



ŞEPKER ÇAYI AŞAĞI HAVZASI'NIN (ADİYAMAN BATISI) HEYELAN DUYARLILIK ANALİZİ

Landslide susceptibility analysis for Şepker Stream Lower Basin (West of Adiyaman)

Murat SUNKAR*

Vedat AVCI**

Özet

Bu çalışmada, Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın heyelan duyarlılık analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Şepker Çayı, Adiyaman'ın batısında kuzeyden güneye doğru akmakta olup Göksu Çayı'na bağlanmaktadır. Şepker Çayı'nın Yukarı Havzası'nda kireçtaşları, aşağı havzada volkanik ve kırıntılı kayalar litolojiyi oluşturmaktadır. Aşağı havzanın litolojik yapısı nedeniyle Şepker Çayı Vadisi boyunca geniş alanlı heyelanlar gelişmiştir. Tepecik, Damdırmaz ve Şerefli çevresi heyelanların en yoğun görüldüğü alanlardır. Bu yerleşmelerden Damdırmaz ve Şerefli doğrudan heyelan üzerinde kurulmuş yerleşmelerdir. Özellikle ilkbahar mevsimlerinde kar erimeleri ve şiddetli yağışlar sonrasında yerleşme, yol ve tarım arazilerini etkileyen heyelanlar görülmektedir. Yağışla birlikte Tepecik kuzeyindeki mevsimlik göl, litolojik yapı ve vadi yamaçlarındaki yüksek eğim değerleri, heyelan oluşumunu tetiklemektedir. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın heyelan duyarlılığını belirlemek amacıyla, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) çalışmalarında kullanılan, ağırlıklı çakıştırma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, litoloji, fay hatlarına uzaklık, eğim, göle uzaklık, akarsulara uzaklık ve bitki örtüsü kapallığı gibi parametreler kullanılmıştır. Analiz sonuçlarının doğrulanması amacıyla arazi gözlemleri yapılmıştır. Arazi çalışmalarına göre heyelan envanter haritası oluşturulmuş, bu harita ile parametre haritaları çakıştırılarak duyarlılık haritası üretilmiştir. Sonuç haritasına göre Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda duyarlılığın düşük olduğu alanların oranı % 39, orta duyarlı alanlar % 23, yüksek ve çok yüksek duyarlı alanların oranı % 38'dir. Bu değerlere göre, Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda yapılacak planlama çalışmalarında heyelan riski birinci derecede dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Adiyaman, Şepker Çayı, Şepker Çayı Aşağı Havzası, Damdırmaz, Heyelan Duyarlılık Analizi

Abstract

The aim of the study is to conduct landslide susceptibility analysis for Şepker Stream Lower Basin. Şepker Stream flows in western Adiyaman from north to the south into Göksu Stream. In Şepker Stream Upper Basin lithology is composed of limestone, whereas the lower basin is composed of volcanic and clastic rocks. Due to the lithological structure of the lower basin extensive landslides have developed along the Şepker Stream Valley. Tepecik, Damdırmaz and Şerefli regions are the areas where most of the landslides were observed. Damdırmaz and Şerefli settlements were built directly on landslides. Especially during spring, after snowmelt and heavy rainfalls, landslides that affect the settlement, roads and agricultural areas are observed. With rainfall, the seasonal lake located in northern Tepecik, lithological structure and high slope values in valley shoulders trigger the formation of landslides. To determine the landslide susceptibility in Şepker Stream Lower Basin, weighted overlay method utilized in Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) studies was used. In this method parameters such as lithology, the distance to fault lines, distance to streams and closure of vegetation are used. Field observations were conducted to verify the analysis results. Landslide inventory map was plotted based on the field studies and the susceptibility map was produced by overlaying parametric maps with the landslide inventory map. Based on the resulting map, 39% of the areas in Şepker Stream lower basin were low susceptibility; 23% were moderate susceptibility; and 38% were high and very high susceptibility areas. Based on these values, landslide risk should be considered as the primary risk in planning studies that would be conducted in Şepker Stream Lower Basin.

Keywords: Adiyaman, Şepker Stream, Şepker Stream Lower Basin, Damdırmaz, Landslide Susceptibility Analysis.

* Doç. Dr., Fırat Üniversitesi, İnsani ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, ELAZIĞ, msunkar@firat.edu.tr

** Yrd. Doç. Dr., Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, BİNGÖL, vavci@bingol.edu.tr

1. GİRİŞ

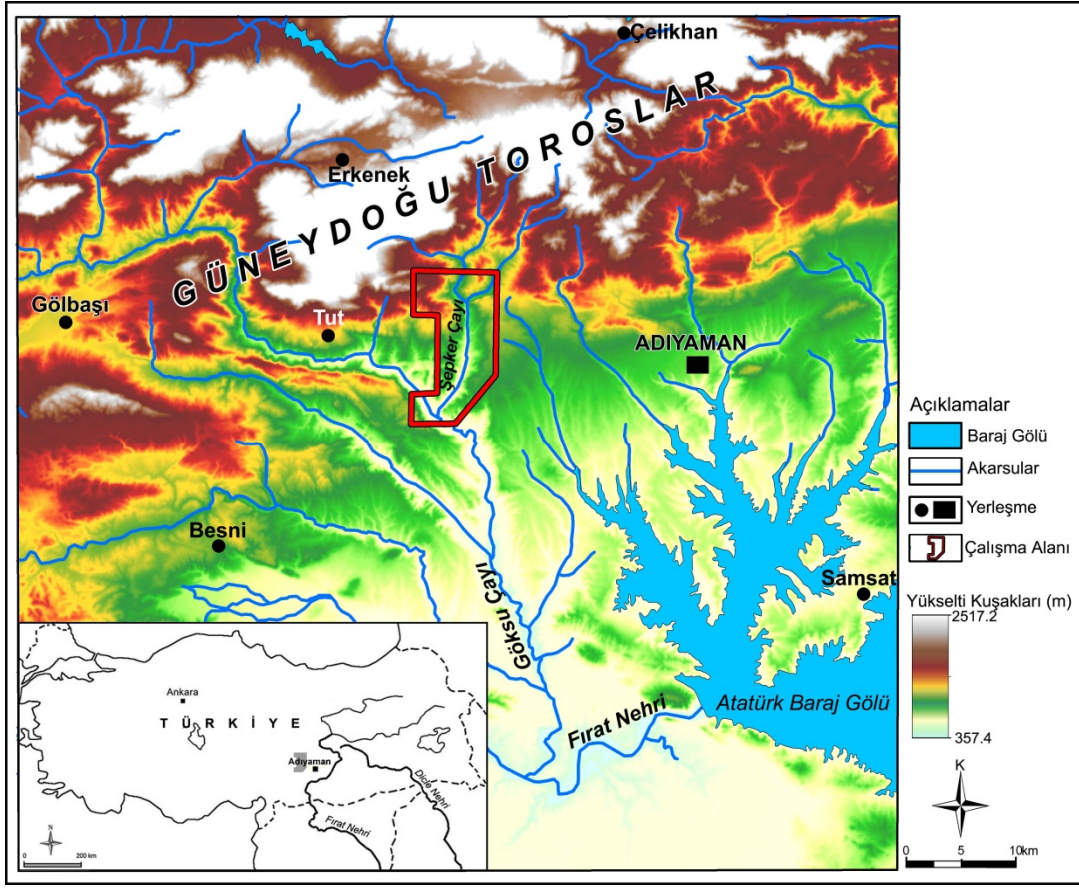
Kayalardan, enkaz mantosundan veya topraktan oluşmuş kütlelerin, yerçekimi etkisi altında koparak yer değiştirmeleri heyelan terimi ile açıklanmaktadır (Erinç, 2000). Heyelan oluşumunda litolojik ve tektonik yapı, jeomorfoloji, iklim, bitki örtüsü ve arazi kullanım durumu etkili olmaktadır. Son yıllarda yapılan istatistiksel değerlendirmelerde, heyelan oluşumunda kohezyon (tanelerin birbirini çekme özelliği), içsel sürtünme açısı (tanelerin temas yüzeyindeki sürtünmeden kaynaklanan dayanım), eğim, şev yönelimi, akarsuların ve insanların topografyada oluşturduğu karakteristik şekiller, bitki örtüsü, yer altı suyu ve fay hattına olan yakınlık gibi parametrelerin etkilerinin öne çıktığı görülmektedir (Gökçeoğlu ve Aksoy, 1996; Ocakoğlu ve diğ., 2002).

Türkiye'de jeolojik, jeomorfolojik ve iklim özellikleri nedeniyle görülen doğal afetler sonucunda büyük mal ve can kayıpları yaşanmaktadır. Türkiye'de yaşanan doğal afetler içerisinde can kayıpları açısından depremler % 53'lük oran ile birinci sırada, heyelanlar ise % 18'lik oranı ile ikinci sırada yer almaktadır. Afet İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre son 50 yıllık süre içerisinde heyelanlardan kaynaklanan maddi zararın, ülke ekonomisine maliyeti 4.5 milyar TL civarındadır. Bu rakamlar yıkılan ve yeni yapılan konutlar için geçerli olup, yeni yerleşim alanlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar, geçici iskan harcamaları, arazi maliyetleri, zaman ve işgücü kaybı ve diğer harcamalar, bu rakamlara dahil edilmemiştir (Demir, 2011).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde diğer bölgelere göre daha az heyelan olayları görülmektedir. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın da içerisinde yer aldığı Adıyaman ilinde 1970-2012 yılları arasında 21 heyelan olayı oluşmuştur. Bu değerler ile bölgedeki heyelanlar karşılaştırıldığında, Adıyaman birinci sırada yer almaktadır (TUAA, 2012). Adıyaman genelinde görülen heyelanlar, kuzeyde Doğu Anadolu ve Adıyaman Fay zonları üzerinde yoğunluk kazanmaktadır. İl genelinde depremden sonra en etkili doğal afeti heyelanlar oluşturmaktadır. Bu çalışmada incelenen Şepker Çayı Aşağı Havzası da Adıyaman'da heyelanların en yoğun görüldüğü alandan biridir (Şekil 1). Havza genelinde farklı tarihlerde görülen heyelanlar ekonomik açıdan büyük zararlara neden olduğundan, bu alanın heyelan duyarlılık analizi yapılmıştır.

Şepker Çayı, Adıyaman'ın doğusunda yer almakta olup, Göksun Çayı'nın bir kolunu oluşturmaktadır. Kaynağını Adıyaman'ın kuzeybatısındaki Akdağ'dan alan Şepker Çayı, karstik kaynaklarla beslenmektedir. Havzada yağış miktarının fazla olması ve güçlü kaynaklar nedeniyle akarsuyun debisi yüksektir. Şepker Çayı, Şerefli ve Tepecik arasında üç önemli kolun (Gürçe, Giriraş ve Han dereleri) birleşmesiyle oluşmaktadır. Yan kolların birleşme alanından sonra, vadi yamaçlarında yoğun heyelan oluşumu görülmektedir. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda, yapılan hesaplamalara göre aktif heyelan alanları ortalama 11 km²'lik alan kaplamaktadır. Tepecik, Damdırmaz ve Şerefli çevresinde yoğunluk kazanan heyelanların oluşumunda litolojik ve tektonik yapı, eğim, yağış ve bitki örtüsü özellikleri etkili olmaktadır. Havzada görülen heyelanlar yamaçlarda yer alan bağ-bahçe ve tarım arazileri ile kırsal yerleşmelerin bağlantısını sağlayan yolları etkilemektedir. Ayrıca, Adıyaman'a içme suyu sağlayan ana şebekenin bu vadiden geçmesi yaşanan heyelanların önemini daha da artırmaktadır. Ana şebeke dışında bazı kırsal yerleşmeler ve altyapı şebekeleri de heyelandan etkilenmektedir. Şepker Çayı Vadisi'nde görülen heyelanlar, bu alandaki kırsal yerleşmeler dışında doğrudan Adıyaman'ı etkilemesi nedeniyle önemli bir sorun oluşturmaktadır. Çünkü bu vadede yaşanacak bir heyelan şehrin ana içme suyu şebekesini etkileyerek, şehrin susuz kalmasına neden olabilmektedir.

