



Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi

The Journal of International Social Research

Cilt: 9 Sayı: 42 Volume: 9 Issue: 42

Şubat 2016 February 2016

www.sosyalarastirmalar.com Issn: 1307-9581

**MANAV DERESİ HAVZASI'NIN (BİNGÖL) HEYELAN DUYARLILIK ANALİZİ  
ANALYSIS OF LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY OF MANAV STREAM BASIN (BİNGÖL)**

**Vedat AVCİ\***

**Öz**

Bu çalışmada Manav Deresi Havzası'nda heyelan duyarlılık analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Manav Deresi Peri Suyu'nun önemli kollarından biri olup, Özlüce Barajı'nda Peri Suyu'na bağlanmaktadır. Bu havza Erzincan güneydoğusunda Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) güneyinde yer almaktadır. Manav Deresi Havzası'nda Jura-Kretase'den Orta-Üst Pliyosen'e kadar farklı dönemlerde oluşmuş kayalar yüzeylenmektedir. Üst Miyosen-Pliyosen döneminde oluşmuş Solhan Formasyonu üyesi tüfler ile Orta Eosen-Alt Miyosen dönemi marl ve kilttaşları geniş alanlarda yüzeylenmektedir. Havza KB-GD doğrultusunda sağ yanal atımlı faylarla kesilmiştir. Tektonik etkiye bağlı olarak havza içinde 1700 m'ye varan bir yükselti farkı bulunmaktadır. Ortalama eğimin 23° olduğu havzada, vadi yamaçlarında eğim değerleri 45°nin üstüne çıkmaktadır. Eğim değerlerinin yüksek olduğu vadi yamaçlarında litoloji etkisiyle büyük heyelanlar görülmektedir. KB-GD doğrultusunda fayla kesilmesi sonucunda güneye bakan yamaçların oranı fazladır. Yıllık yağış miktarının 1000 mm'nin üstünde olduğu havzada yağışın ilkbahar ve kış mevsimlerinde arttığı görülmektedir. Kar kalınlığı dağlık sahalarda 3-4 m'ye ulaşmaktadır. Haziran 2015'e ait Landsat 8 OLI-TRS uydu görüntüsünden elde edilen verilere göre havzanın bitki örtüsü açısından orta yoğunlukta olduğu görülmektedir. Manav Deresi Havzası için heyelan duyarlılık analizi litoloji, eğim, fay hatlarına ve akarsulara uzaklık, drenaj yoğunluğu, bakı ve bitki örtüsü parametreleri kullanılarak yapılmıştır. Heyelan duyarlılık analizi için frekans oranı yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde parametre haritaları yeniden sınıflandırılmış ve alt sınıflar oluşturulmuştur. Parametre haritaları ve alt sınıfların piksel sayısı Zonal istatistik kullanılarak bulunmuştur. Alt sınıfların heyelanlı piksel sayısı toplam heyelanlı piksel sayısına bölünmüş ve heyelanı etkileyen faktörlerin alt sınıflarının heyelan yüzdesi bulunmuştur (PLO-Percent Landslide Occurrence-Heyelan Yüzdesi) bulunmuştur. Alt sınıfların piksel sayısı sınıfların toplam piksel sayısına bölünerek heyelanı etkileyen faktörlerin alt sınıflarının yüzdesi bulunmuştur (PIF-Percent Influencing Factor-Etki Yüzdesi). PLO/PIF oranı ile LSI (Landslide Susceptibility Index-Heyelan Duyarlılık İndeksi) bulunmuştur. Bulunan LSI değeri parametre haritalarının alt sınıflarına atanmıştır. Bu haritalar Raster Calculator toolu ile toplanmış ve heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan harita çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek duyarlı olarak 5 sınıfa ayrılmıştır. Duyarlılık haritasında havzanın en büyük yerleşmeleri olan Sabırtaşı, Açıkğüney, Yazgünü yüksek duyarlı sınıfta yer almaktadır. Bu yerleşmeleri birbirine bağlayan karayolu yüksek duyarlı alanda yer almaktadır. Havzada yerleşmelerin, tarım alanlarının ve karayolunun orta ve yüksek duyarlı sınıfta yer alması bazı tedbirlerin alınmasını gerektirmektedir. Duyarlılık haritası dikkate alınarak bu yerleşmelerin heyelan açısından izlemeye alınması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bingöl, Peri Suyu, Manav Deresi Havzası, Heyelan Duyarlılık Analizi, Coğrafi Bilgi Sistemleri.

**Abstract**

This study aims to analyze the landslide susceptibility of Manav Stream Basin. Being one of the important tributaries of Peri River, Manav Stream is connected to Peri River at Özlüce Dam. This basin remains in the southeast of Erzincan and in the south of North Anatolian Fault Zone (NAFZ). Rocks formed in different periods, from Jurassic-Cretaceous to Mid-Pliocene, have been surfaced in Manav Stream Basin. Tuff of Solhan Formation's member formed in Upper Miocene-Pliocene period, as well as marl and claystone formed in Middle Eocene-Lower Miocene, have been surfaced in large areas. The basin has been cut by faults with right lateral strikes. Due to tectonic effects, there is an approximately 1700 m elevation difference in the basin. In the basin where average slope is 23°, slope values go over 45°. On the sides of valley with high slope values, large landslides have been seen due to the effects of lithology. As a result of the basin's being cut by faults in NW-SE direction, the rate of sides facing the south is much. The precipitation is seen to increase in winter and spring in the basin where it is annually over 1000 mm. Snow thickness reaches 3-4 m in mountainous areas. The basin appears to be moderate in intensity in terms of vegetation, according to the data taken from the Landsat 8 OLI-TRS images, in June 2015. Landslide susceptibility analysis for Manav Stream Basin has been formed using lithology, slope, the distance to the fault line and stream network, drainage density, aspect and vegetation parameters. Frequency ratio method has been used for landslide susceptibility analysis. In this method, parameter maps have been reclassified and subclasses have been created. The parameter map and the number of pixels of the subclasses have been determined using zonal statistics. Subclasses' number of pixels with landslide has been divided by the total number of pixels with landslide and the landslide percentage of subclasses of factors affecting landslide has been determined (PLO-Percent Landslide Occurrence). The number of subclasses has been divided by the total number of pixels of classes and the percentage of subclasses of factors affecting landslide has been determined (PIF-Percent Influencing Factor). LSI (Landslide Susceptibility Index) has been obtained using PLO/PIF. LSI values found have been assigned to the subclasses of parameter maps. These maps have been overlaid using Raster Calculator tool and landslide susceptibility map has been created. The map obtained has been categorized into five classes, as very low, low, medium, high and very high. Being the largest settlements in the basin, Sabırtaşı, Açıkğüney, Yazgünü are in the high-susceptible class in susceptibility map. The highway connecting these settlements is also in the high-susceptible class. Certain measures must be taken due to the fact that the settlements, agricultural lands and highway are in the medium and high-susceptible classes. Taking the susceptibility map into account, these settlements must be monitored in terms of landslide.

**Key words:** Bingöl, Peri River, Manav Stream Basin, Landslide Susceptibility Analysis, Geographic Information Systems.

\* Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Bingöl. vavci@bingol.edu.tr

## 1. Giriş

Heyelan duyarlılık analizlerinin temel amacı, tehlikeli ve riskli alanları tespit ederek heyelanın etkilerini azaltmaktır. Doğal tehlike haritaları geçmişte meydana gelen heyelan, sel, deprem ve volkan patlaması gibi doğal olayların oluşumunun tanımlandığı ve gelecekte böyle doğal olayların oluşumlarının tahmin edildiği bilgileri içermektedir (Varnes, 1984:11).

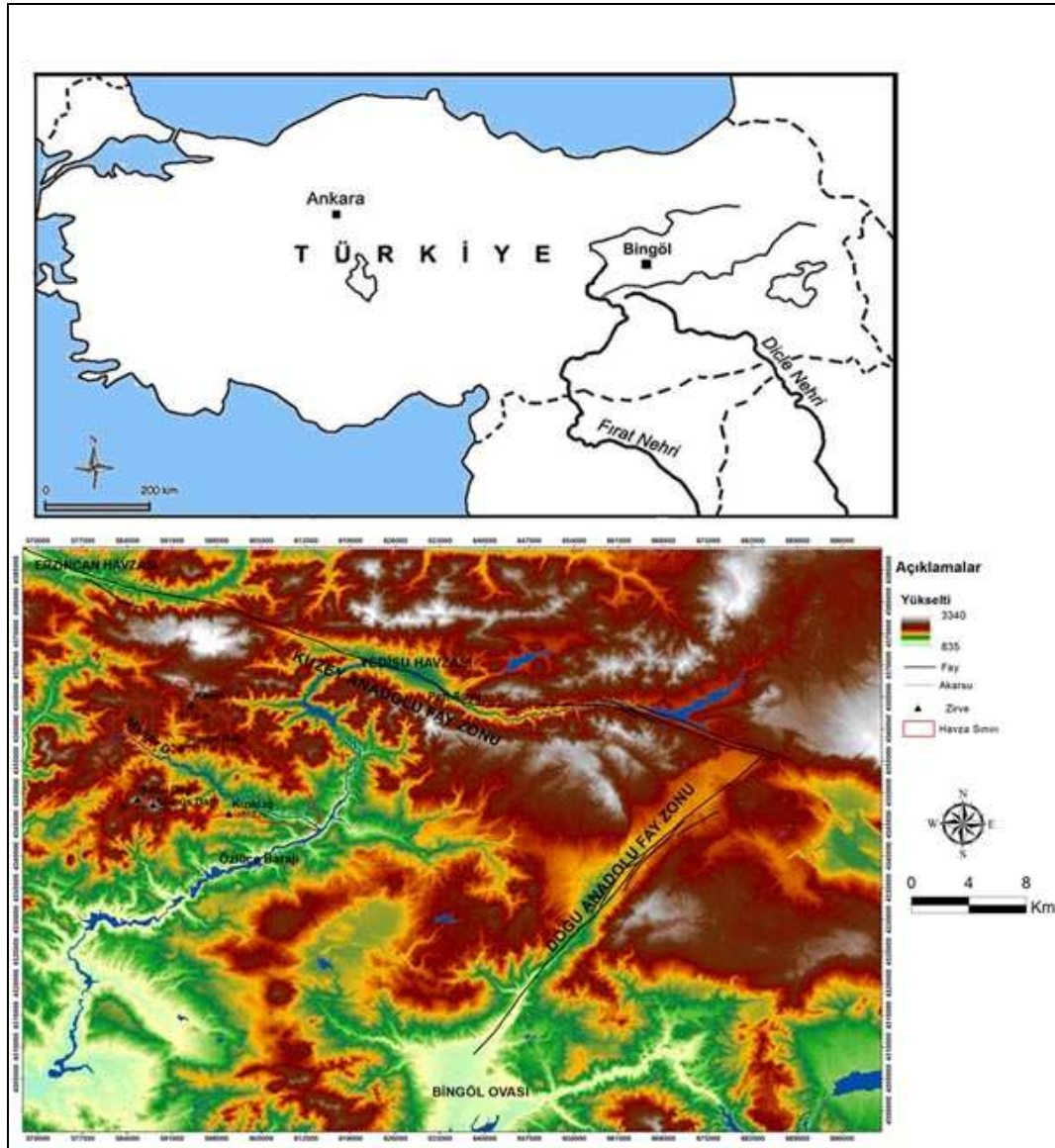
Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerindeki gelişmeler heyelan duyarlılık analizlerinin yapılmasında önemli kolaylıklar sağlamaktadır. CBS ve UA kullanılarak veriler kısa zamanda ve kolayca toplanıp analiz edilebilmektedir. Uzaktan Algılama tekniklerinin kullanımıyla kolayca elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla istatistiksel ve matematiksel kriterlere göre analiz edilmekte ve depolanmaktadır (Yalçın, 2007:2).

