraklar ve kırmızı sarı podzolik toprakların hâkim durumda olduğu görülmüştür. Yer yer gri kahverengi podzolik ve kahverengi orman toprakları yayılsa da bunların kapladığı alan önemsizdir ve diğer topraklar şeklinde sınıflandırılmıştır (URL 7).



Şekil 10. A) Of İlçesi BTG haritası. B) AHP matrisi ile oluşturulan BTG faktörü etki değeri haritası

Elde edilen BTG haritası bu üç kategoriye göre AHP analizine sokulmuş ve BTG faktörünün kendi içindeki etki yüzdeleri ortaya konulmuştur (Şekil 10 A-B). Buna göre alüvyon topraklar 0,623 etki çarpanıyla %62,3 etkiye sahipken, kırmızı sarı podzolik topraklar 0,239 çarpanıyla %23,9, diğer topraklar ise 0,137 çarpanıyla %13,7 etkiye sahip olmuştur. Matrisin tutarlılık oranı yazılımın hesaplamalarına göre %98 olmuştur (Tablo 13 ve 14).

Tablo 13. Heyelan Duyarlılık Analizi BTG parametresinin ikili karşılaştırma matrisi ve normalleştirilmiş çarpan değerleri (SCB Associates, 2023).

	1 Alüvyon	2 Kırmızı Sarı Podzolik	3 Diğer
1 (Alüvyon)	1	3	4
2 (Kırmızı -Sarı Podzolik)	1/3	1	2
3 (Diğer)	1/4	1/2	1

1	0,631578947	0,666666667	0,571428571
2	0,210526316	0,222222222	0,285714286
3	0,157894737	0,111111111	0,142857143

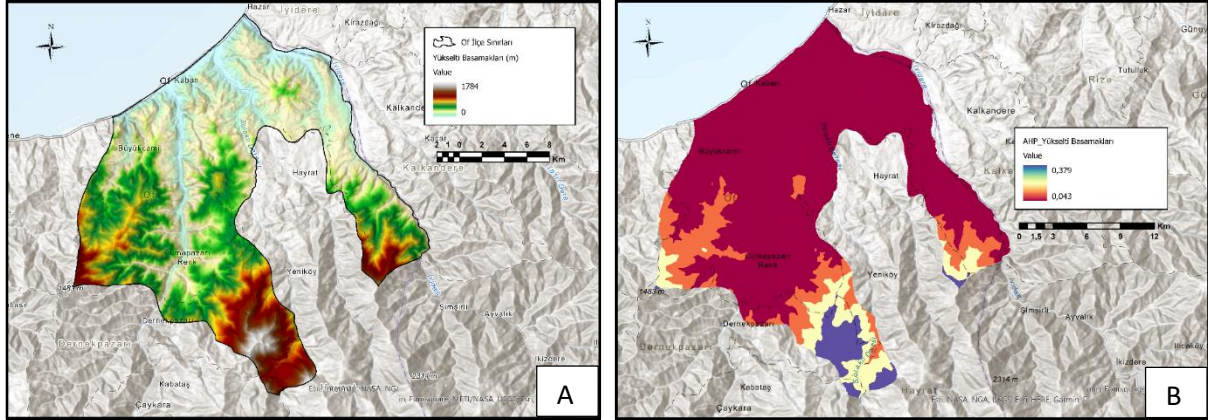
Tablo 14. BTG parametresine ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (SCB Associates, 2023).

	AHP		Doğruluk Kontrolü
1	0,623	62,3%	Uygunluk 98%
2	0,239	23,9%	
3	0,137	13,7%	

3.7. Yükselti Faktörü

Yükselti faktörü bir taraftan yağışı ve sıcaklığı etkilemesi diğer taraftan eğimle birlikte yerçekimine etki etmesi ve kütle hareketlerini kolaylaştırması bakımından heyelan üzerinde dolaylı etkilere sahiptir. Bu bakımdan çalışma alanındaki yükselti basamakları diğer sayısal bölümlenmelerde olduğu gibi 6 bölümde incelenmiştir. Bunun için 25 m çözünürlüklü DEM verisi Reclassify aracı ile 6 parçaya ayrılmıştır (Şekil 11 A). Yükselti arttıkça parametrenin heyelan üzerinde daha fazla etkili olduğu tespit edilmiş ve buna göre ikili matris oluşturulmuştur. Bunun sonucunda yükselti faktörünün kendi içindeki etki yüzdeleri ortaya konmuştur (Şekil 11 B). Buna göre en yüksek kategoride yer alan yerler 0,379 çarpan değeri ve %37,9 oranıyla heyelan üzerinde en fazla etkiye sahipken, en düşük yükseltiye sahip kategoride yer alan yerler ise 0,043 çarpan değeri ve %4,3 oranıyla en düşük değere sahiptir. Matrisin tutarlılık oranı yazılımın hesaplamalarına göre %97 olmuştur (Tablo 15 ve 16).

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Metodu İle Of İlçesi'nde (Trabzon) Heyelan Risk Duyarlılığı Analizi



Şekil 11.A) Of İlçesi yükselti haritası. B) AHP matrisi ile oluşturulan yükselti faktörü etki değeri haritası.

Tablo 15. Heyelan Duyarlılık Analizi yükselti parametresinin ikili karşılaştırma matrisi ve normalleştirilmiş çarpan değerleri (SCB Associates, 2023).

	1 (En yüksek)	2	3	4	5	6 (En Düşük)
1 (En yüksek)	1	2	3	4	5	6
2	1/2	1	2	3	4	5
3	1/3	1/2	1	2	3	4
4	1/4	1/3	1/2	1	2	3
5	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2
6 (En Düşük)	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1

1	0,408163265	0,46692607	0,423529412	0,369230769	0,322580645	0,285714286
2	0,204081633	0,233463035	0,282352941	0,276923077	0,258064516	0,238095238
3	0,136054422	0,116731518	0,141176471	0,184615385	0,193548387	0,19047619
4	0,102040816	0,077821012	0,070588235	0,092307692	0,129032258	0,142857143
5	0,081632653	0,058365759	0,047058824	0,046153846	0,064516129	0,095238095
6	0,068027211	0,046692607	0,035294118	0,030769231	0,032258065	0,047619048

Tablo 16. Yükselti parametresine ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (SCB Associates, 2023).