Şepker Çayı Havzası'nda Orta Triyas-Kretase volkanik ve sedimanter kayalar ile pelajik kireçtaşları ve ofiyolitik karmaşık en yaşlı birimi oluşturmaktadır. Aşağı havzada Üst Kretase-Paleojen volkanik ve sedimanter kayalar ile Kretase döneminde oluşmuş pelajik kireçtaşları ve kırıntılar en geniş yüzeyleme alanına sahiptir. Eosen Neritik kireçtaşları kuzeyde, Üst Miyosen-Pliosen dolguları ise doğuda yüzeylenmektedir. Geniş tabanlı olan Göksu ve Şepker çayı vadi tabanı genç alüvyonlarla doldurulmuştur (MTA, 2002). Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda litolojinin çok çeşitli ve killi yapıda olması heyelan oluşumuna zemin hazırlamaktadır.



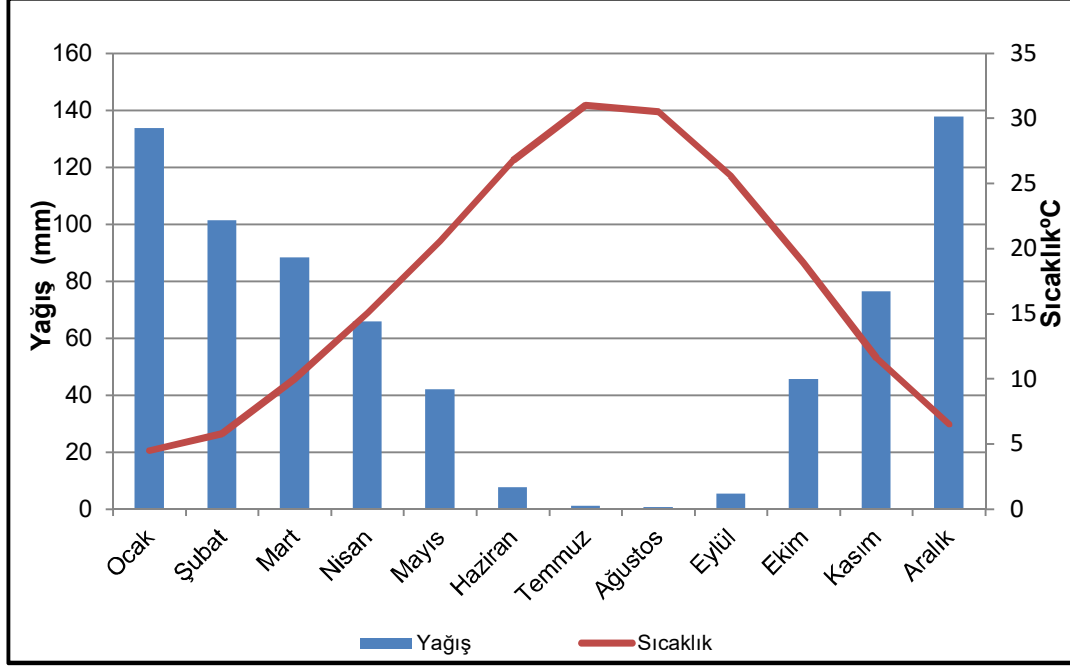
Şekil 1. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın lokasyon haritası.

Şepker Çayı Havzası'nın kuzey bölümü, Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), güney bölümü ise Adıyaman Fay Zonu (AFZ) üzerinde kalmaktadır. Bu alan adeta Doğu Anadolu Fayı ve Adıyaman Fayı'nın makaslama alanında yer almaktadır. Havza, tektonik açıdan çok hareketli bir bölgede yer alması nedeniyle yüksek ve parçalı bir topografya özelliği kazanmıştır. Aşağı havzada en düşük 510 m, en yüksek 1480 m yükselti değerleri dikkate alındığında kısa mesafelerde ciddi yükselti farkının olduğu görülmektedir. Genç tektonik hareketlere ayak uyduran Şepker Çayı, yatağı içerisine gömülerek vadi yamaçlarında yüksek eğim değerleri oluşmuştur. Aşağı havzada eğim değerleri % 0-45 arasında değişmekte olup, bu değerler kuzeyden güneye doğru azalmaktadır.

Şepker Çayı Havzası'nın iklim özellikleri Adıyaman Meteoroloji İstasyonu'nun verilerine göre değerlendirilmiştir (Şekil 2). Yağışın yıl içindeki dağılışı dikkate alındığında Akdeniz iklimine benzer özellikler görülmektedir (Ardel, 1961). Yağışla birlikte yıllık sıcaklık durumu dikkate alındığında, Adıyaman'ın da içerisinde yer aldığı Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde etkili olan termik rejim, Karasal Akdeniz Termik Rejimi olarak tanımlanmaktadır (Koçman,1993). Adıyaman Meteoroloji İstasyonu verilerine göre 40 yıllık (1970-2010) ortalama sıcaklık 17.2 °C'dir (DMİ, 2010). Adıyaman'ın uzun yıllar (1970-2010) yıllık ortalama yağış miktarı 679.3 mm'dir. Bu değerler havza tabanında yer alan Adıyaman için geçerli olup, inceleme alanında yükselti ve orografinin etkisiyle değişmektedir.

Akdağ'ın güney eteklerinde yer alan Şepker Çayı Havzası, Adıyaman'dan daha fazla yağış almaktadır. Yağış miktarının fazla olduğu yıllarda ise geniş çaplı heyelanlar oluşmaktadır. 30 Ocak 2010 tarihinde Tepecik doğusunda meydana gelen heyelan, şiddetli yağışın olduğu bir dönemden sonra meydana gelmiştir. Son büyük heyelan ve diğer heyelanların gelişimleri dikkate alındığında Şepker Çayı Aşağı Havzası'ndaki heyelanların yağışlı dönemde meydana geldiği görülmüştür.

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın bitki örtüsünü, kuzeyde parçalar halinde meşeler, güneyde ise stepler oluşturmaktadır. Bu özelliği ile adeta step ve meşe ormanları arasında geçiş sahasında yer almaktadır. Uzun dönemli tahribat sonucunda meşe ormanları ortadan kaldırılmış olup, bazı alanlarda ve yerleşmelerin çevresinde öbekler halinde görülmektedir. Normalize Fark Bitki İndeksi'ne (NDVI) göre yapılan sınıflandırmada da bu durum doğrulanmıştır.

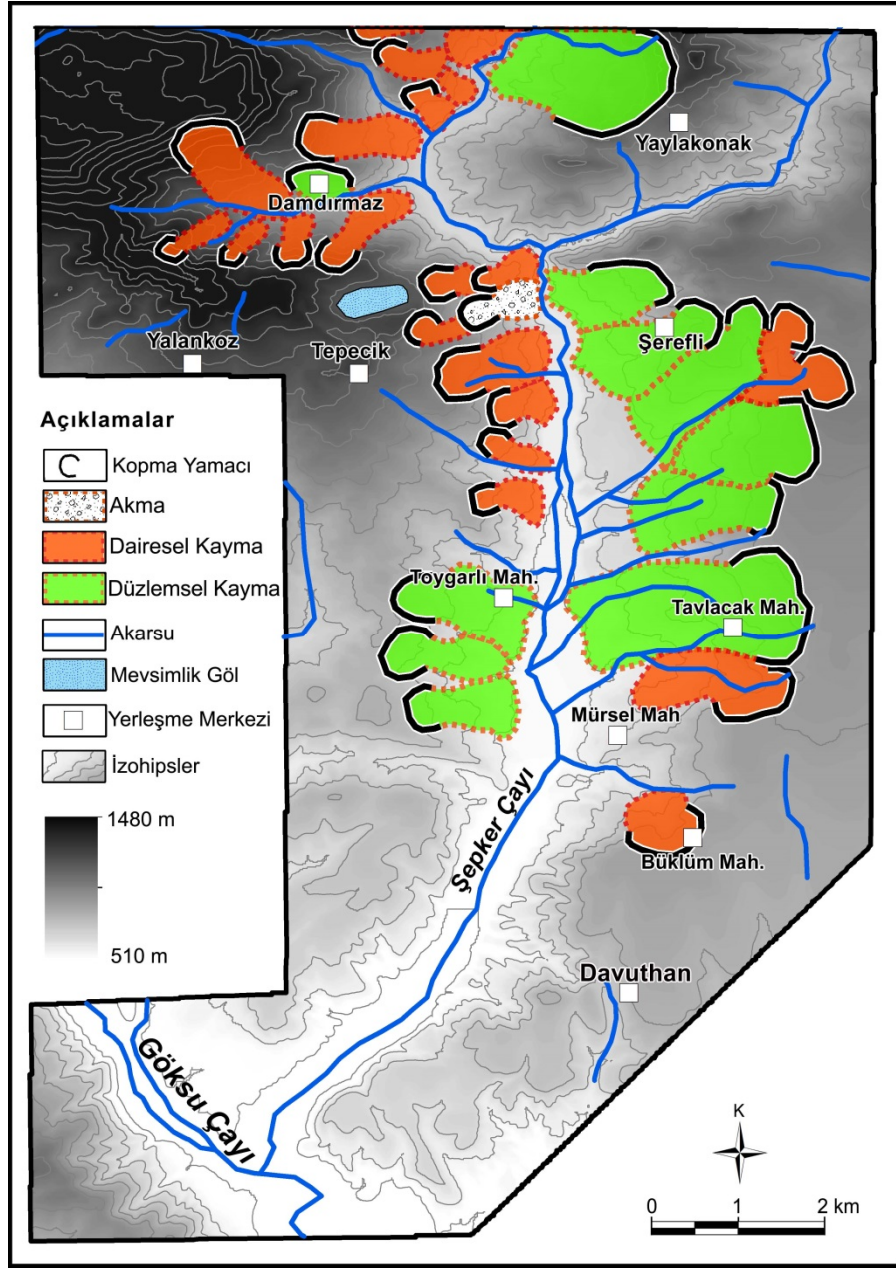


Şekil 2. Adıyaman'da uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık ve yağış grafiği (1970-2010 DMİ).

Şepker Çayı'nın içerisinde yer aldığı Adıyaman Havzası'na yönelik yapılan geniş alanlı jeomorfoloji çalışmalarında, havzadaki heyelanlar çok genel değerlendirilmiştir (Karadoğan, 2005; Karadoğan ve Tonbul, 2013). Bu çalışmalarda, Şepker Çayı Havzası'nda görülen heyelanlara yönelik herhangi bir analiz yapılmamıştır. Kesici ve Sönmez (2012) ise Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda 30 Ocak 2010 tarihinde meydana gelen heyelanı detaylı değerlendirmişlerdir. Tarafımızdan yapılan arazi gözlemleri sonucunda Şepker Çayı Vadisi'nde 30 Ocak 2010 tarihinde oluşan heyelan dışında, çok sayıda ve farklı oluşum özelliklerine sahip heyelanlar tespit edilmiştir. Havzadaki heyelanların dağılışı dikkate alındığında heyelan duyarlılığının sağlıklı belirlenebilmesi için havzanın bütün olarak ele alınmasının daha doğru olacağı düşünülmüştür. Bu düşünceden hareketle önceki çalışmadan farklı olarak Şepker Çayı Aşağı Havzası'nı kapsayan geniş bir alana yönelik duyarlılık analizi yapılmıştır. Önceki çalışmada dar, bu çalışmada ise daha geniş alan analiz edildiğinden sonuçlar farklı çıkmıştır. Ayrıca bu çalışmada önceki çalışmalarda yapılmayan heyelan envanter haritası oluşturulmuştur. Sonuçta, heyelan envanter haritası ile heyelan duyarlılık haritası karşılaştırılarak uygulanan yöntemin doğruluğu test edilmiştir. Envanter haritasındaki heyelanların % 80'e yakınının duyarlılığın yüksek olduğu alanlarda kalması, uygulanan yöntemin yüksek doğrulukta olduğunu göstermektedir.