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) güneyinde yer alan Manav Deresi Havzası tektonik olarak çok aktiftir. Buna bağlı olarak sık sık deprem meydana gelmektedir. 03/12/2015 tarihinde meydana gelen 5.5 büyüklüğündeki Açıkğüney (Kığı-Bingöl) depreminde kırsal alanlarda bazı yapılarda ağır hasar meydana gelmiş, kaya düşmesi ve heyelanlar şeklinde kütle hareketleri gelişmiştir. Deprem sonrasında yapılan arazi çalışmalarında havzada büyük heyelanların geliştiği görülmüştür. Bu heyelanlar Dallica-Sabırtaş arasında yerleşmeleri, tarım alanlarını, karayolunu etkilemekte ve önemli ekonomik zararlara neden olmaktadır. Tektonik olarak aktif olan havzada heyelanların tekrarlanabileceği dikkate alınarak, duyarlılık analizi yapılmıştır. Heyelan duyarlılık analizlerinde, heyelanları tahmin etmek için genellikle şu varsayım yaygın kabul görmektedir; "gelecekteki heyelanlar, geçmişte meydana gelen heyelanlar ile ilişkili aynı faktörler nedeniyle oluşacaktır" (Lee ve diğ., 2004; Yılmaz, 2009; Jadda ve diğ., 2009). Bu nedenle, geçmiş heyelan konumları ile heyelanı etkileyen her bir faktör arasındaki ilişkiyi (korelasyonu) ortaya koymak için "Frekans Oranı Yöntemi" kullanılmaktadır (Lee ve Min, 2001; Lee ve diğ., 2004; Erener ve Düzgün, 2010). Bu çalışmada da Frekans Oranı yöntemi kullanılmıştır. Frekans oranı, bir olayın gerçekleşme olasılığının gerçekleşmeme olasılığına oranı şeklinde tanımlanmaktadır (Bonham-Carter, 1994; Lee ve diğ., 2004; Lee ve Evangelista, 2005; Yılmaz, 2009).

Manav Deresi Havzası için oluşturulan heyelan envanter haritası ile heyelana neden olan eğim, litoloji, akarsulara uzaklık, drenaj yoğunluğu, faya uzaklık, bakı ve NDVI haritaları çakıştırılmış, faktör haritalarının heyelan yoğunluğu bulunmuştur. Heyelan yoğunluğu bulunan faktör haritaları CBS ortamında toplanarak heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur.

## 2. Çalışma Alanı ve Başlıca Coğrafi Özellikleri

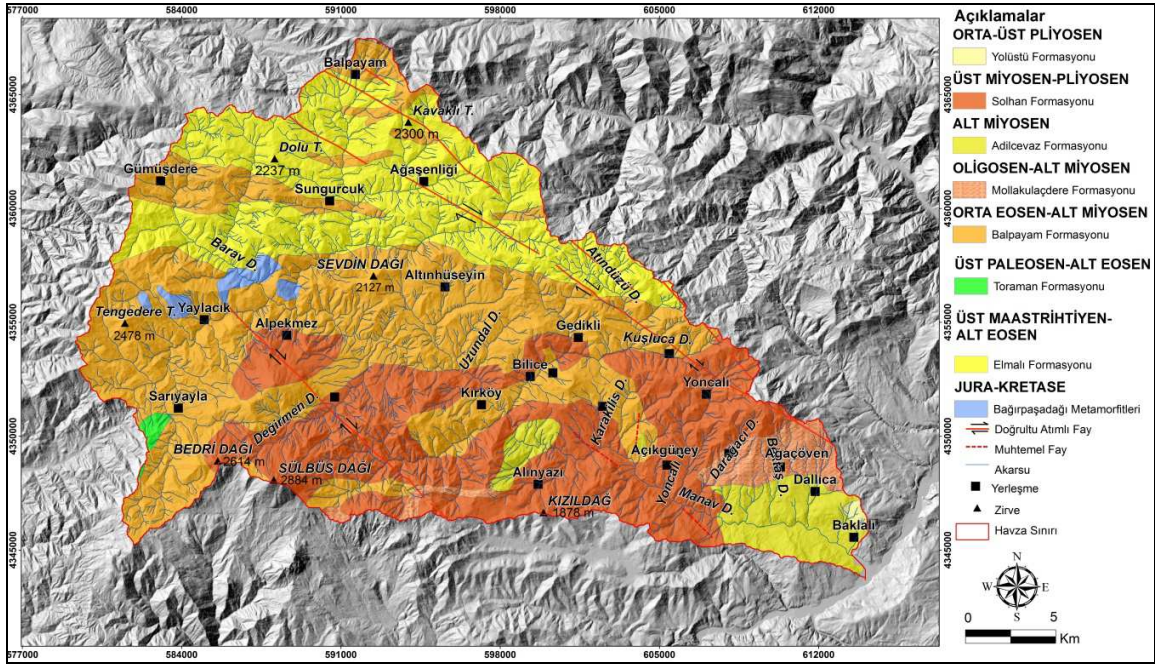
Manav Deresi Havzası Bingöl'ün kuzeybatısında yer almakta olup, 450 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır. Havza Erzincan'ın güneydoğusunda KAFZ'ın güneyinde yer almaktadır. Havza güneyden Bedri Dağı (2614 m), Sülbüs Dağı (2884 m) ve Kızıldağ (1878 m) ile çevrili iken kuzeyden Sevdin Dağı (2127 m) ve Kavaklı Tepe (2300 m) ile çevrilidir. Havzanın suları Manav Deresi tarafından Özlüce Barajı'nda Peri Suyu'na ulaşmaktadır (Şekil 1). Manav Deresi tektonik hatlara yerleşmiş subsekant bir akarsu özelliği göstermektedir. Ana akarsuya kuzeyden ve güneyden ulaşan konsekant akarsular bulunmaktadır.



Şekil 1: Manav Deresi Havzası'nın (Bingöl) lokasyon haritası

Manav Deresi Havzası'nda Jura-Kretase döneminde oluşmuş Bağırpaşadağı Metamorfitleri en yaşlı birimi oluşturmaktadır. Üst Maastrichtiyen-Alt Eosen dönemli Toraman Formasyonu, Orta Eosen-Alt Miyosen döneminde oluşmuş Balpayam Formasyonu, Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Mollakulaçdere Formasyonu, Alt Miyosen Adilceva Formasyonu, Üst Miyosen-Pliyosen Solhan Formasyonu ve Orta-Üst Pliyosen döneminde oluşmuş Yolüstü Formasyonu üyeleri yüzeylenmektedir (Tarhan, 2008; Şekil 2). Havzada heyelanların Solhan Formasyonu üyesi tuf ve Mollakulaçdere Formasyonu üyesi kumtaşları ile Balpayam Formasyonu üyesi kıltaşı ve marnlar üzerinde yoğun olarak meydana geldiği görülmektedir.

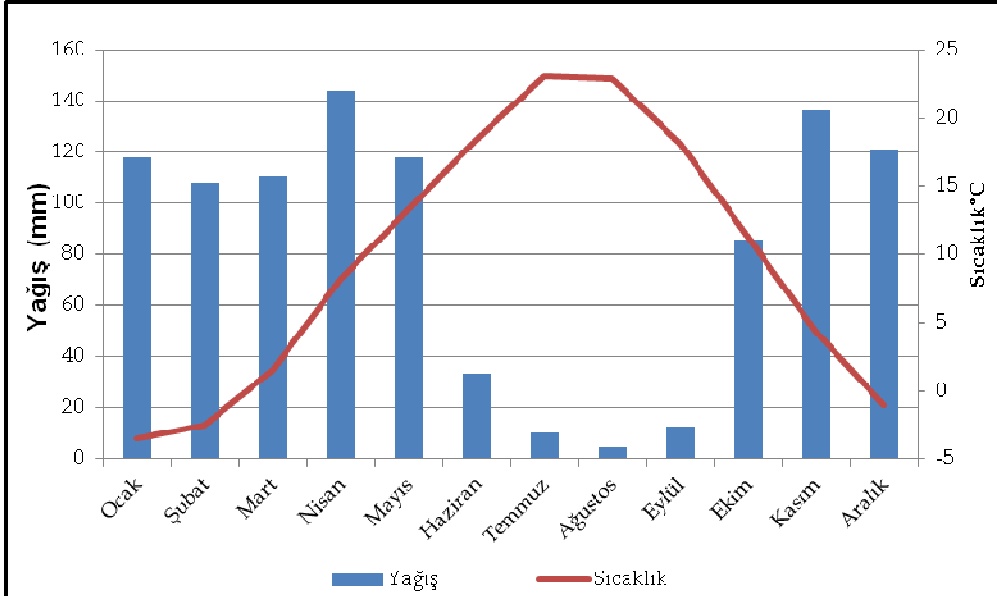




Şekil 2: Manav Deresi Havzası'nın (Bingöl) jeoloji haritası (Tarhan, 2008'den yararlanılarak çizilmiştir)

Havza Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) güneyinde yer almakta olup, KB-GD doğrultulu sağ yanal atımlı faylarla kesilmiştir. Bu nedenle KAFZ içinde kaldığı düşünülmektedir. Bu faylara bağlı olarak fay diklikleri oluşmuş ve akarsu ötelenmeleri meydana gelmiştir. Tektonik olarak aktif bir sahada yer alması arızalı bir topoğrafyanın oluşmasını sağlamıştır. Havza içinde 1700 m'ye varan bir yükselti farkı bulunmaktadır. Manav Deresi Vadisi'nin yamaçlarında eğim değerleri 45°'nin üstüne çıkmaktadır. Eğim değerlerinin yüksek olduğu vadi yamaçlarında litoloji etkisiyle büyük heyelanlar görülmektedir.