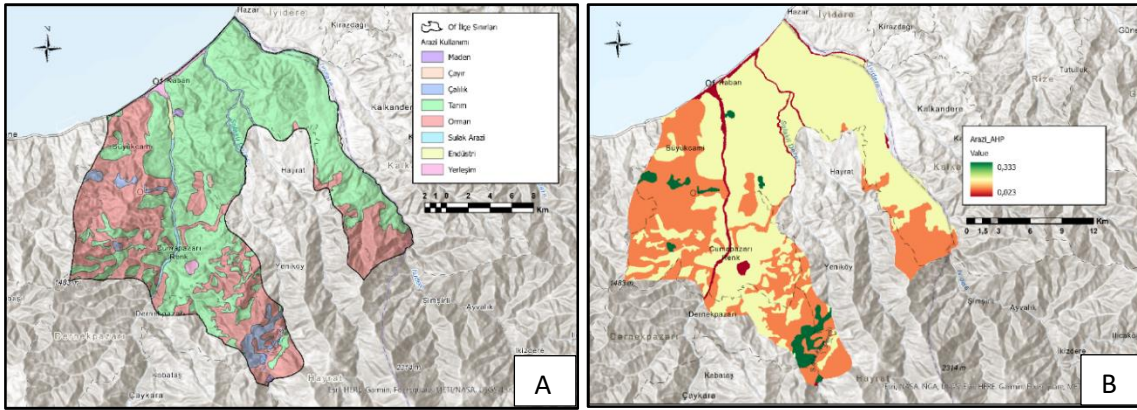
	AHP		Doğruluk Kontrolü
1	0,379	37,9%	Uygunluk 97%
2	0,249	24,9%	
3	0,160	16,0%	
4	0,102	10,2%	
5	0,065	6,5%	
6	0,043	4,3%	

3.8. Arazi Kullanımı Faktörü

Arazi kullanımı durumu da heyelanı etkileyen başka bir faktördür. Bu faktör de doğrudan veya dolaylı olarak heyelan üzerinde etkiler göstermektedir. Burada birçok doğrudan ve dolaylı etkiler söz konusu olduğu için genel bilgiler kullanılarak değerlendirmeye gitmek daha doğru olacaktır. Çalışma sahasında yerleşme alanları ve endüstriyel alanlar halihazırda kurulu yapılarından dolayı kütle hareketlerini engellemekte ve heyelan afetinin gerçekleşme ihtimalinin oldukça düşük olduğu alanlardır. Buralar ancak heyelan etkilenen alanlar olabilir. Ayrıca orman alanları da diğer faktörler el verse de torağı kök sistemleri ile tutması bakımından orta riskli alanlar olarak kabul

edilmiştir. Bu sebeple risk faktörü en fazla olan alanlar maden sahaları ile çayır ve çalılık gibi yağışın yüksek toprağın suya daha doygun ve kütle hareketine elverişli olabileceği dik eğimli sahalardır. Bu bakımdan arazide bu alanlar AHP analizi haritasında yüksek değerler göstermişlerdir (Şekil 12 A-B).

Bu faktörler göz önüne alındığında ikili matris oluşturulmuş ve bunun sonucunda arazi kullanımı faktörünün kendi içindeki etki yüzdeleri ortaya konmuştur. Buna göre maden sahaları 0,333 çarpan değeri ve %33,3 oranı ile heyelana en fazla etki eden alanlar olmuştur. Yerleşme alanları ise 0,023 çarpan değeri ve %2,3 oranı ile heyelana etkisi en düşük alan olmuştur. Matrisin tutarlılık oranı yazılımın hesaplamalarına göre %96 olmuştur (Tablo 17 ve 18).



Şekil 12.A) Of İlçesi arazi kullanımı haritası (Copernicus, Corine Lve Cover, 2023). B) AHP matrisi ile oluşturulan arazi kullanımı faktörü etki değeri haritası.

Tablo 17. Heyelan Duyarlılık Analizi arazi kullanımı parametresinin ikili karşılaştırma matrisi ve normalleştirilmiş çarpan değerleri (SCB Associates, 2023).

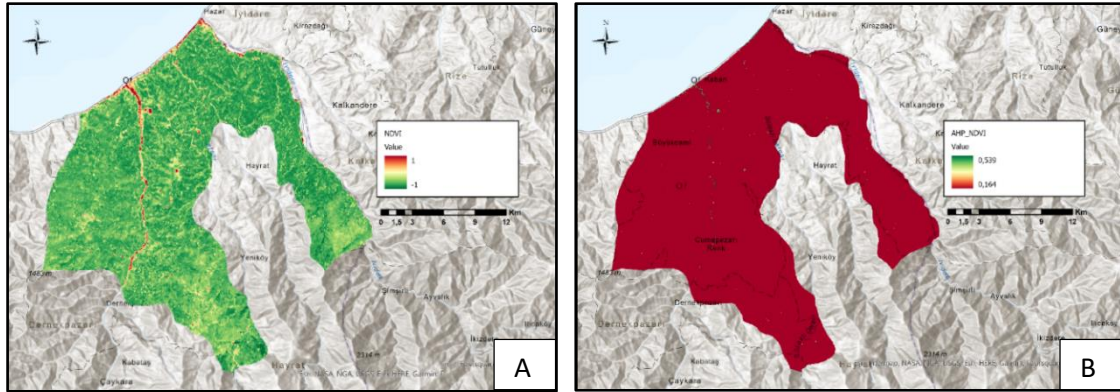
	Maden	Çayır	Çalılık	Tarım	Orman	Sulak	Endüstri	Yerleşme
Maden	1	2	3	4	5	7	8	8
Çayır	1/2	1	2	3	4	5	7	8
Çalılık	1/3	1/2	1	2	3	4	5	7
Tarım	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5
Orman	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4
Sulak	1/7	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3
Endüstri	1/8	1/7	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2
Yerleşme	1/8	1/8	1/7	1/5	1/4	1/3	1/2	1
	0,37366548	0,339445462	0,403975633	0,35450517	0,310880829	0,306569343	0,262295082	0,210526316
	0,18683274	0,219722731	0,269317089	0,265878877	0,248704663	0,218978102	0,229508197	0,210526316
	0,12455516	0,109861365	0,134658544	0,199252585	0,186528497	0,175182482	0,163934426	0,184210526
	0,09341637	0,07324091	0,067329272	0,088626292	0,124352332	0,131386861	0,131147541	0,131578947
	0,074733096	0,054930683	0,044886181	0,944313146	0,062176166	0,087591241	0,098360656	0,105263158
	0,053380783	0,043944546	0,033664636	0,029542097	0,031088083	0,04379562	0,06557377	0,078947368
	0,046708185	0,031388962	0,026931709	0,922156573	0,020725389	0,02189781	0,032786885	0,052631579
	0,046708185	0,027463341	0,019236935	0,017725258	0,015544041	0,01459854	0,016393443	0,026315789