2. ŞEPKER ÇAYI AŞAĞI HAVZASI'NDA MEYDANA GELEN HEYELANLAR

Havzada görülen heyelanlar, litolojik ve tektonik yapı, jeomorfolojik ve iklim özelliklerine bağlı oluşmaktadır. Havzanın kuzeyinde Trias-Kretase volkanik ve sedimanterler ile Tersiyer kireçtaşları, güneyde ise Kretase-Paleosen karmaşıklar yüzeylenmektedir (MTA, 2002). Aşağı havzada vadi yamaçları boyunca yüzeyleyen yeşimlimsi şeyl, marn ve detritik kireçtaşlarından oluşan birimlerin görüldüğü alanlarda geniş alanlı heyelan oluşumu gözlenmektedir. Kuzeyde Damdırmaz'dan başlamak üzere, Şepker Çayı'nın Göksu Çayı ile birleşme alanına kadar, Şepker Çayı vadi yamaçlarının hemen tamamı heyelanlardan oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın (Adıyaman Batısı) heyelan envanter haritası.

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda görülen heyelanlar dairesel kayma, düzlemsel kayma ve akma şeklinde gelişmektedir. Bu genel gruplandırma dışında bazı alanlarda karmaşık yapı özelliği de görülmektedir. Havza genelinde oluşan heyelanlar yerleşme, yol, altyapı ve tarımsal arazileri etkilemektedir. Aşağı havzada görülen heyelanlar Tepecik, Şerefli ve Toygarlı arasındaki üçgende yoğunluk kazanmaktadır. Şerefli güneyinde kalan heyelanlar yavaş hareket etmekte olup, hemen her yıl kış ve ilkbahar mevsiminde düzlemsel kaymalar yaşanmaktadır.

Şerefli yerleşmesi, dönemsel hareket eden ve yavaş gelişen bir düzlemsel heyelan alanı üzerine kurulmuştur. Heyelan sahası çok geniş ve hareket yavaş olduğu için yöre insanı tarafından fazla bilinmemektedir. Fakat, Şerefli kuzeyi ve güneyindeki asfalt yollar, hemen her yıl kış ve bahar mevsiminde heyelandan etkilenerek bozulmaktadır. Batıdaki yamaçlarda litolojinin değişmesi ve eğim artışı nedeniyle dairesel ve düzlemsel kayma şeklinde hareketler görülmektedir. Sonuçta Şerefli çevresinde görülen heyelanlar yerleşme, yol ve tarım arazilerini etkilemektedir (Foto 1).

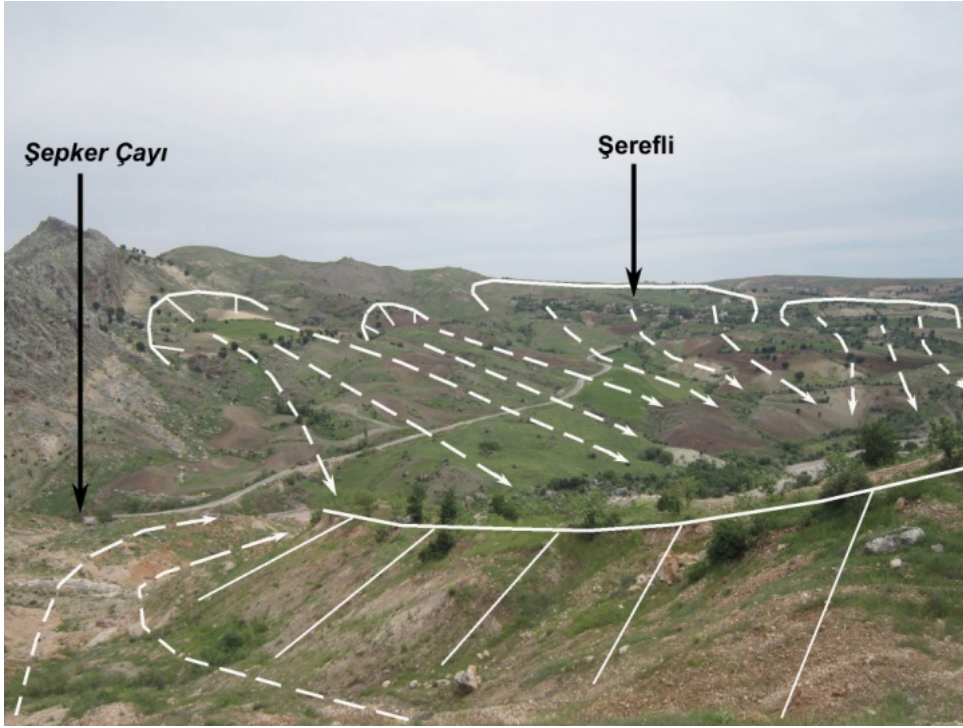


Foto 1. Şerefli çevresinde görülen yerleşme, yol ve tarım arazilerini etkileyen heyelanlar.

Şepker Çayı Vadisi'nin Şerefli ile Tavlacık Mahallesi arasında kalan bölümünde çok geniş heyelanlar görülmektedir (Foto 2). Kopma yamaçları belirgin olan bu heyelanların görüldüğü alanlarda, litoloji kalın kiltası tabakalarından oluşmaktadır. Yağışlı mevsimde yapının su alarak şişmesi ve ağırlaşması nedeniyle hemen her yıl kayma gerçekleşmektedir. Fakat önceki heyelanlarda yamaç eğimi düştüğü için hareket yavaş gerçekleşmektedir. Buna rağmen yol ve tarım arazileri etkilenmektedir (Foto 1).

Tepecik kuzeyindeki Tepecik Gölü çevresindeki yamaçlarda, eski ve yeni oluşumlu çok sayıda dairesel kayma ve akma şeklinde heyelanlar yaşanmıştır (Foto 3). En son 30 Ocak 2010 tarihinde Tepecik doğusunda çok geniş alanlı bir heyelan meydana gelmiştir. Bu heyelanda, Tepecik Adıyaman yolu ulaşımına kapanmış, heyelan alanındaki fıstık bahçeleri ve tarım arazileri zarar görmüş ve Adıyaman'a içme suyu sağlayan ana şebeke etkilenerek, şehir 3 gün susuz kalmıştır (Foto 4, 5). Bu zararların dışında, akan malzeme, Şepker Çayı'nın önünü tıkayarak kısa süreli bir heyelan set gölü oluşmuştur. Çayın debisi yüksek olduğu ve gelen malzeme vadi tabanına ulaşmadan ikiye ayrıldığı için sürekli ve daha büyük bir göl oluşmamıştır.



Foto 2. Şerefli ile Tavlacık Mahallesi arasında görülen geniş alanlı düzlemsel kayma heyelanları.

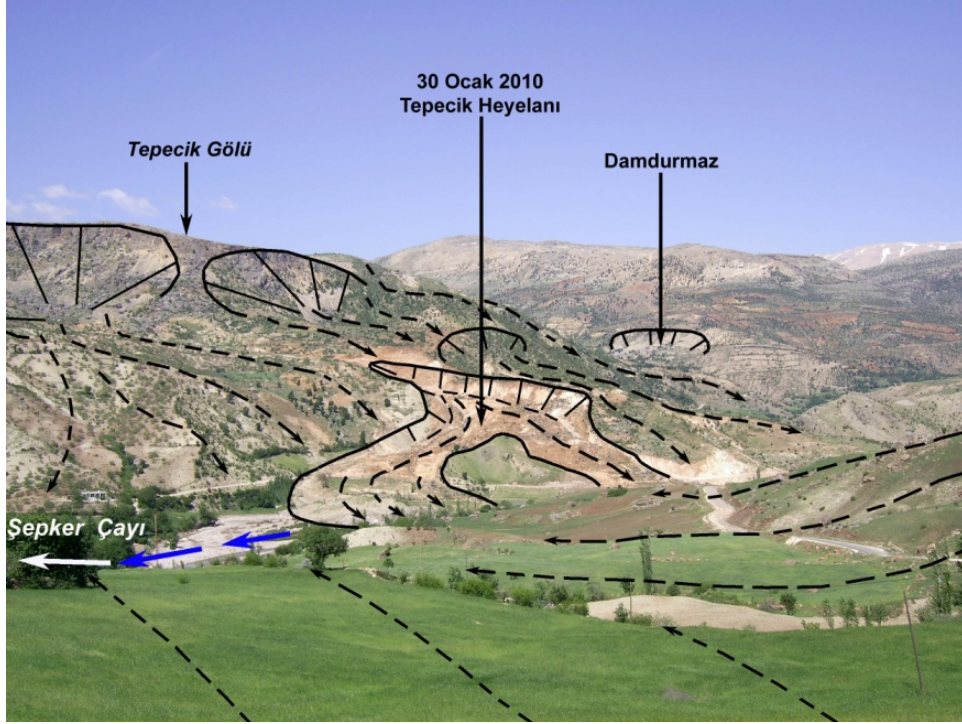


Foto 3. Tepecik Gölü doğusunda oluşan eski ve yeni heyelanlar.



Foto 4. 30 Ocak 2010 tarihinde gerçekleşen heyelanda, Tepecik ve çevresindeki yerleşmeleri Adıyaman'a bağlayan yol tahrip olmuştur.

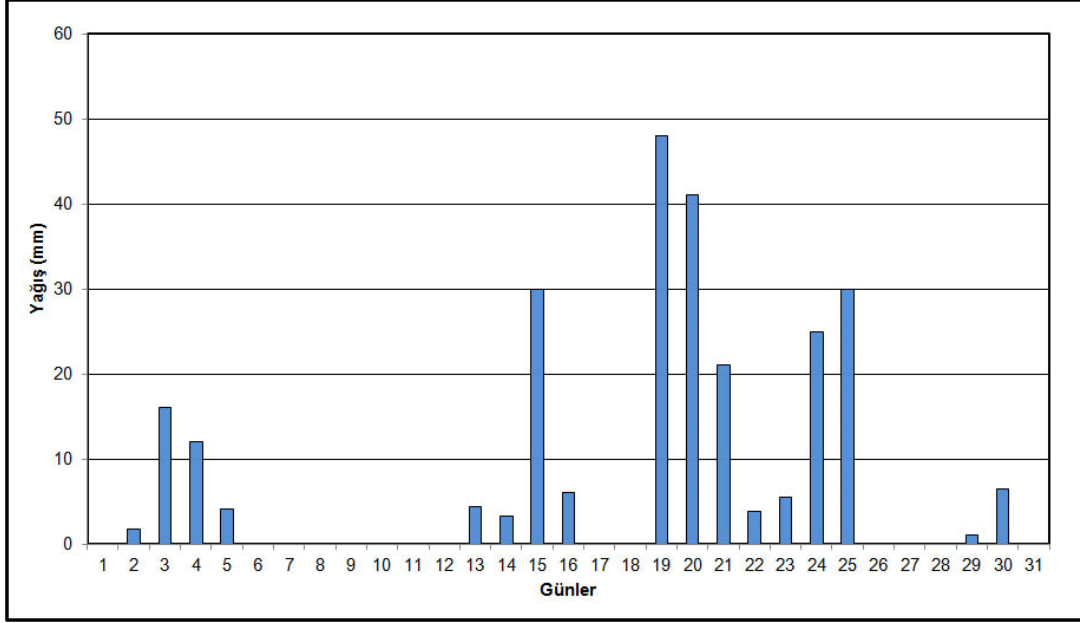


Foto 5. 30 Ocak 2010 tarihinde gerçekleşen heyelanda, kayan kütle üzerindeki fıstık bahçeleri ve tarım arazileri zarar görmüştür.

30 Ocak 2010 tarihinde meydana gelen heyelan oluşumunda, Ocak ayında düşen yağışlar etkili olmuştur (Kesici ve Sönmez, 2012). Bu ayın 4. haftası yağışın şiddetinde çok belirgin bir artış görülmüş ve sonrasındaki günlerde heyelan meydana gelmiştir. Ocak ayında düşen toplam 259.5 mm'lik yağış, Adıyaman'a düşen yıllık yağışın 1/3'ünden fazladır (Tablo 1: Şekil, 4). Kısa süre içerisinde düşen aşırı yağışla, likidite sınırı aşılarak geniş alanlı bir heyelan meydana gelmiştir.

Tablo 1. Adıyaman Meteoroloji İstasyonu 2010 Yılı Ocak Ayı Günlük Yağış Değerleri

Ocak Ayı Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Toplam Yağış (mm)
Günlük Yağış Değerleri (mm)	0	1.8	16	12	4.1	0	0	0	0	0	0	0	4.4	3.3	30	6	0	0	48	41	21	3.8	5.5	25	30	0	0	0	1.1	6.5	0	259.5



Şekil 4. Adıyaman Meteoroloji İstasyonu verilerine göre 2010 yılı Ocak ayı günlük toplam yağış miktarları.