Manav Deresi Havzası'nın iklim özellikleri Kiğı (Bingöl) Meteoroloji İstasyonu'nun verilerine göre değerlendirilmiştir. Bu istasyonun iklim verilerine göre yıllık yağış miktarı 1001,3 mm ve yıllık ortalama sıcaklık 9,5 °C'dir (Şekil 3).



Şekil 3: Kiğı'da (Bingöl) sıcaklık ve yağışın yıl içindeki dağılışı (1975-1996 DMİ)

Yağış fazlasının ilkbahar dönemine denk geldiği havzada kış yağışları kar şeklinde düşmektedir (Tablo 1, Şekil 3). İlkbahar mevsiminde yağışların artması ve sıcaklığın yükselmesi ile kar erimelerinin artması heyelan

oluşunu kolaylaştırmaktadır. Bu dönemde toprakta su miktarı artmakta killi litoloji etkisiyle vadi yamaçlarında heyelanlar meydana gelmektedir.

Tablo 1: Kiğı'da (Bingöl) yağışın mevsimlere dağılışı (1975-1996 DMI)

Mevsim	Yağış Miktarı (mm)	Yüzde (%)
Kış	347	34,7
İlkbahar	371,8	37,1
Sonbahar	234,3	23,4
Yaz	48,2	4,8

### 2.1. Manav Deresi Havzası'nda Heyelanlar

Manav Deresi Havzası'nda litolojik yapı, eğim, bakı ve fay hatlarına bağlı olarak heyelanlar görülmektedir. Bu heyelanlar önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Havzada litolojinin Orta Eosen- Alt Miyosen dönemine ait kıltaşı ve marndan oluştuğu Bedri Dağı batısında, Oligosen-Alt Miyosen döneminde oluşmuş kumtaşlarından meydana geldiği Dallica ile Açıkgüney arasında, Üst Miyosen-Pliyosen dönemine ait tüflerin yüzeylendiği Açıkgüney ile Sabırtaşı arasında büyük heyelanlar görülmektedir. Bu heyelanlar karayoluna ve tarım alanlarına zarar vermektedir (Foto 1, 2, 3)



Foto 1: Açıkgüney-Yazgünü arasında karayolu heyelandan etkilenmektedir.



Foto 2:Açıkgüney doğusunda heyelanlar tarım alanlarına zarar vermektedir.



Foto 3:Açıkgüney köyünde ceviz yetiştiriciliği yapılan sahalarda heyelandan etkilenmektedir.

### 3. Materyal ve Yöntem

Manav Deresi Havzası'nın heyelan duyarlılık analizlerinin yapıldığı bu çalışmada öncelikle heyelan envanter haritası oluşturulmuştur. Envanter haritaları, arazide fark edilebilir heyelanları göstermektedir (Einstein, 1988; Van Westen, 1994; Parise, 2001; Griffiths ve diğ., 2002; Çevik ve Topal, 2003). Heyelanların konum ve alanlarının doğru olarak belirlenmesi heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında çok önemlidir. Heyelan envanter haritaları, alanın büyüklüğüne, araziden toplanan verilere, bu verilerin kalitesine ve çalışma ölçeğine göre değişik şekillerde hazırlanabilir. Bu haritalar, heyelanlarla ilgili bilgilerin toplanması ya da uzaktan algılama verilerinin analizi ile üretilebilmektedir (Yalçın, 2007:4). Bu çalışmada Maden Tetkik Arama Enstitüsü Genel Müdürlüğü heyelan envanter haritası Erzurum Paftası, Arazi gözlemleri, Google Earth



görüntüsü, topoğrafya haritaları ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak havza için güncel heyelan envanter haritası oluşturulmuştur.

Heyelan duyarlılık analizlerinde litoloji, eğim, fay hatlarına ve akarsulara uzaklık, drenaj yoğunluğu, bakı ve bitki örtüsü parametreleri kullanılmıştır. 1/100000 ölçekli jeoloji haritası Erzurum J43 ve J44 paftalarının sayısallaştırılması ile litoloji haritası çizilmiştir. Çalışma alanına ait topoğrafya haritalarının sayısallaştırılması ile SYM oluşturulmuş, bu modelden ArcGIS 10.1 Spatial Analiz-Surface toolu kullanılarak eğim haritası oluşturulmuş ve yeniden sınıflandırılmıştır.

Jeoloji haritasının sayısallaştırılması ile tektonik unsurlar çizilmiş ve fay hatlarına uzaklık haritası oluşturulmuştur. Topoğrafya haritasından sürekli ve mevsimlik haritalar sayısallaştırılmış, ArcGIS 10.1 Spatial Analiz-Line Density toolu ile drenaj yoğunluğu haritası oluşturulmuştur. Akarsulara uzaklık haritası için Distance toolu kullanılmıştır.

Manav Deresi Havzası'na ait SYM'den bakı haritası oluşturulmuş, bu haritada yönler Düz, Kuzey, Batı, Güney ve Doğu olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanına ait 10 Haziran 2015 tarihli Landsat 8 OLI-TRS uydu

**Band 5 – Band 4**

görüntüsünden **Band 5 + Band 4** formülü kullanılarak Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) elde edilmiştir.

Çalışma alanında heyelanı etkileyen faktörlerin frekans oranını hesaplamak için her faktör kategorilere ayrılmış ve alt kategorisindeki heyelanlı hücre sayıları belirlenmiştir. Frekans oranı hesabı için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$FR = PLO / PIF$$

(1)

Burada PLO, heyelanı etkileyen bir faktörün her bir alt kategorisi içinde heyelan varlığının yüzdesi, PIF ise heyelanı etkileyen bir faktörün her bir kategorisinin yüzdesidir. Frekans oranı hesap tablosunda PLO, A/B ve PIF ise C/D olarak hesaplanmıştır. Bu bağıntılarda A, alt kategorideki heyelanlı piksel sayısı, B, çalışma alanındaki toplam heyelanlı piksel sayısını, C, alt kategorideki piksel sayısı, D ise çalışma alanındaki toplam piksel sayısını ifade etmektedir (Erener ve Lacasse, 2007).

Yeniden sınıflandırılan (Reclassify) tüm haritalar 10 m. çözünürlüğünde grid verisine dönüştürülmüştür. Bu haritalar raster formata dönüştürülen heyelan envanter haritası ile ArcGIS 10.1 Programı Combine toolu kullanılarak çakıştırılmıştır. Bu işlem sonucunda parametre haritalarının alt sınıflarının piksel sayısı ve heyelanlı piksel sayısı bulunmuştur. Alt sınıfların heyelanlı piksel sayısı, toplam heyelanlı piksel sayısına bölünerek PLO bulunmuştur. Alt sınıfların piksel sayısı toplam piksel sayısına bölünerek PIF bulunmuş, PLO/PIF oranından LSI (Landslide Susceptibility Index-Heyelan Duyarlılık İndeksi) indeks bulunmuştur (Tablo 2). Bu değer parametre haritalara işlenmiştir. Parametre haritalar Raster Calculator toolu ile toplanarak duyarlılık haritası oluşturulmuş ve çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek duyarlı olarak 5 sınıfa ayrılmıştır.

Tablo 2. Heyelan Duyarlılık Analizinde kullanılan parametreler ve ağırlık değerleri

Faktörler	Faktör Alt Sınıf	Heyelanlı piksel (A)	Toplam heyelanlı piksel (B)	PLO (%)	Alt sınıf piksel (C)	Toplam piksel (D)	PIF(%)	PLO/PIF(L SI)
Eğim (o)	0-2	988	892313	2.228814	107624	4516881	2.382706	0.935413
	2-15	264010	892313	29.58715	852066	4516881	18.86403	1.568442
	15-25	344910	892313	38.65348	1569026	4516881	34.73693	1.112749
	25-45	260853	892313	29.23335	1955854	4516881	43.30099	0.67512
	45>	2639	892313	0.295748	32311	4516881	0.715339	0.413438
Faya Uzaklık (m)	0-500	183326	892313	20.54503	686093	4516881	15.18953	1.352579
	500-1000	138735	892313	15.5478	614573	4516881	13.60614	1.142705
	1000-2000	229522	892313	25.72214	943017	4516881	20.87761	1.232044
	2000-3000	152520	892313	17.09266	799200	4516881	17.69363	0.966035
	3000>	188210	892313	21.09237	1473998	4516881	32.63309	0.646349
Akarsulara Uzaklık (m)	0-100	471459	892313	52.83561	2317255	4516881	51.3021	1.029892
	100-250	314539	892313	35.24985	1599403	4516881	35.40946	0.995493
	250-500	100479	892313	11.26051	514511	4516881	11.39085	0.988558