Tablo 18. Arazi kullanımı parametresine ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (SCB Associates, 2023).

	AHP			AHP		Doğruluk Kontrolü
1	0,333	33,3%	5	0,072	7,2%	
2	0,231	23,1%	6	0,047	4,7%	
3	0,157	15,7%	7	0,032	3,2%	
4	0,105	10,5%	8	0,023	2,3%	

3.9. NDVI (Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü Fark İndeksi) Faktörü

NDVI (Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü Fark İndeksi), bitki örtüsünün sağlık durumunu gösteren bir parametredir. Heyelan afetinin, diğer faktörler eşitse bitki örtüsünün gür ve yoğun olduğu yerlerde daha az etkili olduğu bilinmektedir. Bu bakımdan bitki örtüsünün seyrek veya sağlıklı olduğu yerlerde heyelan olma ihtimalinin artacağı düşünülebilir. Ancak bitki örtüsünün sık ve sağlıklı olduğu yerler aynı zamanda yağışın daha fazla olduğu ve toprağın suya doymun olduğu sahalardır. Bu bakımdan bir tezatlık oluşmaması için NDVI analizinin etki değeri tüm parametreler arasında dokuzuncu sırada ve nispeten düşük çarpan değer ve etki yüzdesinde bırakılmıştır (Şekil 13 A-B).



Şekil 13.A) Of İlçesi NDVI analizi haritası. B). AHP matrisi ile oluşturulan NDVI faktörü etki değeri haritası

Bunun sonucunda NDVI faktörünün kendi içindeki etki yüzdeleri ortaya konmuştur. NDVI analizine göre -1 değerini alan bitki örtüsünden yoksun ya da sağlıklı bitki örtüsüne sahip yerler 0,623 çarpan değeri ve %62,3 oranı ile heyelan açısından en yüksek riske sahipken 1 değerini alan sağlıklı bitki örtüsüne sahip alanlar 0,137 çarpan değeri ve %13,7 etki oranıyla heyelan oluşumuna en az katkı sağlayan alanlardır. Matrisin tutarlılık oranı yazılımın hesaplamalarına göre %98 olmuştur (Tablo 19 ve 20).

Tablo 19. Heyelan Duyarlılık Analizi NDVI parametresinin ikili karşılaştırma matrisi ve normalleştirilmiş çarpan değerleri (SCB Associates, 2023).

	1	2	3
1	1	3	4
2	1/3	1	2
3	1/4	1/2	1
1	0,631578947	0,666666667	0,571428571
2	0,210526316	0,222222222	0,285714286
3	0,157894737	0,111111111	0,142857143

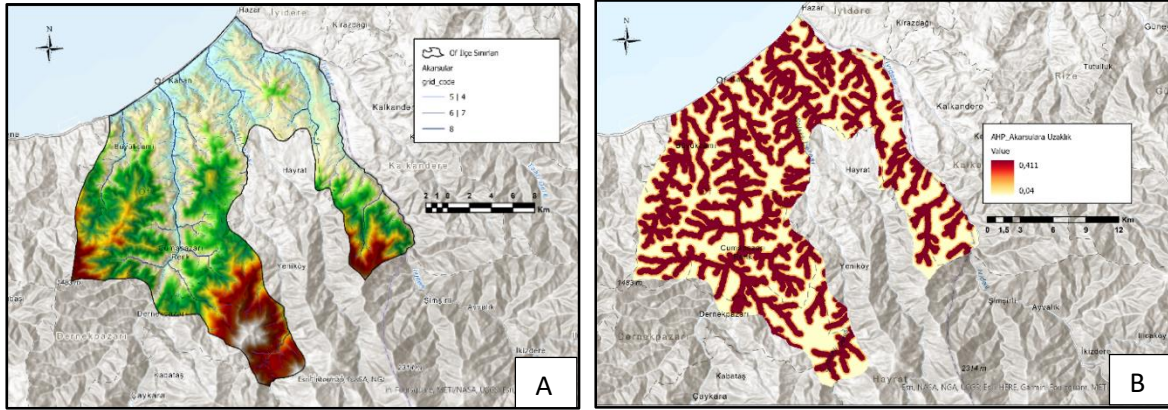
Tablo 20. NDVI parametresine ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (SCB Associates, 2023).