Tepecik doğusunda, Şepker Çayı Vadisi'nde, 30 Ocak 2010 tarihinde meydana gelen heyelanın oluşumunda, Ocak ayında düşen aşırı yağışla birlikte, Tepecik kuzeyinde fay hattı üzerinde yer alan, Tepecik Gölü'nün de etkisi bulunmaktadır. Ortalama 0.1 km² alan kaplayan göl, Tepecik kuzeyinde KD-GB doğrultulu uzanan fayın hareketine bağlı oluşmuş, daha sonra kararlaştırma ile şekillenmiştir. Gölün kuzeyindeki yamaçların fayla yükselmiş, güneydeki yamaçların alçalmış olması, gölün faylanmayla oluştuğunu göstermektedir. Bu alandaki fay, Kesici ve Sönmez (2012) tarafından dikkate alınmadığı için gölün oluşumu kararlaştırma ile açıklanmıştır. Yaz başlarında kuruyarak bataklık haline geçen bu göl, sonbahardaki ilk yağışlarla tekrar belirginleşmektedir. Gölde biriken sular doğu ve güneyde kırıklı kalker litolojiden sızarak, çevresindeki yamaçlarda heyelan oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Litoloji ve vadi yamaçlarının bu oluşumu desteklemesi nedeniyle, gölün doğusundaki yamaçların tamamı eski ve yeni heyelanlardan oluşmaktadır (Foto 3, 6). Göl çevresindeki bu genel durum, bu alandaki geniş çaplı heyelanların oluşumunda, göl sularından sızan suların da çok önemli olduğunu göstermektedir.

Tepecik heyelanı yukarıda kısmen dairesel kayma, aşağıya doğru akma hareketinin görüldüğü bir heyelandır. Bu durum heyelanın farklı litolojilerde gelişmesine ve aşağı kesimlerinde enkaz malzemenin varlığına bağlıdır. Aşağı doğru akışa geçen kütle daha önceden kayan kütleyle çarparak iki kola ayrılmıştır (Foto 3). Bu şekilde bir engelleme olmasaydı, bu heyelanla harekete geçen kütle Şepker Çayı Vadisi'nde büyük bir heyelan set gölü oluşturabilecekti. Bu engele rağmen geçici bir tıkanma yaşanmış, kısa süreli, geçici ve küçük çaplı bir heyelan set gölü oluşmuştur (Foto 7, 8).

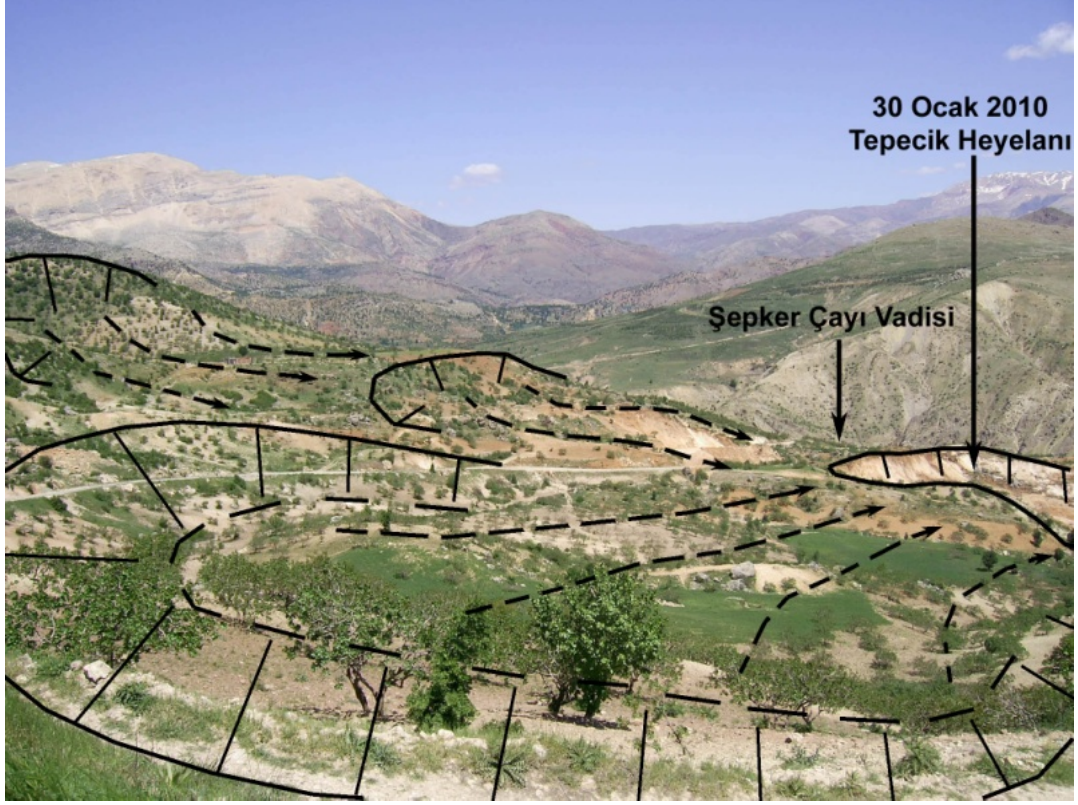


Foto 6. Tepecik Gölü doğusunda, yamaçlarda görülen geniş çaplı dairesel kayma heyelanları.

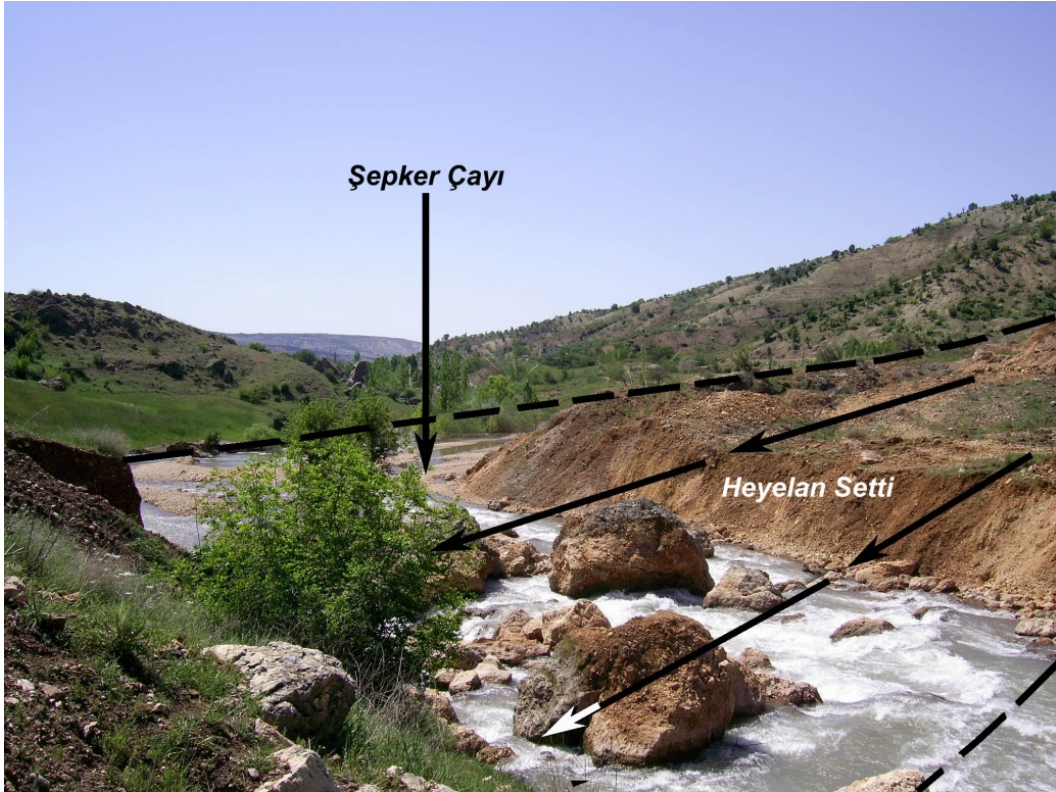


Foto 7. 30 Ocak 2010 tarihinde meydana gelen heyelanda kayan kütleler Şepker Çayı'nın önünü kısa süreliğine kapatmıştır.



Foto 8. 30 Ocak 2010 tarihinde meydana gelen heyelanla Şepker Çayı Vadisi'nde oluşan geçici heyelan set gölü.

Sonuçta 30 Ocak 2010 tarihinde meydana gelen heyelanda yol ve içme suyu şebekesi ile birlikte geniş alanda fıstık bahçeleri ve vadi tabanına yakın alanlardaki tarım arazileri zarar görmüştür. Heyelan kütlesi üzerindeki bahçelerde yer alan ağaçlar sürüklenerek belli alanlarda toplanmıştır. Fakat kayan kütle üzerindeki araziler tapusuz olduğu için zarar resmi kayıtlara geçmemiştir.

Tepecik kuzeyinde yer alan Damdırmaz yerleşmesi, adında anlaşılacağı üzere bir heyelan sahası üzerine kurulmuştur (Foto 3). Bu alanda görülmekte olan heyelan yavaş gelişmekte olduğu için meskenlerde küçük çaplı zarara yol açmaktadır. Fakat, uzun dönemde bu yerleşmenin terk edilmesi bir zorunluluk olacaktır.

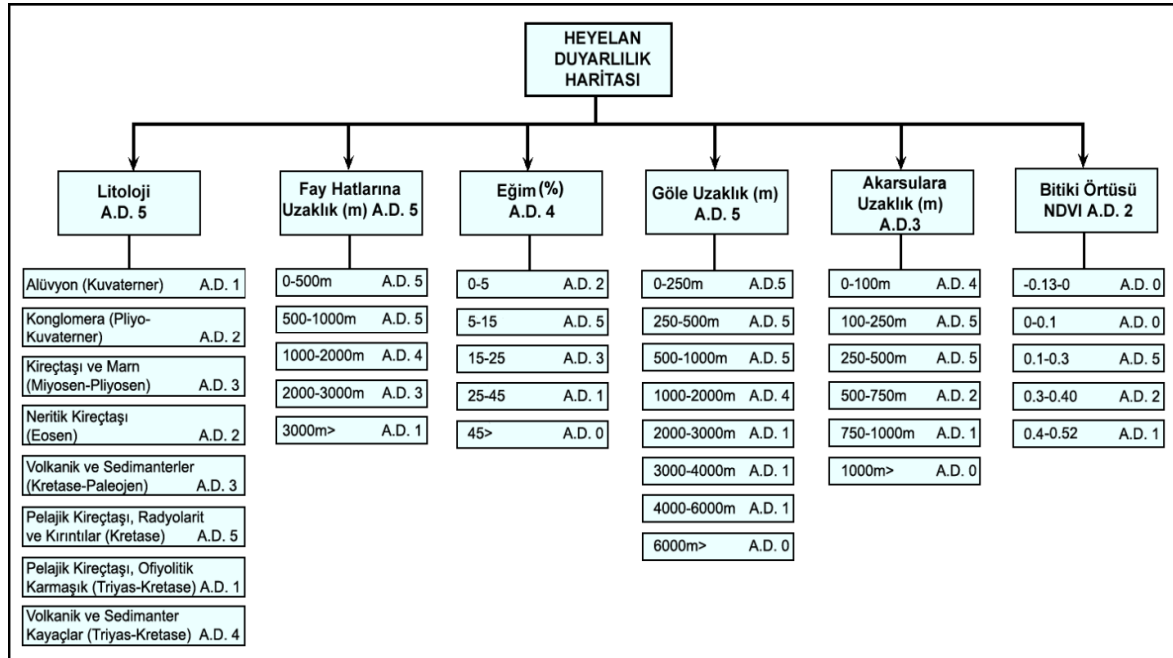
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Son yıllarda heyelan duyarlılığına yönelik yapılan çalışmalarda, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanımında belirgin bir artış görülmektedir. Heyelan oluşumu, bölgeden bölgeye farklı süreç ve parametrelerin etkisinde gelişmektedir. Farklı faktörlerin heyelan oluşumu üzerindeki etkisini ortaya koymak amacıyla en fazla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve iki değişkenli istatistik yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemler kullanılarak çok sayıda heyelan duyarlılık çalışması yapılmıştır.