	500-750	5836	892313	0.654031	65141	4516881	1.442168	0.453505
	750-1000	0	892313	0	13499	4516881	0.298857	0
	1000>	0	892313	0	7072	4516881	0.156568	0
<b>Drenaj Yoğunluğu</b>	0-1	13853	892313	1.552482	249544	4516881	5.524697	0.281008
	1--2	162915	892313	18.25761	816914	4516881	18.0858	1.0095
	2--3	373854	892313	41.89718	1537510	4516881	34.0392	1.230851
	3--4	234468	892313	26.27643	1412875	4516881	31.27988	0.840043
	4>	107223	892313	12.0163	500038	4516881	11.07043	1.085441
<b>Bakı</b>	Düz	12399	892313	1.389535	74123	4516881	1.641022	0.84675
	Kuzey	187321	892313	20.99275	1508467	4516881	33.39621	0.628597
	Doğu	94739	892313	10.61724	525546	4516881	11.63515	0.912514
	Güney	458417	892313	51.37401	1923103	4516881	42.57591	1.206645
	Batı	139424	892313	15.62501	485642	4516881	10.75171	1.453258
<b>NDVI</b>	0<	0	892313	0	3800	4516881	0.084129	0
	0-0.1	1003	892313	0.112405	20240	4516881	0.448097	0.250849
	0.1-0.2	68401	892313	7.665584	413998	4516881	9.165572	0.836345
	0.2-0.3	205563	892313	23.0371	1059653	4516881	23.45984	0.98198
	0.3-0.4	301760	892313	33.81773	1418210	4516881	31.39799	1.077067
	0.4>	314956	892313	35.29658	1591905	4516881	35.24346	1.001507
<b>Litoloji (Birimlerin açıklaması Şekil 4'de verilmiştir)</b>	EoMibk	11888	892313	1.332268	30374	4516881	0.672455	1.9812
	Mia	79339	892313	8.891387	236692	4516881	5.240165	1.696776
	OlMimç	88177	892313	9.881846	144605	4516881	3.201435	3.086693
	EoMibç	68351	892313	7.65998	319244	4516881	7.067797	1.083786
	EoMibv	27316	892313	3.061258	295702	4516881	6.546597	0.467611
	KEoe	129753	892313	14.5412	1028715	4516881	22.7749	0.638475
	EoMibj	14561	892313	1.631827	35354	4516881	0.782708	2.084846
	Mivs	251321	892313	28.16512	1230024	4516881	27.23171	1.034276
	EoMib	218493	892313	24.48614	1125301	4516881	24.91323	0.982857
	Jkb	0	892313	0	46449	4516881	1.028342	0
	Ply	3114	892313	0.348981	8165	4516881	0.180766	1.930562
	PaEotv	0	892313	0	13314	4516881	0.294761	0

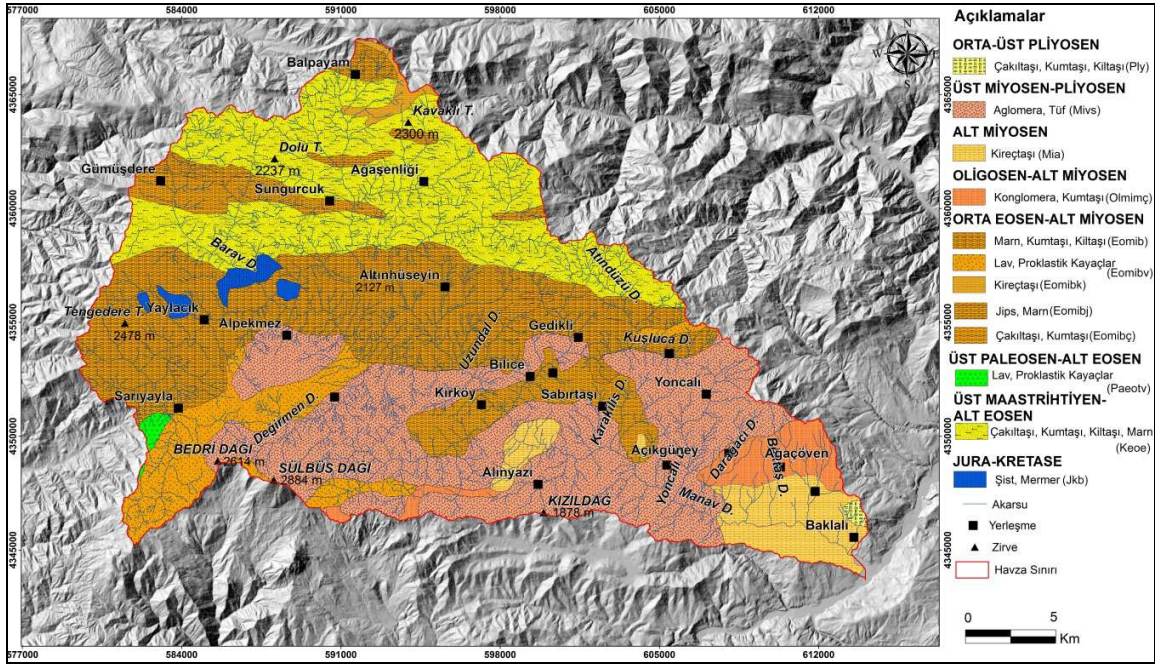
#### 4. Manav Deresi Havzası'nda Heyelan Oluşumu Üzerinde Etkili Olan Faktörler

Bu bölümde Manav Deresi Havzası'nda heyelan duyarlılığı üzerinde etkili olan litoloji, fay hatlarına uzaklık, bakı, eğim, akarsulara uzaklık, drenaj yoğunluğu ve bitki örtüsü faktörleri önem derecesine göre değerlendirilmiştir.

##### 4.1. Litolojinin Heyelan Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Manav Deresi Havzası'nın batısında Barav Deresi Vadisi'nde Jura-Kretase döneminde oluşmuş şist ve mermerler yüzeylenmektedir. Üst Maastrichtiyen-Alt Eosen dönemine ait çakıltaşı, kumtaşı, kiltası ve marndan oluşan litoloji havzanın kuzeybatısında yüzeylenmektedir. Orta Eosen-Alt Miyosen döneminde oluşmuş marn, kumtaşı, kiltası, lav ve proklastik kayalar havzanın batısında geniş alan kaplamaktadır (Tarhan, 2008). Üst Miyosen-Pliyosen dönemli Solhan Formasyonu üyesi aglomera ve tüfler Yoncalı ile Sülbüs Dağı arasında geniş alanlarda yüzeylenmektedir (Şekil 4).





Şekil 4: Manav Deresi Havzası'nın (Bingöl) litoloji haritası (Tarhan, 2008'den yararlanılarak çizilmiştir)

Litolojik özellikler heyelan oluşumunda önemlidir. Çünkü kayaların geçirimsizliği, su tutma kapasitesi heyelan oluşumu üzerinde doğrudan etkilidir. Manav Deresi Havzası'nda heyelanlar yoğun olarak tüfler üzerinde gelişmiştir. Bunun yanında marn, kumtaşı ve kiltaşından oluşan litoloji üzerinde de heyelan yoğunluğu fazladır. Genel olarak heyelan duyarlılığı tuf, marn, kiltası ve kumtaşlarının bulunduğu alanlarda yüksektir (Foto 4).

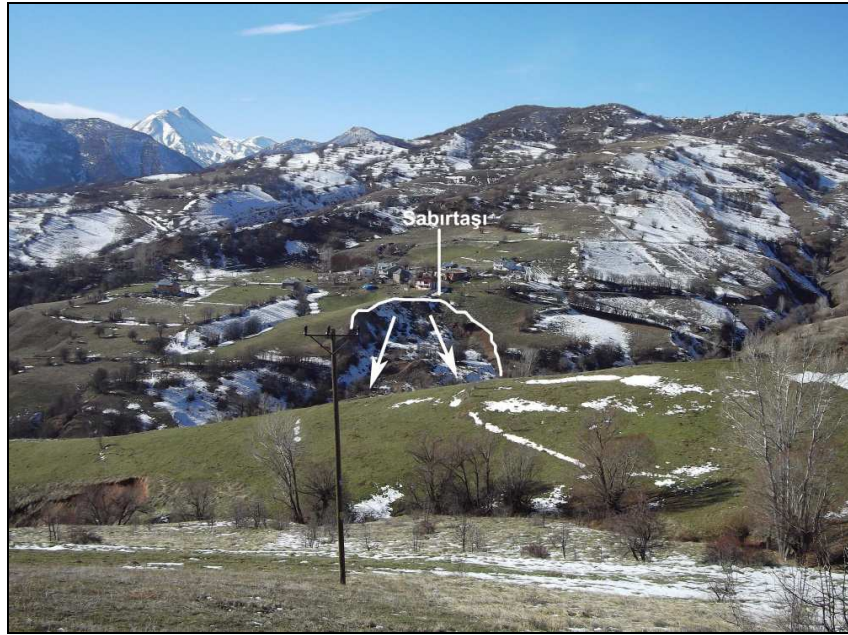
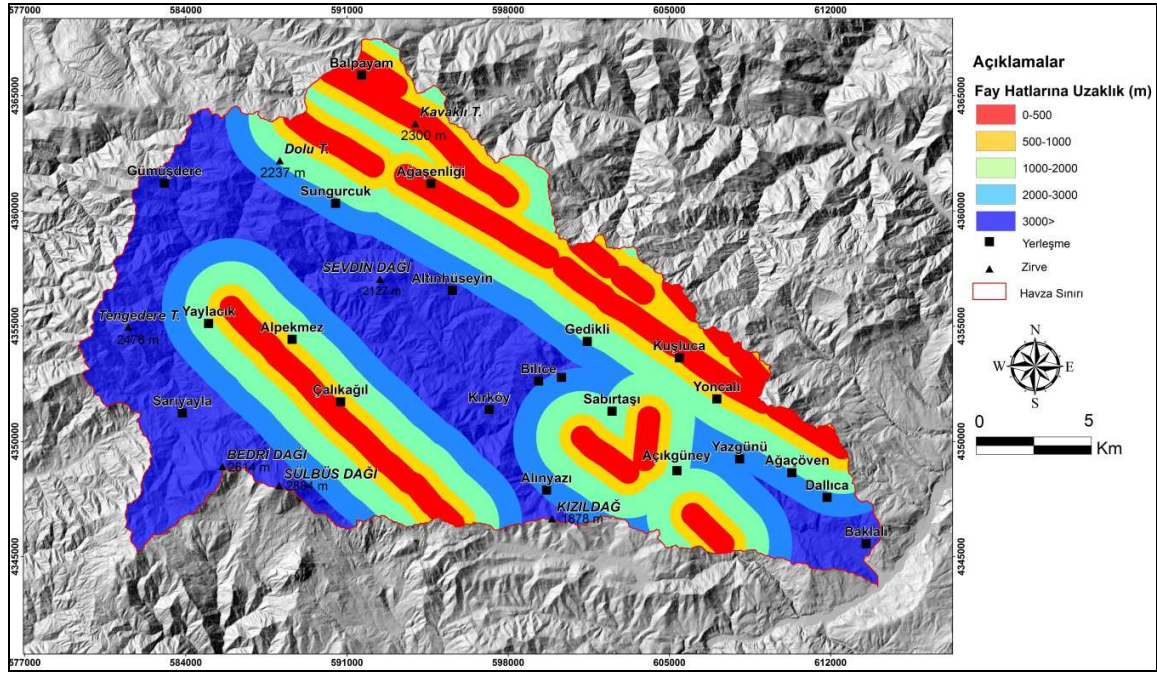


Foto 4: Sabırtası köyünde litolojik yapının uygun olması nedeniyle meydana gelen heyelanlar yerleşmeyi etkilemektedir.