	AHP		Doğruluk Kontrolü
1	0,623	62,3%	Uygunluk
2	0,239	23,9%	98%
3	0,137	13,7%	

3.10. Akarsulara Yakınlık Faktörü

Akarsulara yakınlık faktörü de heyelan oluşumunu dolaylı yollarla etkileyen faktörlerden biridir. Akarsular bulunduğu alanın ve yakın çevresinin hem topografik yapısını hem de yakın çevresindeki toprağın suya doymunluğunu etkileyen etmenlerden biridir. Bazen dik eğimli bir yamacın dibini aşındırarak doğrudan kütle hareketlerine sebep olduğu da bilinmektedir. Bu

sebeplerle düşük etki değerinde de olsa heyelanı etkileyen faktörler içine alınmıştır. Bu sebeple öncelikle ArcMap Pro ile DEM verisinden yararlanarak Hydrology Tools aracı ile akarsu ağı haritası oluşturulmuştur. Bu ağa 100 m aralıklara Multiple Buffer aracı ile halkalar atılmış ve akarsuya yakınlığa göre 5 kategoride sınıflandırma yapılmıştır (Şekil 14 A-B). Bunun sonucunda akarsuya yakınlık faktörünün kendi içindeki etki yüzdeleri ortaya konmuştur. Buna göre 1 numaralı kategoride akarsulara en yakın olan bölümler 0,411 çarpan değeri ve %41,1 oranıyla en yüksek etki değerine sahiptir.



Şekil 14.A) Of İlçesi akarsu dağılışı haritası. B) AHP matrisi ile oluşturulan akarsulara yakınlık faktörü etki değeri haritası

Akarsuya 400 m ve daha uzak alanlar olan 5. kategori ise 0,040 çarpan değeri ve %4 oranıyla en az etkiye sahip alanlar olmuştur. Matrisin tutarlılık oranı yazılımın hesaplamalarına göre %94 olmuştur (Tablo 21 ve 22).

Tablo 21. Heyelan Duyarlılık Analizi akarsulara yakınlık parametresinin ikili karşılaştırma matrisi ve normleştirilmiş çarpan değerleri (SCB Associates, 2023).

	1 (100 m)	2 (200 m)	3 (300 m)	4 (400 m)	5 (400 m +)
1 (100 m)	1	2	3	5	7
2 (200 m)	1/2	1	3	5	7
3 (300 m)	1/3	1/3	1	3	5
4 (400 m)	1/5	1/5	1/3	1	3
5 (400 m +)	1/7	1/7	1/5	1/3	1
1	0,4595186	0,544041451	0,398230088	0,348837209	0,304347826
2	0,2297593	0,272020725	0,398230088	0,348837209	0,304347826
3	0,153172867	0,090673575	0,132743363	0,209302326	0,217391304
4	0,09190372	0,054404145	0,044247788	0,069767442	0,130434783
5	0,065645514	0,038860104	0,026548673	0,023255814	0,043478261

Tablo 22. Akarsulara yakınlık parametresine ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (SCB Associates, 2023).

	AHP	Doğruluk Kontrolü
1	0,411 41,1%	Uygunluk 94%
2	0,311 31,1%	
3	0,161 13,1%	
4	0,078 7,8%	
5	0,040 4,0%	

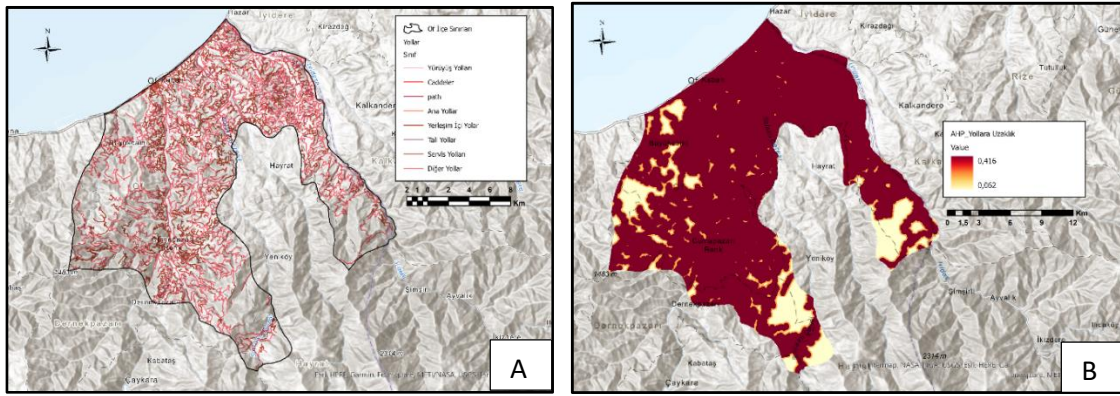
3.11. Yollara Yakınlık Faktörü

Yollara olan yakınlık da akarsuya yakınlığa benzer etkiler göstermektedir. Burada da yol açmaları ile topografik yapıya ve yamaç eğimine yapılan müdahaleler arazinin yapısını bozmakta ve kütle

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Metodu İle Of İlçesi'nde (Trabzon) Heyelan Risk Duyarlılığı Analizi

hareketlerine yol açmaktadır. Gerek Of ilçesi gerekse ülkemizin birçok yerinde kütle hareketlerinin ekseriyetle yollara yakın yerlerde gerçekleştiği, bu sebeple ulaşımın aksadığı ve hatta yol kenarı yapıların tahrip olduğu görülmektedir. Ancak bu afetin asıl sebebinin yol olmadığı yolun genellikle diğer faktörlerle birleşerek dolaylı yollardan etkili olduğu bilinmektedir. Bu sebeple bağımsız bir şekilde değerlendirildiğinde tüm faktörler içerisinde etki değeri en düşük olarak yola yakınlık faktörü gelmiştir. Yollara yakınlık faktörü değerlendirilirken öncelikle akarsularda olduğu gibi ArcMap Pro ile Open Street verilerinden yararlanarak yol ağı haritası oluşturulmuştur (Şekil 15 A). Bu ağa 100 m aralıklara Multiple Buffer aracı ile halkalar atılmış ve bunlara yollara olan yakınlığına göre 5 kategori verilmiştir (Şekil 15 B).