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda heyelan duyarlılığının belirlenmesi amacıyla, heyelan oluşumunda etkili olan faktörlerin ağırlık değerleri kullanılmıştır. Ağırlık değerlerinin belirlenmesine yönelik olarak Uzman Puanlama, Analitik Hiyerarşi Süreçleri (AHS) ve Temel Bileşen Analizi (PCA) yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin içerisinde de Analitik Hiyerarşi yöntemi en fazla kullanılan yöntemdir (Li ve diğ., 2007; Xiong ve diğ., 2007). Bu yöntem, karmaşık sorunların çözümünde, karmaşayı azaltmak için basit ve anlaşılır hiyerarşik bir yapı oluşturma temeline dayanmaktadır (Zhang ve diğ., 2013). Analitik Hiyerarşi yönteminde, her faktör için objektif olarak ağırlık değeri atanarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, Uzman Puanlama yöntemiyle de uyumlu çalıştığı için ayrıca avantajlı görülmektedir.

Heyelan duyarlılığının belirlenmesine yönelik hazırlanan çalışmalarda, litoloji-ayırışma, ana faylara yakınlık, yapısal unsurların yamaçla ilişkisi, yeraltı suyu, zemin yapısı ve kalınlığı, süreksizliklerin yoğunluğu, ayırışma derinliği, makaslama dayanımı, güvenlik sayısı, yamaç eğimi, yamaç eğim yönü (bakı), yükseklik, drenaj ağı, yamaç şekli, akarsuya yakınlık, yola yakınlık, göreceli yükseklik, arazi kullanımı, bitki örtüsü, yol yoğunluğu, yağış, depremsellik olmak üzere 23 adet farklı parametre kullanılmıştır. Bu çalışmalarda eğim, litoloji, arazi kullanımı ve bitki örtüsü parametrelerinin de en fazla değerlendirilen parametreler olduğu görülmektedir (Dağ, 2007). Diğer parametreler ise, çalışılan bölgenin özelliklerine bağlı olarak ayrıntıya yönelik değerlendirilen parametrelerdir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001).

Bu çalışma kapsamında, heyelan duyarlılığının belirlenmesi amacıyla, heyelana neden olan litoloji, tektonik hatlara uzaklık, eğim, göle uzaklık, akarsulara uzaklık ve bitki örtüsü faktörleri ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle analiz edilmiştir (Şekil 5, 6). Heyelan duyarlılığında kullanılan bu parametre haritalarının oluşturulması amacıyla, sahaya ait 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları, jeoloji haritaları, DEM ve uydu görüntüleri kullanılmıştır.



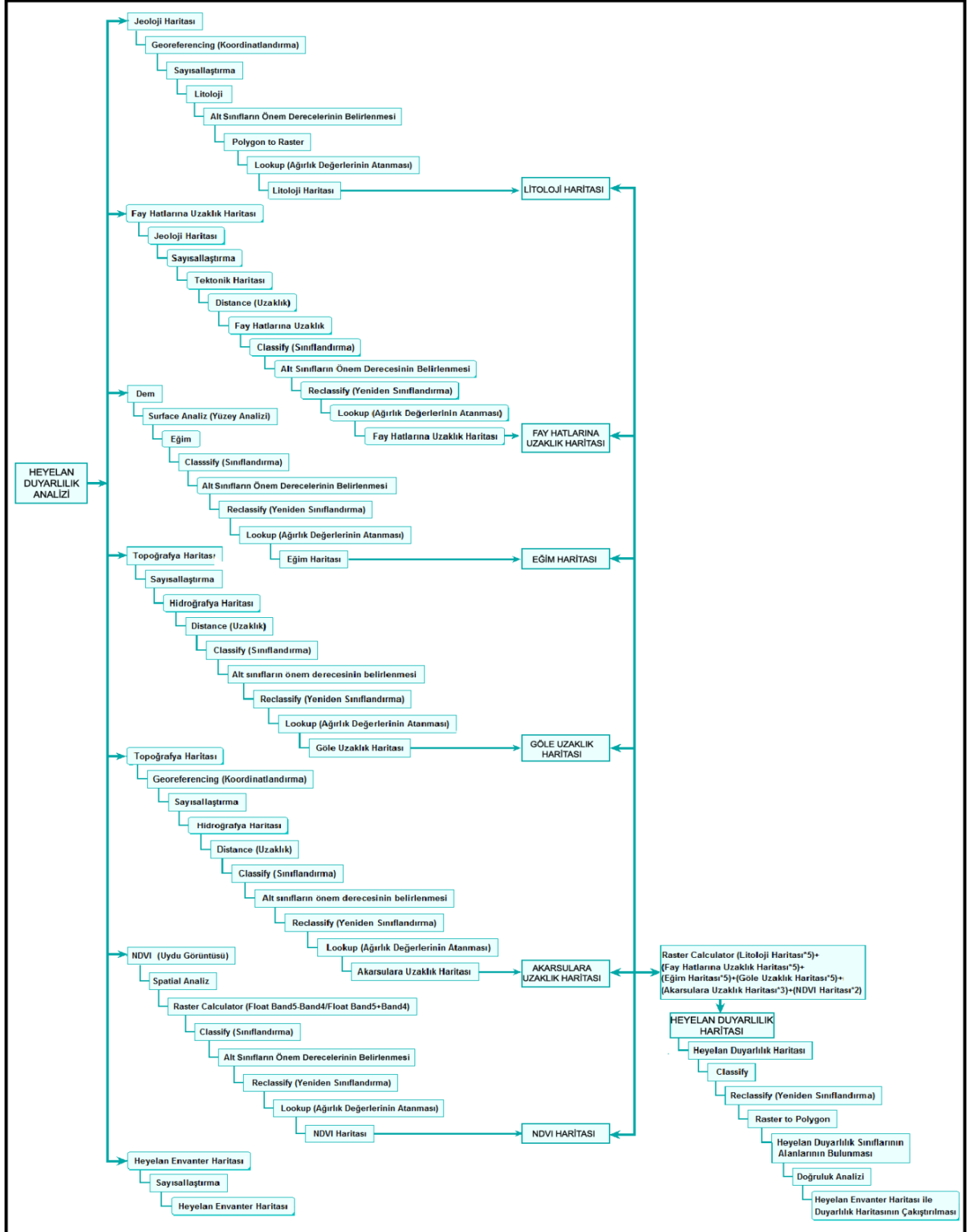
Şekil 5. Heyelan duyarlılık analizinde kullanılan parametreler ve ağırlık değerleri (A.D.=Ağırlık değeri). Ağırlık değerlerinin atanmasında önceki çalışmalar ve heyelan envanter haritasındaki yoğunluk durumu dikkate alınmıştır.

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın litolojik özellikleri, bölgede daha önce yapılan jeoloji çalışmaları ile Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA) tarafından hazırlanan 1/500.000 ölçekli jeoloji haritalarına göre belirlenmiştir. Morfolojiyi temsil eden değerler kullanılarak DEM'den eğim haritası üretilmiştir.

Akarsular ve mevsimlik göl, 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritası üzerinden sayısallaştırılmıştır. Akarsulara ve göle uzaklık haritaları ise bu haritalardan yararlanılarak, ArcGIS 10.1 Spatial Analiz Distance-Euclidean Distance modülünden elde edilmiş ve gruplandırılmıştır. Bu modül, hedef bir piksel grubuna en yakın piksellerin mesafelerini hesaplayarak söz konusu hedef piksellere olan mesafeleri sürekli bir ölçek üzerinde raster formatında ifade etmektedir (Eastman, 2004).

Genel arazi kullanım durumunu belirlemek amacıyla, 4 Mayıs 2014 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsünden (http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php.) Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) çıkarılarak değerlendirilmiştir (1).

$$NDVI = \frac{Band5 - Band4}{Band5 + Band4} \quad (1)$$



Şekil 6. Heyelan duyarlılık analizlerinde kullanılan parametrelerin hazırlanması ve heyelan duyarlılık haritasının oluşturulmasında kullanılan CBS işlem şeması.

2010 yılında yaşanan heyelandan hemen sonra araziye çıkılarak, fotoğraf alınmış ve genel jeomorfolojik gözlemlerde bulunulmuştur. Sonraki yıllarda farklı tarihlerde arazi çalışmaları ile Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın heyelan envanter haritası çıkarılmıştır. Heyelanlar oluşumlarına göre gruplandırılarak analizler için sayısal ortama aktarılmıştır

Arazi gözlemlerine göre bu alandaki heyelan oluşumunda iklim, jeolojik, jeomorfolojik, hidrografik özellikler ile arazi kullanım özelliklerinin etkili olduğu belirlenmiştir. Yukarıda açıklanan faktör haritalarının oluşturulmasından sonra, her faktör haritasında yer alan sayısal verilerin anlamlandırılması ve standart bir ölçüde gruplandırılması amacıyla ağırlık değerleri atanmıştır (Şekil 5). Ağırlık değerlerinin atanmasında parametrelerin heyelan yoğunluğu dikkate alınarak, Uzman puanlaması yapılmıştır. Ağırlık değerlerinin belirlenmesinde heyelan envanter haritası ile parametre haritalarının çakıştırılması ve arazi gözlemleri referans alınmıştır.

Heyelan duyarlılık analizlerinde; 1) Heyelan oluşumuna neden olabilecek parametrelerin seçimi, haritalanması ve uygun sınıflar altında gruplandırılması, 2) Heyelan envanter haritasının oluşturulması, 3) Envanter haritasıyla her bir parametre haritasının çakıştırılması, 4) Her bir parametre için heyelan yoğunluğunun bulunması ve ağırlıklı değerinin belirlenmesi, 5) Ağırlıklı değerlerin farklı parametre haritalarına atanması, 6) Hesaplamalar yapılarak, sonuç haritasının hazırlanması gibi işlemler gerçekleştirilmektedir (Aleotti ve Chowdhury, 1999). Bu çalışmada da heyelan duyarlılığı için standart olan bu işlemler CBS ile yapılarak heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur (Şekil 6).

Ağırlık değerlerinin belirlenmesinden sonra, ArcGIS 10.1 programında Spatial Analiz-Map Algebra-Raster Calculator toolu ile $(Reclass\ litoloji*5)+(Reclass\ fay\ hatlarına\ uzaklık*5)+(Reclass\ eğim*5)+(Reclass\ göle\ uzaklık*5)+(Reclass\ akarsulara\ uzaklık*3)+(Reclass\ NDTV*2)$ formülünü kullanarak heyelan duyarlılık haritası elde edilmiştir. Bu işlemden sonra duyarlılık haritası ile heyelan envanter haritası, çakıştırılarak doğruluk analizleri yapılmıştır (Şekil 6).

4. BULGULAR

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın heyelan duyarlılığını belirlemek amacıyla, jeomorfolojik gözlemler ve bu gözlemler sonucunda elde edilen veriler, CBS ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri ile analiz edilmiştir. Arazi çalışmalarına göre, heyelan oluşumunda litolojik ve tektonik yapı, jeomorfolojik ve hidrografik özellikler ile iklim ve arazi kullanım durumu etkili olmaktadır. Parametre haritalarına göre oluşturulan duyarlılık haritasına göre, incelenen alanda duyarlılığın çok düşük olduğu alanlar % 13, düşük duyarlı olan alanlar % 26, orta duyarlı olan alanlar % 23, yüksek duyarlı olan alanlar % 24, çok yüksek duyarlı olan alanların oranı % 14'tür. Bu değerler ve duyarlılık haritasına göre, havzadaki yerleşme ve tarım alanlarının büyük bölümü heyelan duyarlılığının yüksek olduğu sahalarda kalmaktadır.