#### 4.2. Fay Hatlarına Yakınlığın Heyelan Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Manav Deresi Havzası KB-GD doğrultusunda uzanan faylar tarafından kesilmektedir. Aktif olan bu faylar zaman zaman depremlerin meydana gelmesini sağlamaktadır. Fay hatlarının kestiği vadi yamaçlarında sıcak ve mineralli su kaynakları yüzeye çıkmaktadır. Sabırtası-Açıkğüney arasında Manav Deresi Vadisi'nde bu kaynaklar görülmektedir. Havza için fay hatlarına uzaklık ArcGIS 10.1 Programı kullanılarak elde edilmiştir. Buna göre havza alanının % 15.1'i fay hatlarına 0-500 uzaklıkta, % 13'ü 500-1000 m uzaklıkta, % 20.8'i 1000-2000 m uzaklıkta yer almaktadır. Havza alanının % 50'si fay hatlarına 0-2000 m uzaklıkta yer almaktadır (Şekil 5).



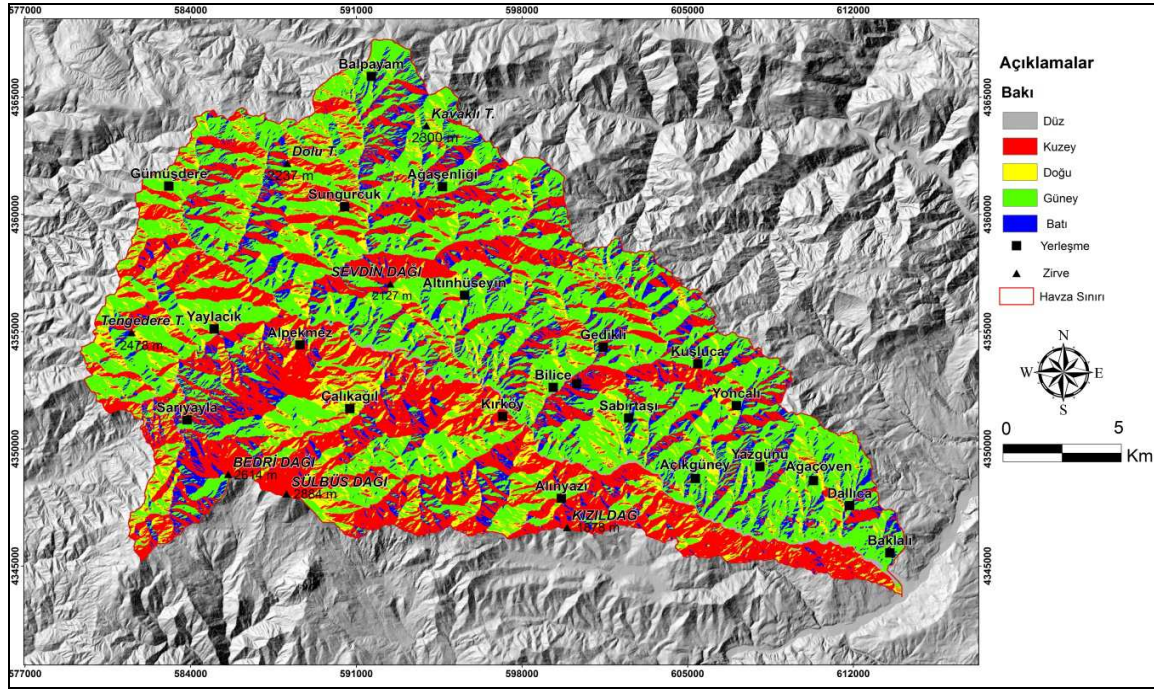
Şekil 5: Manav Deresi Havzası'nın (Bingöl) fay hatlarına uzaklık haritası

Wachal ve Hudak (2000), yapısal unsurlara yakın mesafelerde daha fazla heyelan oluşmasını, bu unsurların, kendilerini çevreleyen malzemeyi zayıflatması ile ilişkilendirmiştir. Yapısal unsurlara yakınlık parametresi kullanılırken, birden fazla tampon bölge oluşturulmaktadır. Genelde heyelan yoğunluğu, yapısal unsurlara yakın gruplarda daha fazladır. Bu durumu Lee ve diğ., (2004), Lee ve Talib (2005), Lee ve Sambath (2006), kayacın içerdiği çatlak oranının ve bozunma derecesinin artmasıyla açıklarken, Ruff ve Czurda (2008) yapısal unsurlara yakın mesafedeki ana kayanın, tektonik açıdan gerilim altında ve yüksek derecede duraysız olmasıyla ilişkilendirmiştir. Manav Deresi Havzası'nda heyelanların % 20.5'i fay hatlarına 0-500 m uzaklıkta, % 15.5'i 500-1000 m uzaklıkta, % 25.7'si 1000-2000 m uzaklıkta görülmüştür. Heyelanların % 60'dan fazlası fay hatlarına 0-2000 m uzaklıkta olan sahalarda yer almaktadır.

#### 4.3. Bakının Heyelan Üzerindeki Etkisi

Manav Deresi Havzası için SYM kullanılarak elde edilen bakı haritasına göre güney yönlü yamaçlar fazla alan kaplamaktadır. Güney yönlü yamaçlar havza alanının % 42.5'ini oluşturmaktadır. Kuzey yönlü yamaçlar % 33.3, doğu yönlü yamaçlar % 11.6, batı yönlü yamaçlar % 10.7 oranına sahiptir. Havzanın güneyinde kuzey yönlü yamaçlar, kuzeyinde ise güney yönlü yamaçların kapladığı alan fazladır (Şekil 6).





Şekil 6: Manav Deresi Havzası'nın (Bingöl) bakı haritası

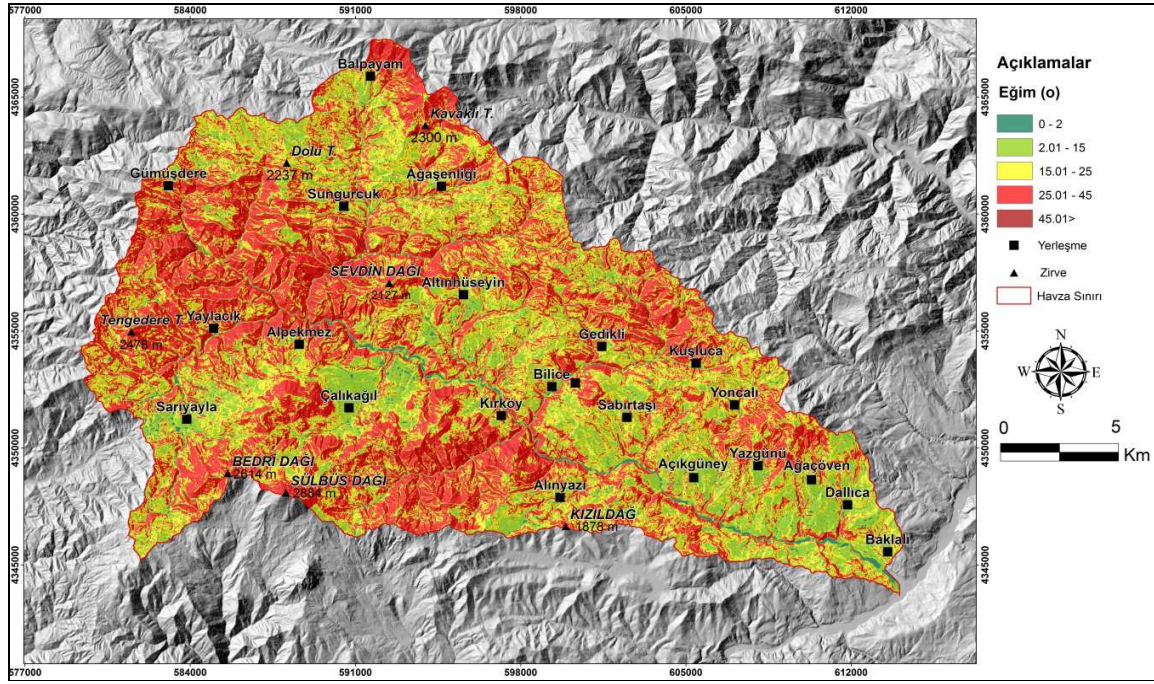
Yoğun yağış alan yamaçlardaki malzeme, topoğrafik yamaç eğimi ile zeminin türü, geçirirmliliği, gözenekliliği, nem ve organik madde içeriği, bitki örtüsü ve yağışın meydana geldiği mevsim gibi birçok faktör tarafından kontrol edilen süzülme kapasitesine de bağlı olarak diğer yamaçlara göre daha çabuk doygunluğa ulaşır. Buna bağlı olarak bu yamaçlarda boşluk suyu basıncında artış görülür ve bu tür yamaçlar heyelana karşı daha duyarlı hale gelmektedir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001:198).