Böylece yollara yakınlık faktörünün kendi içindeki etki yüzdeleri ortaya konmuştur. Buna göre 1 numaralı kategoride yollara en yakın olan bölümler 0,411 çarpan değeri ve %41,1 oranıyla en yüksek etki değerine sahiptir. Yollara 400 m ve daha uzak alanlar olan 5.kategori ise 0,040 çarpan değeri ve %4 oranıyla en az etkiye sahip alanlar olmuştur. Matrisin tutarlılık oranı yazılımın hesaplamalarına göre %94 olmuştur (Tablo 23 ve 24).



Şekil 15.A) Of İlçesi yol dağılım haritası (URL 5 verisinden üretilmiştir). B) AHP matrisi ile oluşturulan yollara yakınlık faktörü etki değeri haritası

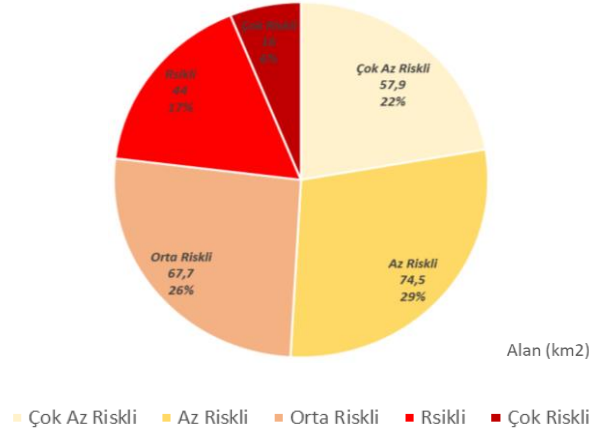
Tablo 23. Heyelan Duyarlılık Analizi yollara yakınlık parametresinin ikili karşılaştırma matrisi ve normalleştirilmiş çarpan değerleri (SCB Associates, 2023)

	1 (100 m)	2 (200 m)	3 (300 m)	4 (400 m)	5 (400 m +)
1 (100 m)	1	2	3	5	7
2 (200 m)	1/2	1	3	5	7
3 (300 m)	1/3	1/3	1	3	5
4 (400 m)	1/5	1/5	1/3	1	3
5 (400 m +)	1/7	1/7	1/5	1/3	1
	0,4595186	0,544041451	0,398230088	0,348837209	0,304347826
	0,2297593	0,272020725	0,398230088	0,348837209	0,304347826
	0,153172867	0,090673575	0,132743363	0,209302326	0,217391304
	0,09190372	0,054404145	0,044247788	0,069767442	0,130434783
	0,065645514	0,038860104	0,026548673	0,023255814	0,043478261

Tablo 24. Yollara yakınlık parametresine ait nihai çarpan değerleri, önem dereceleri ve matris tutarlılık oranı (SCB Associates, 2023)

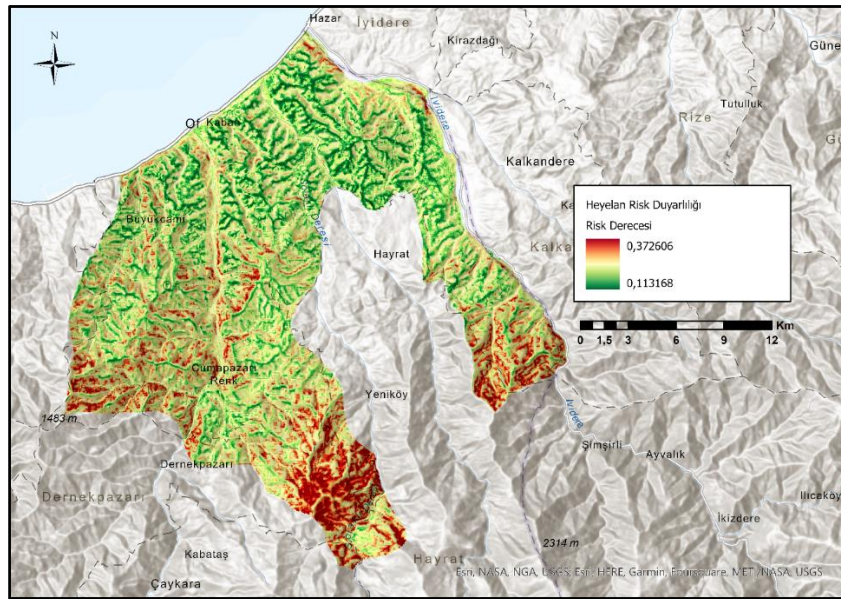
	AHP		Doğruluk Kontrolü
1	0,411	41,1%	
2	0,311	31,1%	
3	0,161	13,1%	
4	0,078	7,8%	
5	0,040	4,0%	

Tüm bu faktörlerden elde edilen çarpan değerleri her bir faktörün kendi AHP haritaları oluşturulduktan sonra bu haritalar belirlenen hiyerarşiye ve çarpan değerine göre birleştirilmiştir. Bu birleştirme işlemi ArcMap Pro yazılımı Weighted Sum aracı ile yapılmıştır. Bunun sonucunda Of ilçesi Heyelan risk duyarlılığı haritası elde edilmiştir. Bu haritadan elde edilen veriler ArcMap Pro Symbology aracı Percent Clip (en düşük ve en yüksek değerlerin yüzdelik dilimlerine göre sınıflandırma) renk şemasına göre 5 kategoriye ayrılarak heyelan risk grupları oluşturulmuştur. Buna göre; Of ilçesinin %6'sı (16 km²) çok riskli, %17'si (44 km²) riskli, %26'sı (67,7 km²) orta derecede riskli, %29'u (74,5 km²) az riskli ve %22'si (57,9 km²) çok az riskli kategorisinde yer almaktadır (Şekil 16-17).



Şekil 16. Of ilçesi heyelan risk duyarlılığının risk gruplarına dağılışı.