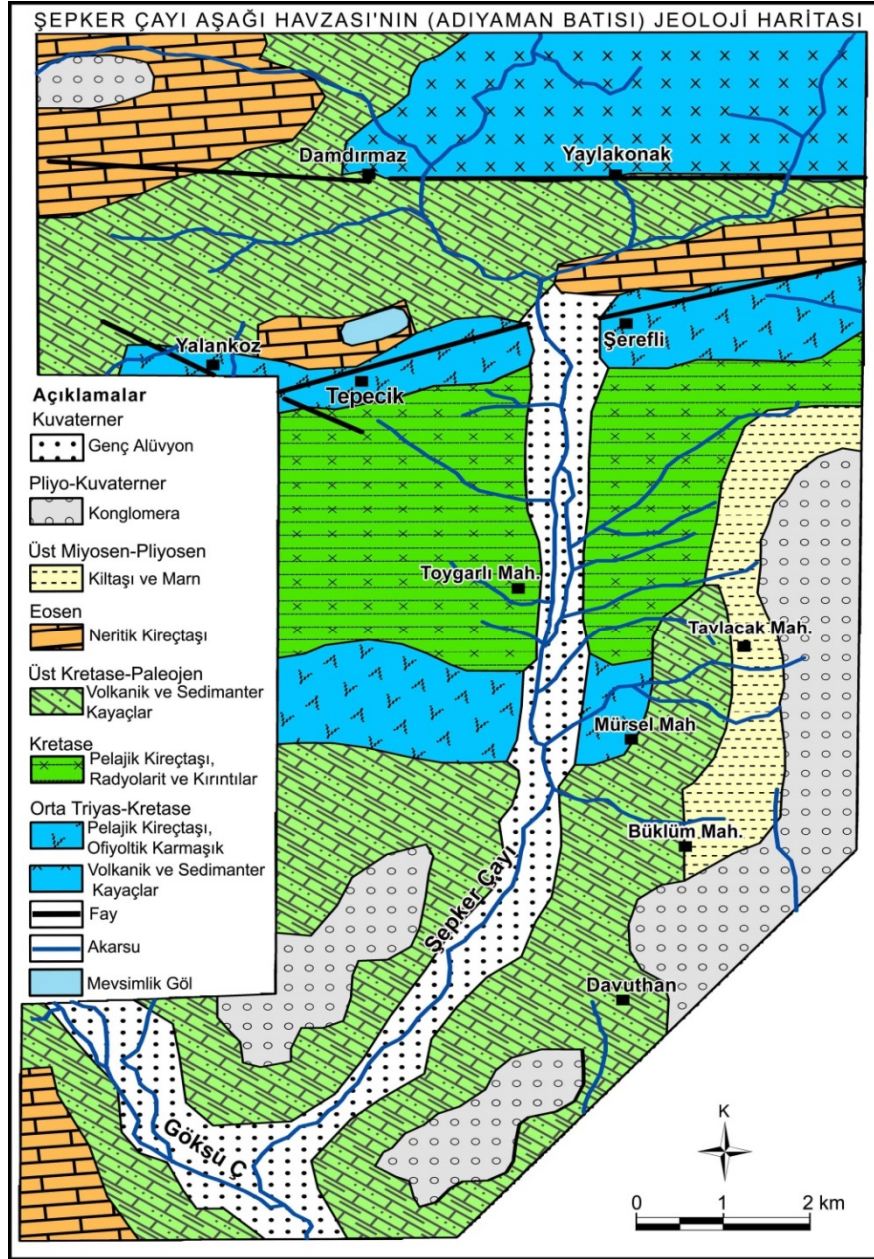
Heyelan duyarlılık analizlerinde kullanılan parametreler aşağıda ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

4.1. Litolojik Özelliklerin Heyelan Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Litoloji, yamaç dengesini etkileyen en önemli parametrelerden biri olup, yamaçtaki malzemenin dayanım, geçirimsizlik, sertlik gibi birçok özelliği ile de doğrudan ilişkilidir (Baeza ve Corominas, 2001). Ayrıca kohezyonu kontrol eden önemli bir parametredir (Remondo ve diğ., 2003). Heyelanlar, litolojik farklılıkların gözlemlendiği bölgelerde daha çok meydana gelmekte, bu nedenle litolojik farklılıkların, analizlerde dikkate alınması gerekmektedir (Kamac, 2006).

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda litolojik yapı çeşitli ve heyelan oluşumuna uygun özellikler göstermektedir. Kuzeyde Orta Triyas Pelajik kireçtaşları ve ofiyolitler geniş yer kaplamaktadır. Bu yapının vadilerle kesildiği alanlar heyelan oluşumu açısından risklidir. Güneye doğru Üst Kretase-Paleosen volkanik ve sedimanterler ile Kretase Pelajik kireçtaşları, radyolarit ve kırıntılar geniş alanlarda yüzeylenmektedir (MTA, 2002; Şekil 7). Aşağı havza hemen tamamen bir karmaşık yapı özelliği göstermektedir. Şepker Çayı Vadisi'nde, bu yapının kesildiği, ofiyolit ve marnlı yapıların yüzeylediği alanlarda geniş çaplı heyelan oluşumu gözlenmektedir.

Litolojik farklılıkların fazla olduğu havzada, üstte geçirimli altta geçirimsiz litolojilerin görüldüğü vadi yamaçlarında heyelanlar yoğunluk kazanmaktadır. Aşağı havza genelinde üstte geçirimli volkanik ve doğuda, havza dolguları ile alttaki geçirimsiz killi yapıların varlığı heyelanların oluşmasını hızlandırmıştır. Tepecik ve Toygarlı Mahallesi ile Şerefli ve Davuthan arasındaki Şepker Çayı Vadisi'nde, bu durum net bir şekilde gözlenmektedir.

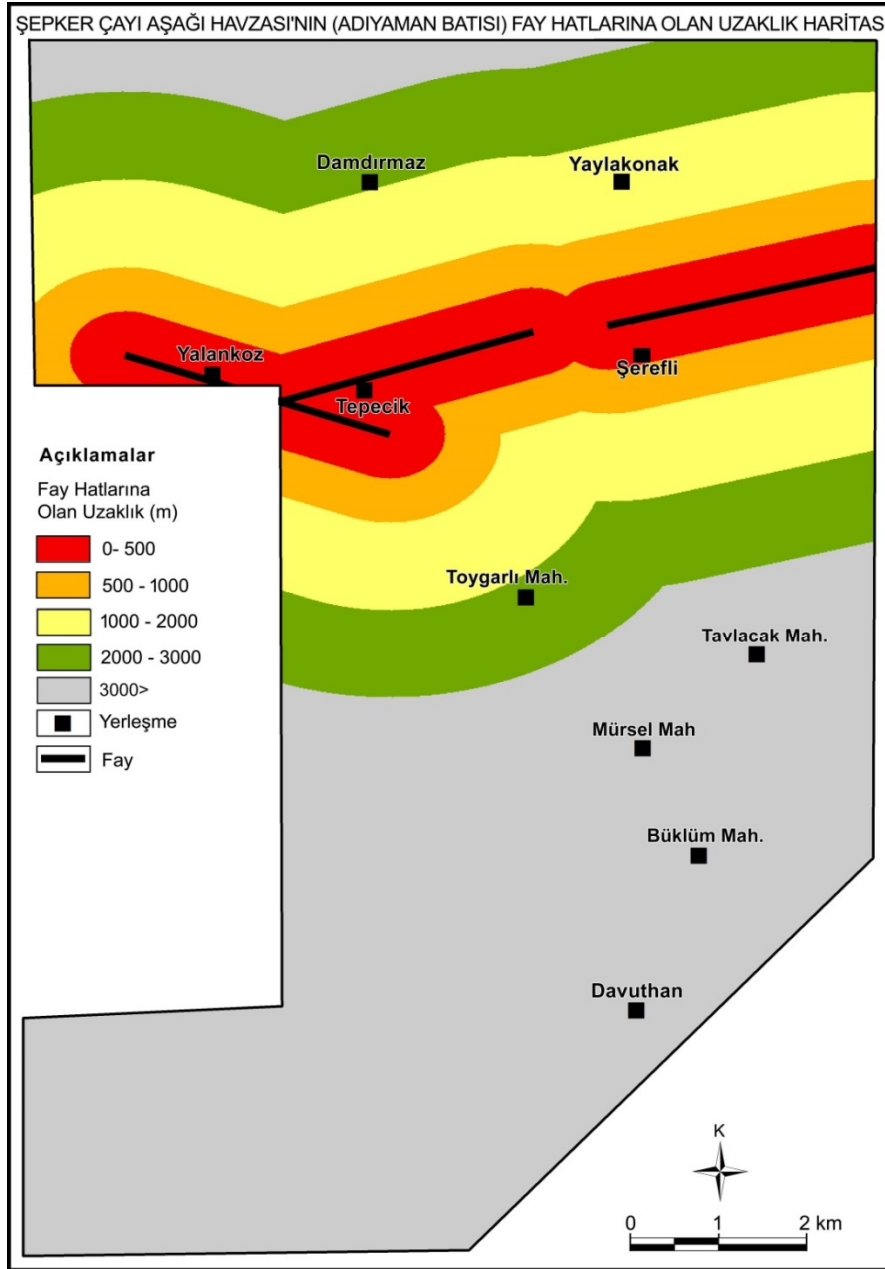


Şekil 7. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın (Adıyaman Batısı) jeoloji haritası (MTA'nın 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası Hatay paftasına göre çizilmiştir).

4.2. Fay Hatlarına Olan Uzaklığın Heyelan Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Şepker Çayı'nın Yukarı Havzası Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde, aşağı havzası ise bu faydan ayrılan Adıyaman Fay Zonu üzerinde yer almaktadır. Bu özelliği nedeniyle tektonik açıdan çok hareketli olup, fay ve bindirme etkisiyle oldukça deforme olmuş bir alandır. Yağışlı mevsimlerde zeminin suya doyması sonrasında meydana gelen depremler heyelanları tetiklemektedir.

Fay ve kırık sistemleri, jeolojik parametreler içinde değerlendirilen yapısal özelliklerdendir. Heyelan duyarlılık çalışmalarında, sismik aktivitenin güçlü olduğu alanlarda, fay hatlarına yakınlık sık kullanılan bir parametredir. Bu nedenle, heyelan duyarlılık haritalaması yapılan alanlarda, fay ve faya yakınlık durumu dikkate alınarak analizler yapılmıştır (Dağ, 2007). Kesici ve Sönmez (2012) heyelan duyarlılık analizlerinde önemli bir parametre olan, faya yakınlık durumunu değerlendirmemişlerdir. Fay, kıvrım eksenini, kırık/çatlak sistemleri gibi çizgisel unsurlara yakın alanlarda, heyelan oluşumu daha fazladır (Fernandez ve diğ., 2003; Lee ve Choi, 2004; Ercanoğlu ve Gökçeoğlu, 2004; Duman ve diğ., 2005; Lee ve Dan, 2005; Lee ve Sambath, 2006; Ruff ve Czurda, 2008; Wang ve diğ., 2009). Çünkü faya yakın olan alanlar, tektonik etkiler nedeniyle daha fazla deforme olmakta ve zemini oluşturan malzeme zayıf hale gelmektedir. Havzada görülen heyelanlar fay hatlarına 0-500 ve 500-1000 m uzaklıkta olan sahalarda görülmektedir (Şekil 8). Özellikle kuzeyde tektonik yapı eğim değerlerinin yükselmesini sağlayarak heyelan oluşumunu kolaylaştırmaktadır.

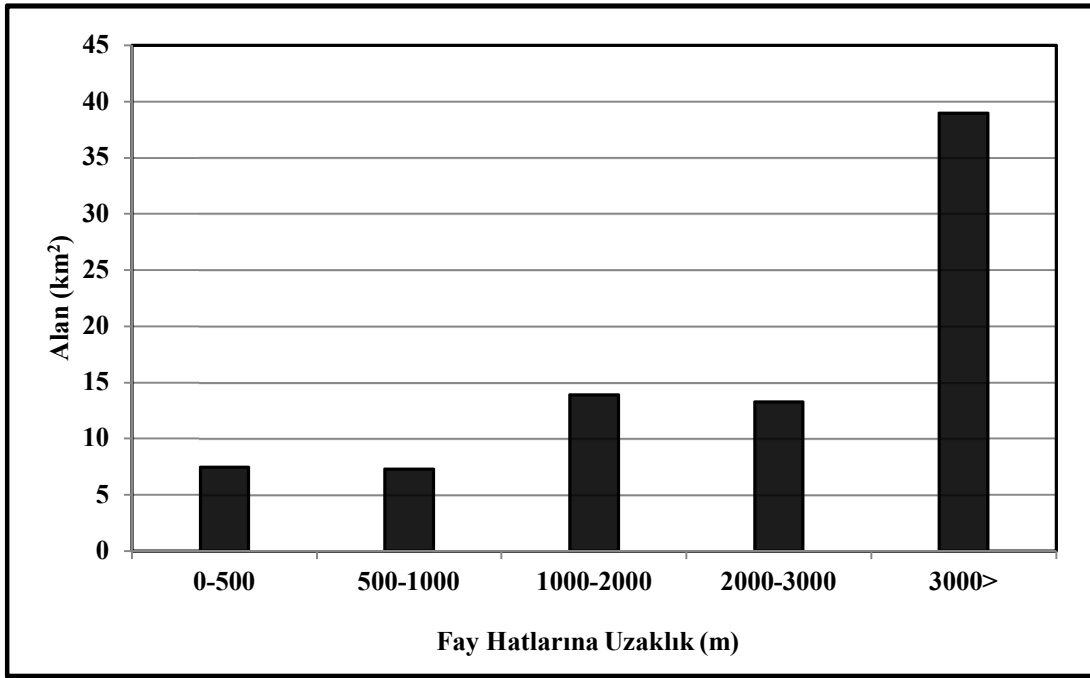


Şekil 8. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın (Adıyaman Batısı) fay hatlarına uzaklık haritası.