Manav Deresi Havzası'nda heyelanların bakı gruplarına dağılımı irdelendiğinde güney yönlü yamaçlarda heyelanların oranı % 52, kuzey yönlü yamaçlarda % 20.9'dur. Güney yamaçlarda heyelanların fazla olması yağış miktarı ile ilişkilidir. Zira güneyden gelen hava kütlelerine dönük olan bu yamaçlar fazla miktarda yağış almaktadır. Ayrıca bu yamaçlarda kar yağışının miktarı ve kar kalınlığı da fazladır. İlkbahar mevsiminde sıcaklıkların erken yükselmesi kar erimelerini hızlandırarak bu yamaçlarda heyelan oluşumuna neden olmaktadır.

#### 4.4. Eğimin Heyelan Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Manav Deresi Havzası'nda SYM'nin histogram verisinden elde edilen değerlere göre eğim 0-68° arasında değişmekte, ortalama eğim değeri 23°'yi bulmaktadır. Akarsu vadilerinde eğim değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu durum tektonik aktiviteye bağlı olarak akarsuların yataklarına gömülmesinin sonucudur. Genel olarak ana akarsuyun güneyinde eğim değerleri yükselmektedir. Eğim değerlerinin 25-45° arasında değiştiği sahalar havza alanının % 43'ünü oluşturmaktadır. Alinyazı-Kırköy arasında eğim en yüksek değerine ulaşmaktadır. Manav Deresi'nin kuzeyinde Sevdin Dağı eğimin çok yüksek olduğu bir alana karşılık gelmektedir. Dallica ile Sabırtaşı arasında eğim değerleri azalmaktadır. Havzada eğim değerlerinin 0-2° arasında değiştiği sahaların oranı % 2.3'tür (Şekil 7).





Şekil 7: Manav Deresi Havzası'nın (Bingöl) eğim haritası

Heyelan oluşumunda en etkili faktörlerden biri eğimdir. Nagarajan ve diğ. (2000) Hindistan'da Konkan bölgesinde, kaya düşmesi türündeki heyelanların, 80°'den büyük yamaç eğimine sahip dik yamaçlarda, toprak kayması türündeki heyelanların ise 35°'den büyük eğime sahip yamaçlarda meydana geldiğini saptamış ve yamaç eğiminin artması ile heyelan duyarlılığının arttığını belirlemiştir. Manav Deresi Havzası'nda heyelanların % 2.2'si 0-2° eğim grubunda, % 29'u 2-15° eğim grubunda, % 38'i 15-25° arasında eğime sahip alanlarda, % 29'u 25-45° eğim grubunda görülmektedir. Havzada eğim değerlerinin artması ile heyelan arasında doğru orantı bulunmaktadır. Eğimli vadi yamaçları heyelanların yoğun olarak görüldüğü sahalara karşılık gelmektedir (Foto 5).

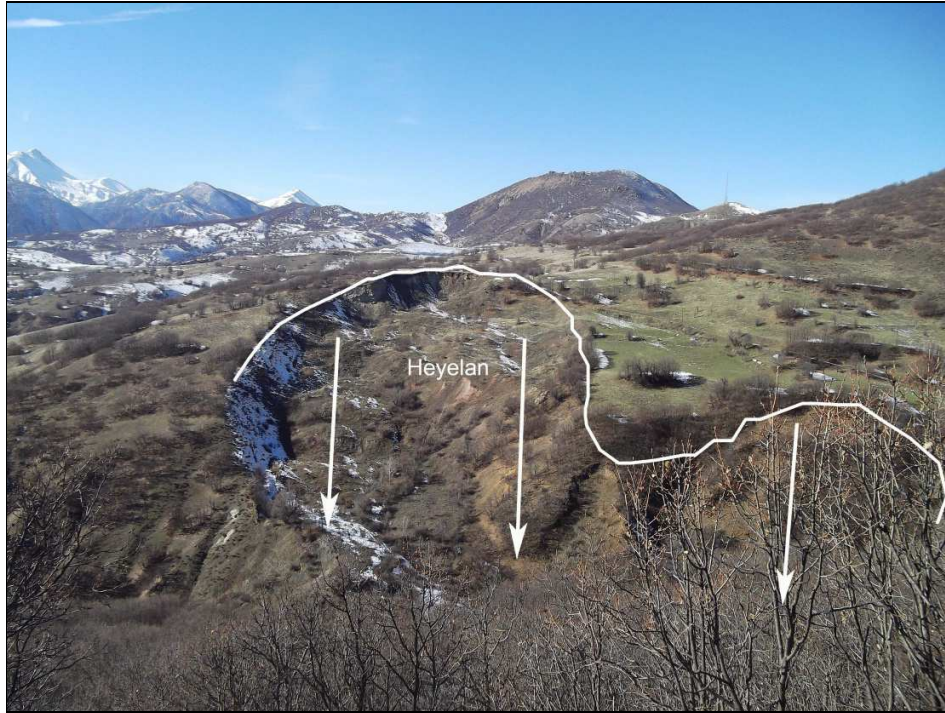
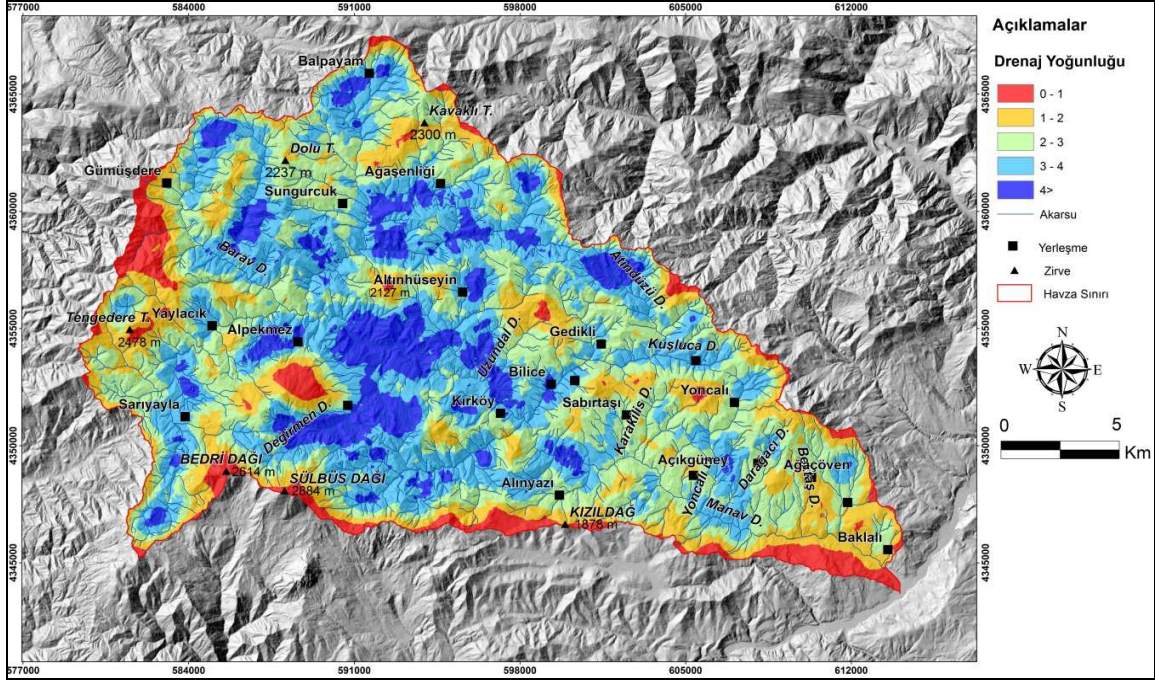


Foto 5: Manav Deresi Havzası'nda vadi yamaçlarında büyük boyutlara varan heyelanlar görülmektedir.



#### 4.5. Drenaj Yoğunluğunun Heyelan Üzerindeki Etkisi

Havza için drenaj yoğunluğu haritası ArcGIS 10.1. programı Spatial Analiz-Density tool'u ile oluşturulmuştur. Elde edilen drenaj yoğunluğu haritası eşit aralıklarla 5 sınıf olmak üzere yeniden sınıflandırılmıştır. Manav Deresi Havzası'nda drenaj yoğunluğu ( $\text{km}^2\text{km}^{-1}$ ) 0-1 olan alanların oranı % 5.5, 1-2 olan sahaların oranı % 18, 2-3 olan alanların oranı % 34, 3-4 olan alanların oranı % 31.2'dir. Havza alanının % 65'inde drenaj yoğunluğu 2-4 arasındadır (Şekil 8).

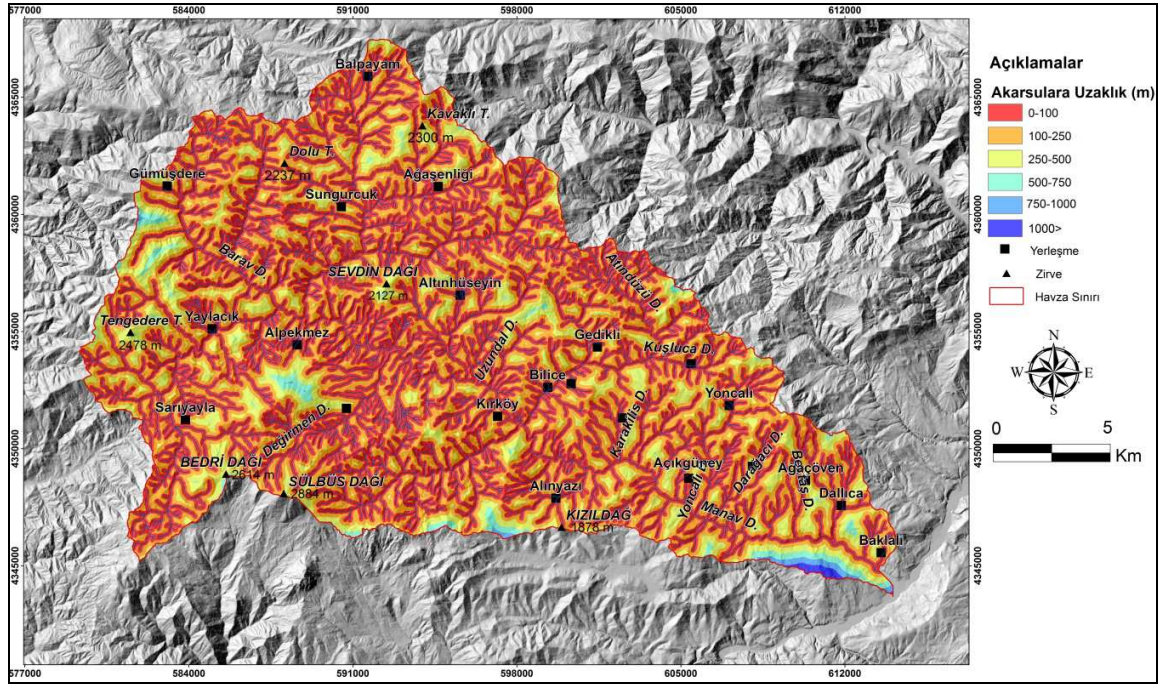


Şekil 8:Manav Deresi Havzası'nın (Bingöl) drenaj yoğunluğu haritası

Manav Deresi Havzası'nda heyelanların % 1.5'i drenaj yoğunluğunun ( $\text{km}^2\text{km}^{-1}$ ) 0-1 olduğu, % 18.2'si 1-2 arasında olduğu, % 41.8'i 2-3 arasında olduğu sahalarda meydana gelmiştir. Genel olarak drenaj yoğunluğunun arttığı sahalarda heyelanların arttığı görülmektedir.