Çalışma alanının güneydoğu ve güneybatı kesimleri yükselti, eğim ve yağışın en çok arttığı yerler olmasından dolayı heyelan risk analizinde en riskli alanlar olarak görünmektedir. Ancak burada daha gerçekçi ve yüksek doğrulukta gösterim için lokal ölçekte ayrı bir çalışmanın yapılması gerekmektedir. Bunun dışında çalışma alanını batı kesiminde Dernekpazarı, Cumapazarı ilçeleri ve Büyükcami mahallesi arasında kalan bölümler heyelan oluşumu bakımından oldukça riskli bölgelerdir. Nitekim son yıllarda bu alanda çeşitli boyutlarda heyelan afetlerine rastlanmıştır.



Şekil 17. Of İlçesi (Trabzon) Heyelan Risk Duyarlılığı Haritası.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Of (Trabzon) ilçesinin heyelan risk analizi Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile yapılmıştır. AHP yöntemi, çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, karar vericilerin tercihleri ikili karşılaştırmalarla ölçülür ve kriterlerin ağırlıkları ve alternatiflerin sıralaması belirlenir. Bu çalışmada, heyelan risk analizinde kullanılan 11 kriter (yükselti, eğim, yön, litoloji, fay, akarsu, yol, yerleşim, yağış, bitki örtüsü ve arazi kullanımı) AHP yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu kriterlerin hem kendi içinde hem de birbirleri arasındaki etki ağırlıkları ikili matrislerle hesaplanarak analiz tamamlanmıştır.

Analiz sonucunda, çalışma alanının %23'lük bir bölümüne tekabül eden 60 km² alanında riskli ve çok riskli, %26'sına tekabül eden 67,7 km² alanında orta ve %51'ine karşılık gelen 132,4 km² alanında düşük ve çok düşük heyelan riski tespit edilmiştir. Riskli ve çok riskli alanların büyük bir kısmını ilçe merkezi ve çevresindeki yerleşim birimlerine yakın konumlanmıştır. Bu durum, buralarda uzun yıllardır görülen, önemli boyutlarda can ve mal kaybına yol açan heyelan afetlerinin tekrarlanabileceğini göstermektedir. Nitekim tarihsel süreçte Trabzon ilinde en çok heyelan afetine maruz kalan ilçelerden biri Of olmuştur.

Bu çalışmanın sonuçları, literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında, heyelan risk yönetiminde AHP yönteminin etkin ve nispeten güvenilir bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, Sinop ve yakın çevresinde yapılan bir çalışmada, AHP yöntemi ile 9 kriter kullanılarak heyelan duyarlılığı haritası üretilmiştir. Bu haritada, çalışma alanının yaklaşık % 0.3'ü çok yüksek, %25'i yüksek, %52'si orta, %10'u düşük ve %10'u çok düşük heyelan duyarlılığına sahip olarak sınıf verilmiştir. Bu çalışmada da, yüksek ve çok yüksek duyarlılık gösteren alanların yerleşim birimlerine yakın olduğu ve geçmişte heyelan afetlerine maruz kaldığı belirtilmiştir. Bu iki çalışma heyelan risk analizinde AHP yönteminin uygunluğunu ve önemini desteklemektedir (Çellek, Bulut, ve Ersoy, 2015).

Ayrıca Akçaabat ve Düzköy (Trabzon) ilçelerinde yapılan başka bir çalışmada da AHP yöntemi ile 13 kriter kullanılarak heyelan duyarlılık haritası yapılmıştır. Bu haritada, çalışma alanının yaklaşık %1'i çok yüksek, %7'si yüksek, %17'si orta, %70'i az ve %3'ü çok az heyelan duyarlılığına sahip olarak belirlenmiştir. Eğimli, suya doygun, düzensiz yamaçlarda, akarsulara ve vadi yamaçlarına yakın yerlerde riskin arttığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma da Of ilçesi ile benzer sonuçlar vermiş ve heyelan etki alanlarının belirlenmesinde AHP yönteminin yüksek performans verdiğini göstermiştir (Dalkes ve Korkmaz, 2023).

Bununla birlikte, AHP yönteminin heyelan duyarlılık analizinde kullanımı ile ilgili bazı eleştiriler de mevcuttur. Örneğin AHP yönteminin karar vericilerin subjektif tercihlerine dayandığı ikili karşılaştırmaların tutarsızlık içerebileceği, kriterlerin bağımsız olması gerektiği, ağırlık değerlerinin değişkenlik gösterebileceği ve heyelan envanter verilerinin yeterli olmaması durumunda sonuçların güvenilirliğinin azalabileceği ileri sürülmüştür. Ancak bu çalışmada birçok farklı çalışmadan elde edilen değerlendirme kriterleri bir araya getirilerek güvenilirlik oranı yükseltilmiştir (Dalkes ve Korkmaz, 2023; Demirel ve Hastaoğlu, 2022; Koçman, 2006; Saatcioğlu, M. ve Arslan, M. , 2016; Ulutaş, B. ve Güler, N., 2017; Çellek, Bulut, ve Ersoy, 2015; Karakaş, 2018).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma alanında, yerleşim birimlerine yakın sahalarda tespit edilen yüksek riskli heyelan faktörü bölgede uzun yıllar görülen aynı zamanda çok sayıda can ve mal kayıplarına yol açan heyelan afetlerinin tekrarlanabileceğini göstermektedir. Nitekim tarihsel süreçte Trabzon ilinde en çok heyelan afetine maruz kalan ilçelerden biri Of olmuştur.

Bölgedeki heyelanları durdurmak şüphesiz imkansızdır. Ancak burada gerçekleşen heyelanların can ve mal kaybına sebep olmaması, dolayısıyla afet olmaktan çıkması için bakanlıklar, yerel yönetimler ve yörede yaşayan insanların katılımcı olduğu, bilim insanlarının çalışmalarıyla desteklenmiş ve tüm paydaşların ortak katılımının sağlandığı planlara ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek derecede duyarlı bölgelerde yapılaşmaların engellenmesi, eğer varsa bunların toplu konutlar halinde daha güvenli yerlere taşınması, çok katlı binaların ve zeminin taşıma kapasitesini aşan yapıların azaltılması, dik ve eğimli yerlerdeki yapılaşmanın önlenmesi gerekmektedir.