Bu çalışmada da heyelan duyarlılığı çalışılan alanda yüksek depremsellik nedeniyle, fay hatlarına yakınlık parametresi kullanılmıştır (Şekil 8). Fay hatlarına yakınlık parametresinde en fazla 3000 m'lik mesafe dikkate alınmıştır. Aslında havza genelinde depremsellik çok yüksek olup, bu değer geniş alınması durumunda diğer parametreler de etkilenmekte ve amaca uygun sonuç çıkmamaktadır. Fakat, bu şekildeki uygulama ile yüksek doğrulukta sonuç alınmıştır.

Tepecik ve Şerefli kuzeyinde KD-GB doğrultusunda uzanan faylar bu alandaki yapıları keserek, yüksek eğimli fay dikliklerini oluşturmuştur. Eğimin artışı ve sarsıntılarla birlikte heyelanlarda artış görülmektedir.

Bu çalışmada incelenen alanın % 40' na yakın bölümü fay hatlarına 3000 m'den fazla uzaklıkta yer almaktadır (Şekil 9). Kuzeydeki alanlar hariç güneyde kalan alanların büyük bölümü fay hatlarına olan uzaklıkla uyumlu olarak heyelanların az görüldüğü alanlara karşılık gelmektedir. Aşağı havzada heyelanların fay hatlarına yakın alanlarda yoğunlaşması, doğrudan tektonik hatlarla ilişkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 9. Fay hatlarına uzaklığın alansal dağılımı.

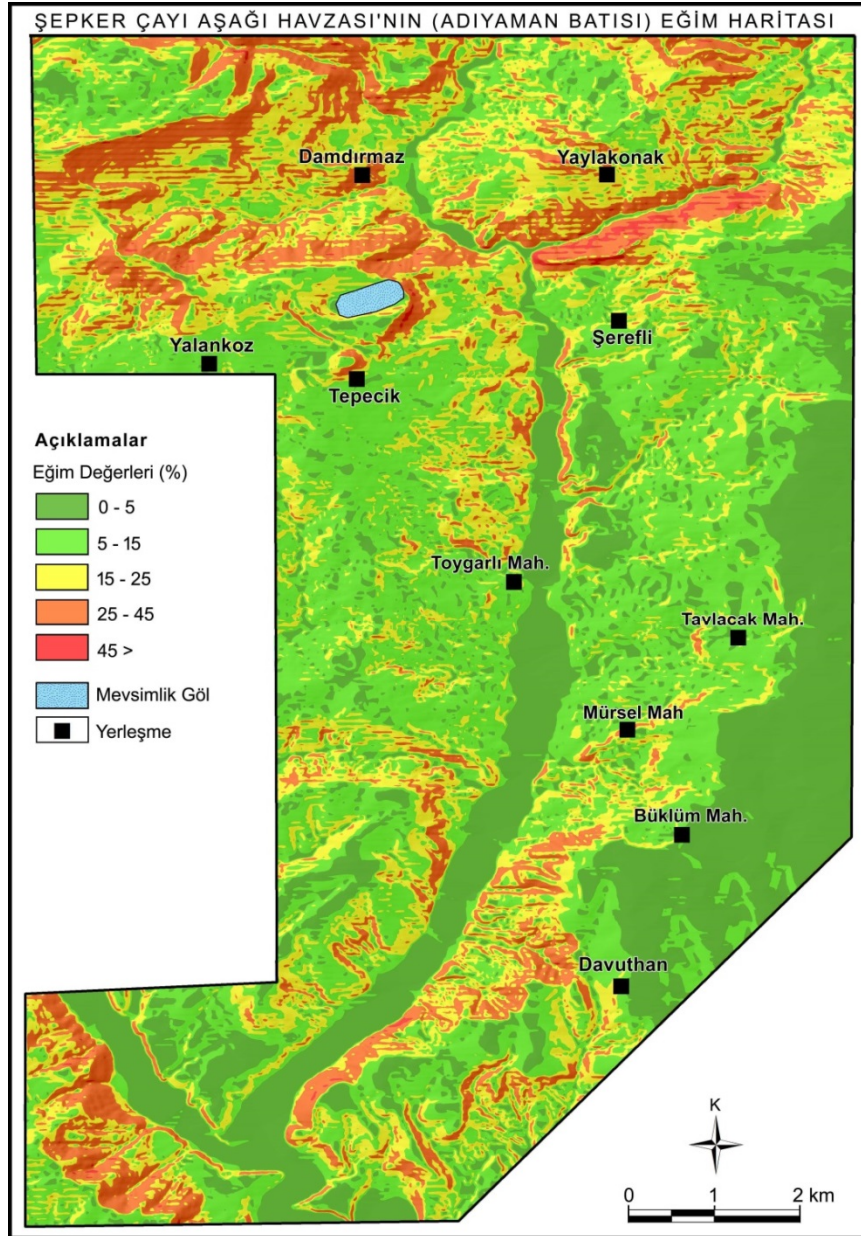
Şepker Çayı Aşağı Havzası, Adıyaman Havzası ile kuzeyindeki dağlık alana geçişte yer almaktadır. Bu nedenle genç havza dolguları Şepker Çayı tarafından derince yarılmıştır. Gevşek yapılı konglomera, kumtaşı, kiltası ve marn ardalılarından oluşan havza dolguları, eğimli vadi yamaçlarında kendi ağırlığı altında hareket edebilmektedir. Bu yapılar aşırı yağışlar sonrasında daha hızlı hareket ederek, vadi tabanına kadar ulaşmaktadır. Yağışlı dönemde hareket eden bu kütlelerin alt kısımlarında suyun birikmesi nedeniyle, hareket çamur akmasına yaklaşmaktadır. Kış ve ilkbahar mevsiminde, bu yörede görülecek şiddetli depremler, eski heyelanların harekete geçmesine ve yeni heyelanların oluşmasına neden olabilecektir. Bu durumdan en fazla vadi yamaçlarındaki yerleşmeler etkilenecek olup, yeni meskenlerin yapımında heyelan riski dikkate alınmalıdır.

4.3. Yamaç Eğiminin Heyelan Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Yamaç eğimi, heyelanların oluşumunda doğrudan etkili olup, heyelan duyarlılık çalışmalarının esasını oluşturmaktadır. Yamaç eğimi, kayma yüzeyindeki kayma ve normal gerilmeleri etkileyen asıl duyarlılık faktörüdür. Ayrıca, bu parametrenin kolaylıkla haritalanabilir nitelikte olması, eğimin duyarlılık çalışmalarında sıkça kullanılan bir parametre olmasının başlıca nedenlerindedir.

(Dağ, 2007). Heyelan duyarlılığı konusunda çalışan araştırmacıların genel eğilimi, yamaç eğiminin artmasıyla, heyelana karşı duyarlılığın da artacağı yönündedir (Bulut ve diğ., 1995; Gökçeoğlu ve Aksoy, 1996; Lee ve Min, 2001; Donati ve Turruni, 2002; Lee ve diğ., 2002; Zhou ve diğ., 2002; Ercanoğlu ve Gökçeoğlu, 2002; Dai ve Lee, 2002; Ayalew ve diğ., 2004; Lee, 2005; Yalçın, 2005; Dağ ve diğ., 2006).

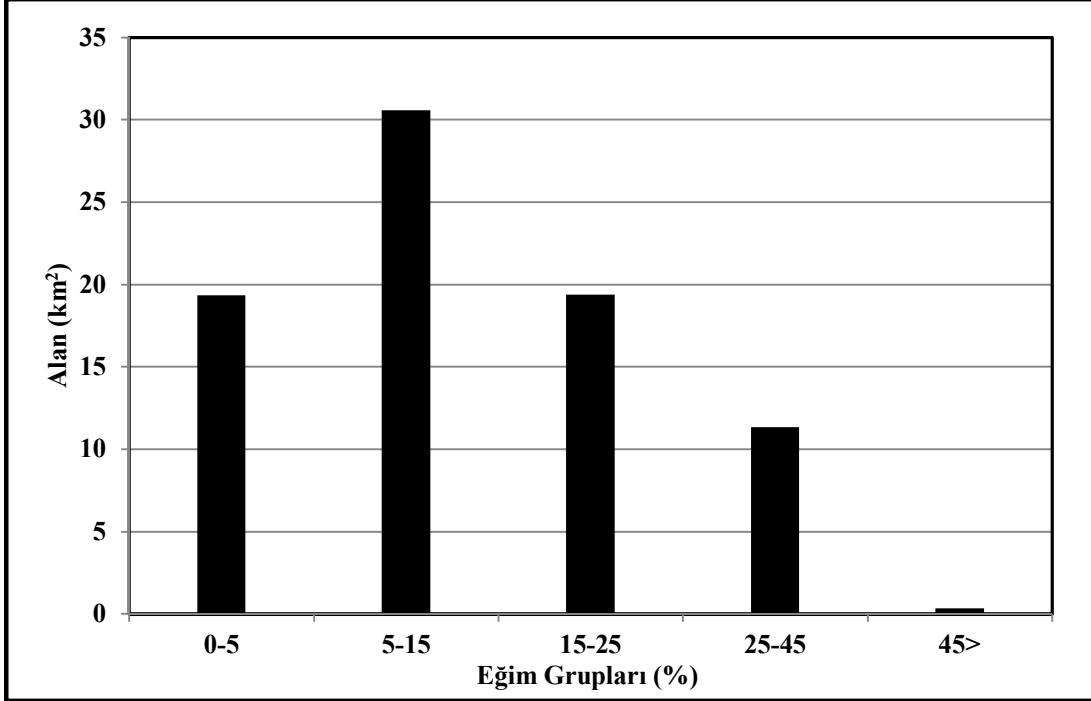
Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda eğim değerleri % 0-45 arasında değişmektedir. Havzanın kuzeyinde faylı yapılara bağlı olarak eğim yüksek, güneyde havza tabanına geçişte düşmektedir (Şekil 10). Bu genel durum dışında Şepker Çayı Vadisi'nde heyelan sonucu kopma yamaçları ve yamaçların alttan oyulduğu alanlarda eğim artmaktadır. Bu alanların dışında kalan vadi yamaçlarında eğimin düşmesi, vadi yamaçlarının heyelanlarla bozulmasıyla açıklanabilir.



Şekil 10. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın (Adıyaman Batısı) eğim haritası.

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın büyük bölümünün Adıyaman Havzası'nda yer alması ve vadi yamaçlarındaki kütle hareketleri nedeniyle, havza genelinde eğimin % 5-15 arasında olduğu alanlar geniş alan kaplamaktadır (Şekil 11). Eğimin % 25-45 ve % 45'den yüksek olduğu sahaların daha az

alan kaplaması doğrudan yapı ile ilgilidir. Tepecik ve Şerefli arasındaki heyelanlar dışında, bu alanların güneyinde litolojik yapı uygun olduğu için düşük eğimlerde bile büyük heyelan oluşumları görülmektedir. Bu alanlardaki heyelanın eğimli yamaçlardaki heyelanlardan farkı, yavaş gelişmekte olmasıdır.



Şekil 11. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda (Adıyaman Batısı) eğim gruplarının alansal dağılımı.