#### 4.6. Akarsulara Uzaklığın Heyelan Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Manav Deresi Havzası'nda akarsulara 0-100 m uzaklıktaki sahaların oranı % 51.3, 100-250 m uzaklıkta olan sahaların oranı % 35.4, 250-500 m uzaklıkta olan sahaların oranı % 11.3'dür (Şekil 9). Yamaçların akarsuya yakınlığı heyelan duyarlılığı açısından önemlidir. Çünkü akarsular yamaç topuğunu erozyona uğratarak ya da yamacı oluşturan malzemenin akarsu seviyesinin altındaki kesimini suya doygun hale getirerek, yamaçların duraylılığını bozmaktadır (Demir, 2011:42). Buna bağlı olarak akarsuya yakın alanlarda diğer koşulların da elverişli olması heyelan oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Havzada heyelanların % 52.8'i akarsulara 0-100 m uzaklıkta olan alanlarda, % 35.2'si akarsulara 100-250 m uzaklıkta olan sahalarda meydana gelmiştir (Foto 6). Akarsulara olan uzaklık arttıkça heyelanların azaldığı görülmektedir.



Şekil 9: Manav Deresi Havzası'nın (Bingöl) akarsulara uzaklık haritası

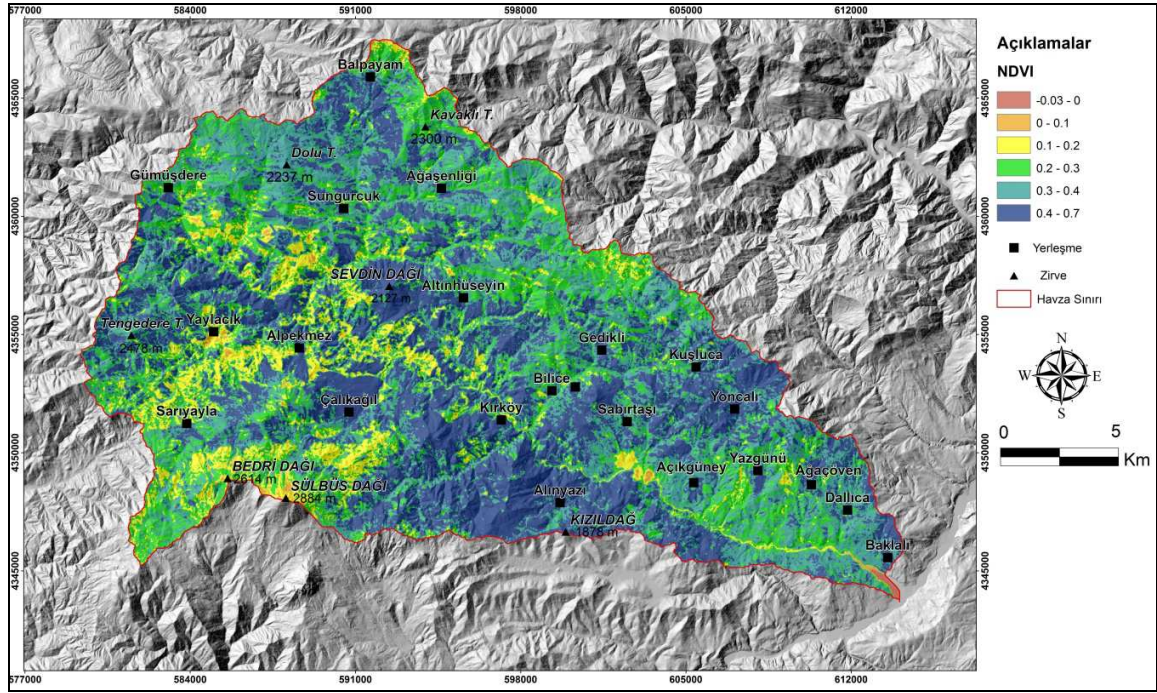


Foto 6: Havzada akarsu vadisinde görülen bir heyelan

#### 4.7. Bitki Örtüsünün Heyelan Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Manav Deresi Havzası'nda bitki örtüsünü meşelerden oluşan ormanlar ve step türleri oluşturmaktadır. Havzada bitki örtüsü Landsat 8 OLI-TRS verisinden üretilen NDVI verilerine göre değerlendirilmiştir. NDVI değerlerinin 0.1-0.2 arasında olan sahaların oranı % 9.1, 0.2-0.3 arasında olan sahaların oranı % 23.4, 0.3-0.4 arasında olan sahaların oranı % 31.3, 0.4'den yüksek olan sahaların oranı ise % 35.2'dir. Genel olarak değerlendirildiğinde havzanın bitki örtüsü açısından orta yoğunlukta olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 10).





Şekil 10: Manav Deresi Havzası'nın (Bingöl) NDVI haritası

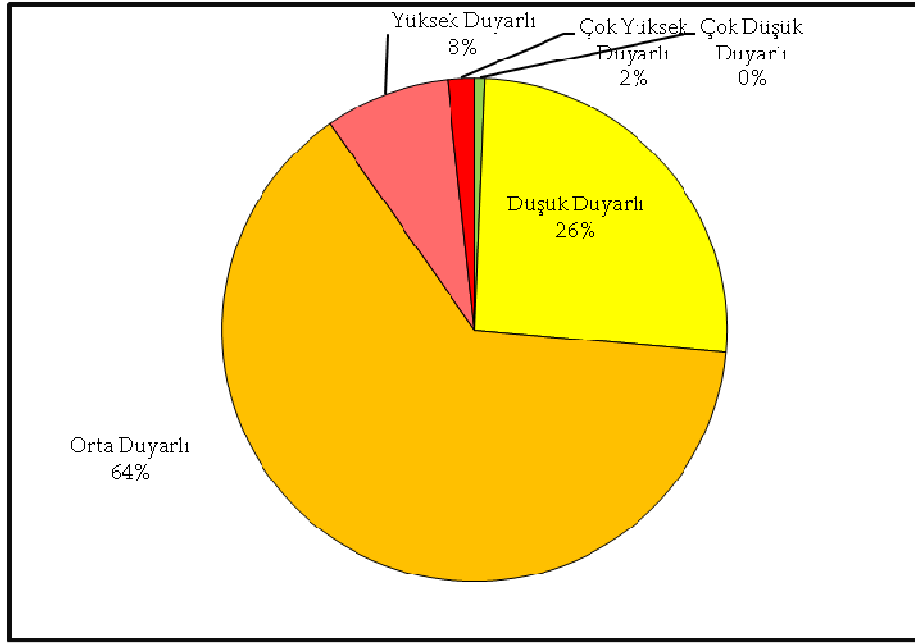
Bitki örtüsü olmayan veya seyrek bitki örtüsü ile kaplı alanlar, hızlı erozyona maruz kalırlar ve heyelana daha duyarlıdır. Genellikle, bitki örtüsü ile kaplı alanlarda bozunma ve erozyon etkisinin azalması, heyelan duyarlılığını azaltmaktadır (Mulder ve Van Asch, 1988; Anbalagan, 1992). Havzada heyelanların % 65'i NDVI değerlerinin 0-0.4 arasında değiştiği sahalarda görülmüştür. Bunun yanında bitki örtüsünün arttığı sahalarda da heyelanlar görülmektedir. Bu durum heyelan oluşumunu kolaylaştıran diğer faktörlerin elverişli olmasının sonucudur. Bu faktörler eğim, litoloji, sismik hareketler ve yeraltı suyudur.

##### 5. Sonuç ve Öneriler

Bingöl'ün kuzeybatısında yer alan Manav Deresi Havzası'nda jeolojik, jeomorfolojik, hidrografik yapıya ve iklim özelliklerine bağlı olarak geniş alanlı heyelanlar görülmektedir. Bu heyelanlar yerleşmeleri, tarım alanlarını ve karayolunu etkilemektedir.