Benzer heyelan duyarlılık analizlerinin lokal ölçekte mahalle veya daha küçük birimler bazında yüksek çözünürlüklü ve büyük ölçekli, ayrıntılı verilerle hazırlanması, bunların kent yerleşim planı haritaları ile karşılaştırılarak yeni yerleşim yerlerinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bunun dışında şehir planlamaları yaparken konuyla ilgili mühendislik birimlerinin yan sıra Coğrafyacıların da çalışmalara dahil edilmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- AFAD. (2021). İRAP Afet Risk Azaltma Planı. Trabzon: Trabzon Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü.
- Aghlmeve, M., Onur, M. İ., ve Talaei, R. (2020). Heyelan Duyarlılık Haritalarının Ürettilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı. . Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (Özel Sayı), 224-230.
- Akıncı, H., Özalp, A. Y., ve Kılıçer, S. T. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve AHP Yöntemi Kullanılarak Planlı Alanlarda Heyelan Duyarlılığının Değerlendirilmesi: Artvin Örneği. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 1(1-2), 40-53.
- Akgün, A., ve Türk, N. (2010). Lveslide susceptibility mapping for Ayvalık (Western Turkey) ve its vicinity by multicriteria decision analysis. Environmental Earth Sciences, 61(3), 595-611.
- Atalay, İ., ve Bekaroğlu, N. (1973). Heyelanlar ve Mühendislik Uygulaması. Karayolları genel Müdürlüğü yayınları No:200.
- Avcı, V. (2015). Bingöl Çayı Havzası'nın (Bingöl) Heyelan Duyarlılık Analizi. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 25(2), 1-26.
- Avcı, V., ve Günek, H. (2015). Karlıova Havzası ve çevresinin (Bingöl) Heyelan Duyarlılık Haritasının Oluşturulması, Turkish Studies, 10(2), 49-68.
- Ayalew, L., Yamagishi, H., ve Ugawa, N. (2004). Lveslide Susceptibility Mapping Using GIS- Based Weighted Linear Combination, The Case in Tsugawa Area of Agano River. Niigate Prefecture, Japonya, 73-81.
- Baeza, C., ve Corominas, J. (2001). Assessment of Shallow Lveslide Susceptibility by Means of Multivariate Statistical Techniques. Earth Surface Processes ve Lveforms, 251-263.
- Çelik, S., Bulut, F., ve Ersoy, H. (2015). AHP Yöntemi'nin Heyelan Duyarlılık Haritalarının Ürettilmesinde Kullanımı. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 39 (2), 59-90.
- Çevik, E., ve Topal, T. (2003). GIS-based lveslide susceptibility mapping for a problematic segment of the natural gas pipeline, Hendek (Turkey). Environmental Geology(44), 949-962.
- Çellek, S., Bulut, F., ve Ersoy, H. (2015). AHP Yöntemi'nin Heyelan Duyarlılık Haritalarının Ürettilmesinde Kullanımı ve Uygulaması (Sinop ve Yakın Çevresi). Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 39(2), 59-90.
- Çiçek, İ. (1985). Türkiye'de, Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde Heyelan Olayları ve Ekonomiye Etkileri. G.Ü. Sos. Bil. Enst. (Basılmamaış YL Tezi).

Dai, F., ve Lee, C. (2002). Lvelslide Characteristics ve Slope Instability Modelling Using GIS, *Lantau Islve. Geomorphology*(42), 213-228.

Dalkes, M., ve Korkmaz, M. (2023). Analitik Hiyerarşi Süreci ve Frekans Oranı Yöntemlerinin Heyelan Duyarlılık Analizinde Karşılaştırılması: Trabzon İli Akçaabat ve Düzköy İlçeleri Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 38(16), 16-38.

Dağ, S., Bulut, F., ve Akgün, A. (2006). İki Değişkenli İstatistiksel Analiz Yöntemi ile Çayeli (Rize) ve Çevresindeki Heyelanların Değerlendirilmesi. 1. Heyelan Sempozyumu (s. 84). Trabzon: Bildiriler Kitabı.

Demirel, Ş. C., ve Hastaoğlu, K. Ö. (2022). CBS Tabanlı AHP Yöntemi Kullanılarak Oluşturulan Sivas Koyulhisar Heyelan Duyarlılık Haritalarının Güvenilirliğinin Araştırılması. *Afet ve Risk Dergisi* 5(2), 715-730.

Doğu, A. F., Çiçek, İ., ve Gürgen, G. (1989). "Çatak Heyelanları 1989 (Trabzon-Maçka). Atatürk Kül. Dil. Ve Tarih Yük. Kurumu, Coğ. Bil ve Üye Kolu. Coğ. Araştırma 1(1), 103-109.

Eriñç, S. (1996). Jeomorfoloji I (Genişletilmiş 4. Baskı). Öz Eğitim Yay.

Filiz, M., ve Avcı, H. (2013, 09). Trabzon İlinde Meydana Gelen Heyelanlar Ve Heyelanların Bölgeye Etkileri. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 5(3), s. 31-38

Fernveez, T., Irigaray, C., El Hamdouni, R., ve Ve Chacón, J. (2003). Methodology for Lvelslide Susceptibility Mapping by Means of a GIS. Application to the Contraviesia Area (Granada, Spain). *Natural Hazards*(30), 297-308.

Hasekioğulları, G. D., ve Ercanoğlu, M. (2012). A new approach to use AHP in lvelslide susceptibility mapping: a case study at Yenice (Karabuk, NW Turkey), 9. *Natural Hazards*, 63, 1157-1179.