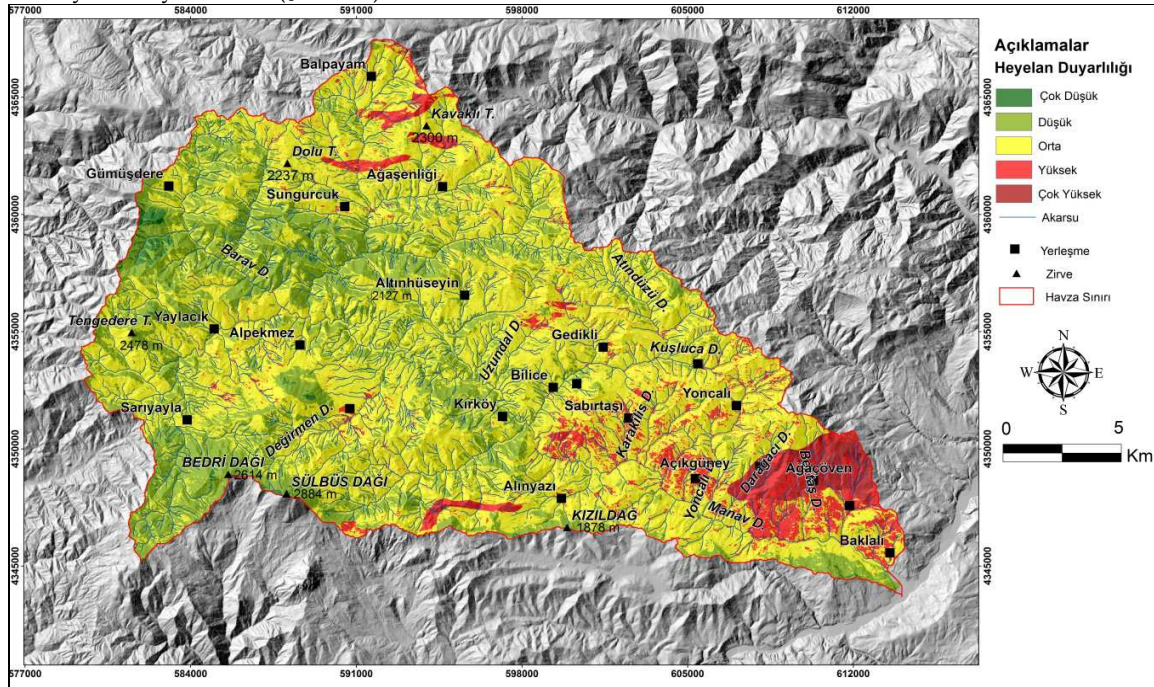
Manav Deresi Havzası için frekans oranı yöntemi kullanılarak yapılan heyelan duyarlılık analizinde litoloji, eğim, fay hatlarına ve akarsulara uzaklık, drenaj yoğunluğu, bakı ve bitki örtüsü parametreleri kullanılmıştır. Parametreler literatürde heyelan duyarlılığı ile ilgili çalışmalar ve arazi gözlemleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

Frekans oranı yönteminde frekans oranı değeri 1'den büyük olanlar yüksek korelasyonu, 1'den düşük olanlar ise düşük korelasyonu göstermektedir (Erener ve Düzgün, 2007). Analiz sonuçlarına göre heyelan duyarlılığı üzerinde litoloji, faya uzaklık, bakı ve eğim faktörlerinin etkisinin fazla olduğu görülmüştür. Manav Deresi Havzası'nda heyelana orta derecede duyarlı alanların oranı % 64, yüksek derecede duyarlı alanların oranı % 8, çok yüksek derecede duyarlı alanların oranı % 2'dir. Bu sonuçlara göre heyelan duyarlılığı orta ve üzerinde olan alanlar havzanın % 74'ünü oluşturmaktadır (Şekil 11).



Şekil 11: Manav Deresi Havzası'nda (Bingöl) heyelan duyarlılığının oransal dağılışı

Heyelanlar Solhan Formasyonu üyesi olan tüfler ile Mollakulaçdere Formasyonu üyesi kumtaşları ve Balpayam Formasyonu üyesi kiltası ve marnlar üzerinde yaygın olarak görülmektedir. Açıkğüney ile Sabırtaşı arasında tüflerden oluşan litoloji vadi yamaçlarında büyük heyelanların görülmesini sağlamıştır. Bu sahada heyelan duyarlılığı yüksektir. Açıkğüney ile Yazgünü arasında karayoluna çok yakın alanda heyelanlar görülmüştür. Dallica ile Ağaçöven arasında kumtaşları üzerinde heyelan duyarlılığı yüksektir. Bu durum kumtaşı tabakalarının altında geçirimsiz litolojinin bulunmasına bağlıdır. Heyelanların dağılışı ile duyarlılık haritası arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Heyelanların yoğun olarak görüldüğü Baklalı ile Sabırtaşı arasında duyarlılık yüksektir (Şekil 12).



Şekil 12: Manav Deresi Havzası'nın (Bingöl) heyelan duyarlılık haritası

Heyelan duyarlılığı üzerinde etkisi yüksek olan diğer parametre fay hatlarına uzaklıktır. Heyelan duyarlılığı fay hatlarına yakın olan alanlarda yüksektir. Havzada heyelanların görülmesi aynı zamanda tektonik



aktivite ile de ilişkilidir. Yöre halkından alınan bilgilere göre geçmişte depremlerden sonra büyük heyelanlar gelişmiştir. Açıkgüney köyünde ceviz yetiştiriciliği yapılan sahalar 1971 Bingöl Depremi'nden sonra kayma neticesinde kullanılamamaktadır. Bu sahada kaymalar güncel olarak devam etmektedir.

Heyelan duyarlılığı üzerinde bakı faktörünün etkisi belirgindir. Güneye bakan yamaçlarda heyelan duyarlılığı yüksektir. Bu durum bu yamaçlarda kar yağışı miktarı ve kar erimelerinin fazla olması ile ilişkilidir. Yörede heyelanların çoğu ilkbahar döneminde görülmüştür.

Eğim heyelan oluşumu üzerinde etkili olan diğer parametredir. Eğimli vadi yamaçlarında heyelan duyarlılığı artmaktadır. Açıkgüney, Ağaçöven ve Sabırtaş köylerinde vadi yamaçlarında akarsuyun alttan oyması ile eğim değerlerinin yükselmesi göçmelerin oluşmasını sağlamaktadır. Bu göçmeler meskenlere zarar verebilecektir. Manav Deresi Havzası'nda yerleşmelerin ve karayolunun heyelan duyarlılığı yüksek alanlarda kaldığı görülmektedir. Bu durum dikkate alınarak özellikle Açıkgüney, Ağaçöven, Sabırtaş, Dallica ve Yazgünü köylerinin heyelan açısından izlemeye alınması gerekmektedir. Oluşturulan duyarlılık haritasının yapılacak çalışmalarda kullanılması olası ekonomik kayıpları aza indirecektir.

## KAYNAKÇA

- ANBALAGAN, R (1992). "Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain". *Eng. Geol.*, 32, 269-277.
- BONHAM CARTER, G. F (1994). *Geographic Information Systems for Geoscientists, Modeling with GIS*. Pergamon Press, Oxford, p. 398.
- ÇEVİK, E, TOPAL, T (2003). "GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for a Problematic Segment of the Natural Gas Pipeline, Hendek (Turkey)", *Environmental Geology*, 44, 949-962.
- DEMİR, G (2011). *Kuzey Anadolu Fayı Üzerinde Niksar-Suşehri Arasındaki Alanın Cbs Tabanlı Heyelan Duyarlılık Analizi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.1-181.
- EİNSTEİN, H. H (1988). "Special Lecture: Landslide Risk Assessment Procedure", *In: Proc. V Int. Semp. On Landslides*, Lausanne, 2,1075-1090.
- ERENER A, LACASSE, S (2007). "Heyelan Duyarlılık Haritalamasında Cbs Kullanımı", Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası , 30 Ekim -02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.
- ERENER, A, DÜZGÜN, H. S. B (2010). "Improvement of statistical landslide susceptibility mapping by using spatial and global regression methods in the case of More and Romsdal (Norway)", *Landslides*, Volume 7, Number 1, 5568.
- GÖKÇEÖĞLU, C, ERCANOĞLU, M (2001). "Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler", *Yerbilimleri, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 23, 189-206.
- GRİFFİTHS, J. S, MATHER, A. E, HART, A. B (2002). "Landslide Susceptibility in the Rio Aguas Catchment, SE Spain", *Q J Eng. Geol. Hydrogeol.*, 35, 9-17
- JADDA, M, SHAFRİ, H. Z. M, MANSOR, S. B, SHARİFİKİA, M, PİRASTEİ, S (2009). "Landslide Susceptibility Evaluation and Factor Effect Analysis Using Probabilistic Frequency Ratio Model", *European Journal of Scientific Research*, Volume 33, Number 4, 654668
- LEE, S, CHOİ, J, MİN, K (2004). "Probabilistic landslide hazard mapping using GIS and remote sensing data at Boun, Korea". *Int. J. Remote Sens.*, 25, 2037- 2052.
- LEE, S, EVANGELİSTA, D. G, (2005). "Landslide Susceptibility Mapping using Probability and Statistics Models in Baguio City, Philippines", *31st International Symposium on Remote Sensing of Environment*, Saint Petersburg, Russia
- LEE, S, SAMBATH, T (2006). "Landslide Susceptibility Mapping in the Damrei Romel Area, Cambodia Using Frequency Ratio and Logistic Regression Models", *Environmental Geology*, 50, 847-855.
- LEE, S, TALİB, J. A (2005). "Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis", *Environmental Geology*, 47, 982-990
- MULDER, HFHM, VAN ASCH, TWJ (1988). "A stochastic approach to landslide hazard determination in a forested area". *In: Proc. V Int. Symp. Landslides*, Laussane, 2, 1207-1210.
- NAGARAJAN, R, ROY, A, VİNOD KUMAR, R, MUKHERJEE, A, KHİRE, M. V (2000). "Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon regions". *Bull. Eng. Geol. Env.*, 58, 275-287.
- RUFF, M, CZURDA, K (2008). "Landslide susceptibility analysis with a heuristic approach in the Eastern Alps (Vorarlberg, Austria)", *Geomorphology*, 94, 314-324.
- PARİSE, M (2001). "Landslide Mapping Techniques and their Use in the Assessment of the Landslide Hazard", *Phys. Chem. Earth (C)*, 26,9, 697-703.
- TARHAN, N (2008), 1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Erzurum J 43 paftası, Maden Tetkik Arama Enstitüsü Genel Müdürlüğü, Ankara
- WACHAL, D. J, HUDAK, P. F (2000). "Mapping landslide susceptibility in Travis County, Texas, USA", *GeoJournal*, 51 (3), 245-253.
- VAN WESTEN, C. J (1994). GIS in Landslide Hazard Zonation: A Review with Example from the Colombian Andes, In: Price, M.F., Heywood, D.I. (Eds.), Taylor and Francis, London.
- VARNES, D. J (1984). Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practices Commission on Landslides of the IAEG, UNESCO, Paris.1-63.
- YALÇIN, A (2007), "Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin ve CBS'nin Kullanımı", *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c.23, s.3,s:1-14.
- YILMAZ, I (2009). "Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Kat landslides (Tokat-Turkey)", *Computers & Geosciences* 35,1125-1138.