Karakaş, V. (2018). Karabük Bölgesinin FR ve AHP Yöntemleri Kullanılarak CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi. *Erzurum: Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği.*

Kavas, E. (2009). TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi (CBS2009), 02-06 Kasım, İzmir. Analitik Hiyerarşik Süreç Yöntemiyle İzmir İlinde Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelemesi.

Kesici, Ö., ve Sönmez, M. (2012). 30 Ocak 2012 Tepecik Köyü (Adıyaman) Heyelanı. *Doğu Coğrafya Dergisi*(27), 207-232.

Koçman, M. (2006). A Lvelslide Susceptibility Model Using the Analytical Hierarchy Process Method ve Multivariate Statistics in Perialpine Slovenia. *Geomorphology*, 71(4), 17-28.

Lee, S. (2005). Application of Logistic Regression Model ve Its Validation for Lvelslide Susceptibility Mapping Using GIS ve Remote Sensing Data. *International Journal Remote Sensing*, 26(7).

Lee, S., ve Choi, J. (2004). Lvelslide susceptibility mapping using GIS ve the weight-of-evidence model. *International Journal of Geographical Information Science*(18), 189-814.

Lee, S., ve Sambath, T. (2006). Lvelslide susceptibility mapping in the Damrei Romel area, Cambodia using frequency ratio ve logistic regression models. (50), s. 847-855.

Moradi, S., ve Rezaei, M. (2014). A GIS-based comparative study of the analytic hierarchy process, bivariate statistics ve frequency ratio methods for lvelslide susceptibility mapping in part of the Tehran metropolis, Iran. *GeoPersia*, 4(1), 45-61.

Perotto-Baldiviezo, H., Thurow, T., Smith, C., Fisher, R., ve Wu, X. (2004). GIS-Based Spatial Analysis ve Modeling for Lvelslide Hazard Assessment in Steeplves, Southern Honduras. *Agriculture, Ecosystems ve Environment*(103), 165-176.

Ruff, M., ve Czurda, K. (2008). Lveslide susceptibility analysis with a heuristic approach in the Eastern Alps (Vorarlberg, Austria). *Geomorphology*(93), 314-324.

Öner, E. (1985). Türkiye'de Özellikle Orta Karadeniz Bölümünde Heyelan olayları ve Ekonomiye etkileri (Yayınlanmamış Yük. Lis. Tezi) A.Ü. Sos. Bil. Enst.

Öner, E., ve Çiçek, İ. (1987). Heyelan Olayları ve Karadeniz Kıyı Şeridinden Örnekler. *Jeomorfoloji Dergisi*, 15, 53-64.

Öztürk, K. (2002). Heyelanlar ve Türkiye'ye Etkileri . *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi* 22(2), 35-50.

Sür, Ö. (1972). Heyelan Olaylarına Sebap Olan Faktörler ve Bunların Türkiye'de Etkili Olduğu Alanlar. *Coğrafya Araştırmaları Dergisi* (A.Ü. DTCF, Coğrafya Araştırmaları Enstitüsü Yayını) Sayı 5-6.

Sür, Ö. (1977). Heyelan Olaylarının Ekonomiye Etkileri. *Coğrafya Araştırmaları Dergisi* (A.Ü. DTCF, Coğrafya Araştırmaları Enstitüsü Yayını) Sayı 8.

Saatcioğlu, M., ve Arslan, M. . (2016). Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi ile heyelan riski haritalarının oluşturulması. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 4(49), s. 485-494.

Saaty, T. L. (1988). What is the analytic hierarchy process?. *Mathematical Models for Decision Support. NATO ASI Series*(48), s. 109-121.

Schreiber, P. . (1904). Ueber die Beziehungen zwischen dem Niederschlag und der Wasserührung der Wasserührung der Fluse in Mitteleuropa. *Meteorol Z.*, s. 441-452.

Sunkar , M., ve Avcı, V. (2016). Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın (Adıyaman Batısı) Heyelan Duyarlılık Analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26(2), 13-43.

Taş, M. A. (2022). Tokat Linde Doğal Afetlet. (. C. ŞENOL) içinde, Horoztepe'den Günümüze 6000 Yılda Tokat (s. 319344). *Paradigma Akademi Yayınları*.

Ulutaş, B., ve Güler, N. (2017). AHP yöntemi ile heyelan riski haritalarının oluşturulması ve analizi (Konya örneği). *Jeoloji Müh. Derg.*, 1(40), s. 44-54.

URL 1, <https://www.afad.gov.tr/afet-haritalari> (Son Erişim 14.04.2023).

URL 2, <https://lve.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1> (Son Erişim 15.04.2023)

URL 3, <https://lve.copernicus.eu/pan-european/corine-lve-cover/clc2018> (Son Erişim 15.04.2023)

URL 4, <https://www.sozcu.com.tr/2020/gundem/ofta-sel-ve-heyelanin-hasari-gun-agarinca-ortaya-cikti-5988607> (Son Erişim 14.04.2023)

URL 5, <https://www.openstreetmap.org/#map=5/39.555/32.036> (Son Erişim 12.04.2023).

URL 6, <https://www.scbuk.com/ahp.html> (Son Erişim 14.04.2023).

URL 7, <https://basic.atlas.gov.tr/>(Son Erişim 14.04.2023).

Wang, W., Xie, C., ve Du, X. (2009). Lveslides susceptibility mapping based on geographical information system, GuiZhou, south-west China. *Environmental Geology*(58), 33-43.

Yalçın, A. (2007). Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin ve CBS'nin Kullanımı. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(3), 1-14.

Yalçın, A., Reis, S., Aydınoğlu, A. C., ve Yomralıoğlu, T. (2011). A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy ,process, bivariate statistics ve logistics regression methods for lveslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey. *Catena*, 85, 274-287.

Zhou, C., Lee, C., Li, J., ve Xu, Z. (2002). On the Spatial Relationship Between Lveslides ve Causative Factors on Lantau Islve, Hong Kong. *Geomorphology*(43), 197-207.