Aşağı havzadaki heyelanların eğim gruplarına dağılımı değerlendirildiğinde, % 5-15 eğime sahip alanlarda % 52, % 15-25 eğime sahip alanlarda % 26, % 0-5 eğime sahip alanlarda % 14, % 25-45 eğime sahip alanlarda % 8 alan kaplamaktadır.

4.4. Göle Olan Uzaklığın Heyelan Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda, Tepecik kuzeyinde ortalama 0.1 km² alan kaplayan bir göl bulunmaktadır (Foto 9). Gölün çevresindeki yamaçlarda çok geniş alanlı eski ve yeni heyelanların görülmesi, bu alandaki heyelan oluşumunda göl sularının önemli bir parametre olduğunu göstermektedir.

Toprak malzeme içindeki su, kütlelerin dengesini, eritme, aşındırma, ek yük, boşluk suyu basıncı oluşturma, su içeriğini değiştirme şeklinde etkilemekte ve zeminin akıcı hale gelmesine neden olmaktadır (Flageollet ve diğ., 1999).

Yüzeysel heyelanlardaki (1-2 m) kayma koşulları, toprağın kohezyonu ve eğim açısıyla tanımlanan kritik bir derinlikte, toprak içindeki su miktarının toprağın direncini azaltacak kadar fazlaşması ile oluşabilir. Daha derin heyelanlar (5-20 m) çoğunlukla yer altı su seviyesinin yükselip alçalmasıyla tetiklenirler (Asch ve diğ., 1999; Zezere, 1999). Yer altı suyu hareketi, süreksizliklerdeki ve boşluklardaki dolgu maddelerini ya da zemindeki ince kum, silt gibi ufak malzemeleri yıkayarak ya da eriyebilir maddeleri (jips, tuz vb.) eriterek, kütlelerin dengesini etkilemekte ve heyelanlara neden olmaktadır (Tarhan, 1996).

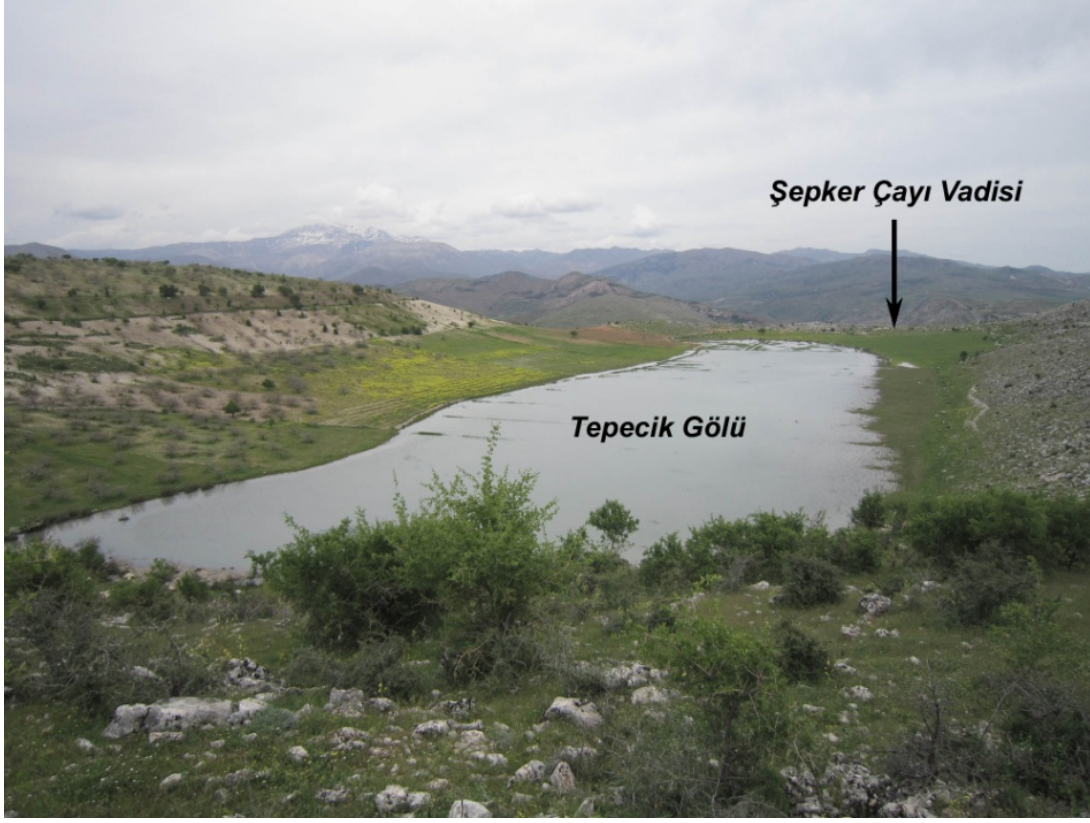
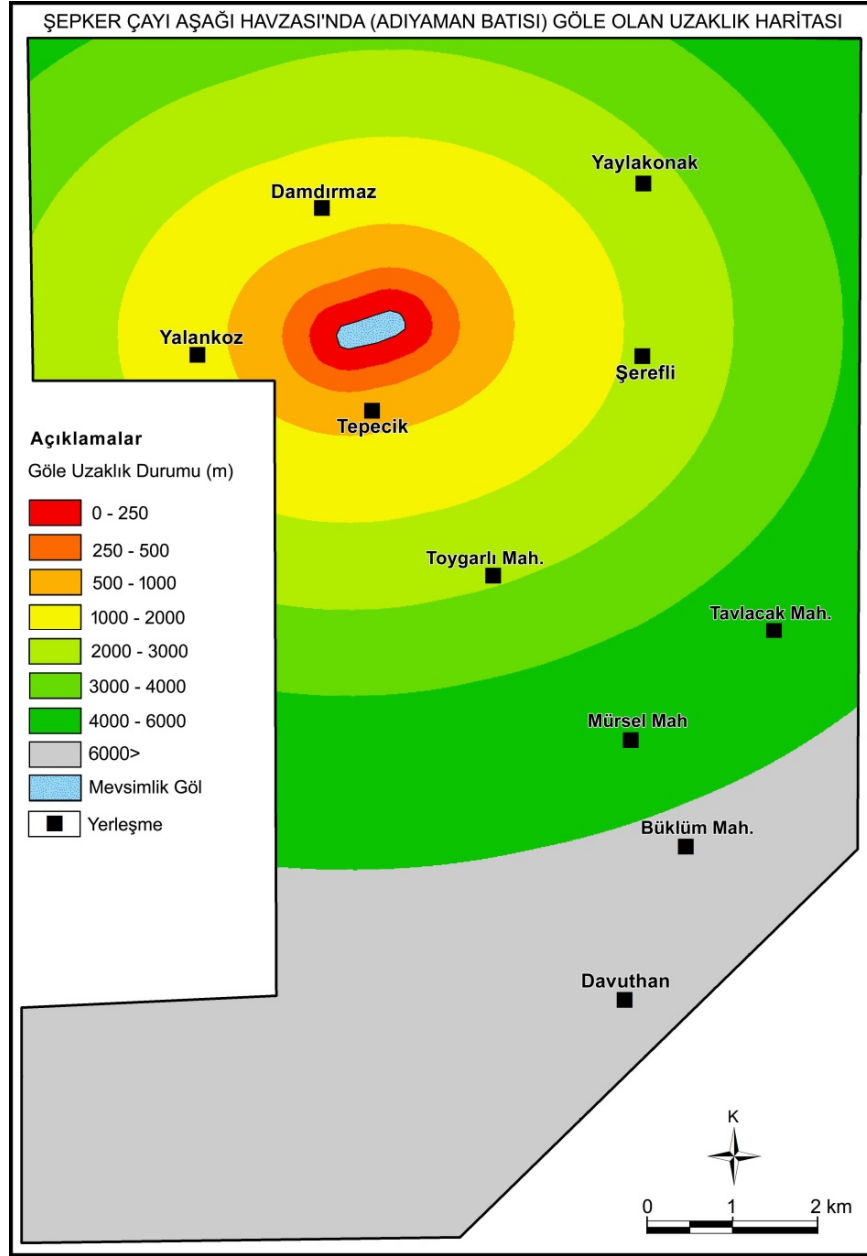


Foto 9. Tepecik kuzeyinde, fay ve karstlaşma etkisiyle oluşmuş, mevsimlik özellikteki Tepecik Gölü.

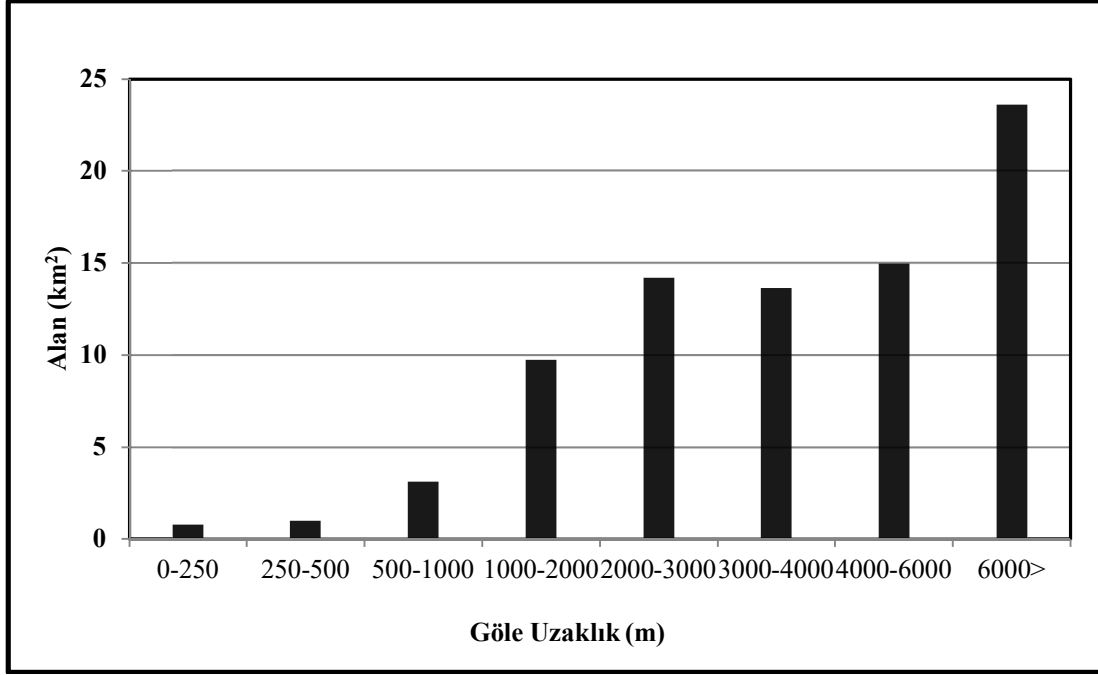
Havzada yer alan göl, tektonik ve karstlaşma etkisinde gelişmiş mevsimlik bir göldür. Gölün çevresinde dolin ve uvala gibi karstik şekiller bulunmaktadır. Yağışlı dönemde gölün seviyesi yükselerek alanı genişlemektedir. Göl seviyesi yükseldikçe doğu ve güneyden kırıklı ve çatlaklı kalker tabakalarının altından Şepker Çayı'na doğru sızmaktadır. Böylece yağış ve göl suları ile doymun hale gelen yamaçlarda büyük heyelanlar oluşmaktadır. 30 Ocak 2010 tarihinde meydana gelen heyelan ve bu tarihten önce bu heyelanın çevresinde görülen heyelanların oluşumunda, bu mekanizma etkili olmuştur.

Göl üstteki kalker tabakanın fayla kesilmesi sonucu beliren çanağa yerleşmiştir. Gölün tabanı kiltası, kuzeyi killi güneyi ise kalker litolojiden oluşmaktadır. Yağışlı dönemde 3-5 m derinliğe ulaşan göl, kurak dönemde kuruyarak bataklığa dönüşmektedir. Gölde sızan sular en fazla Tepecik çevresindeki heyelanları tetiklemektedir. Bu durum üzerinde göle yakınlık birinci derece etkili olmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın (Adıyaman Havzası) göle uzaklık haritası.

Aşağı havzada en üstte yer alan geçirimsizliği yüksek karstik litoloji, yağış sularının zemine sızmasına kolaylaştırmaktadır. Bu litolojinin hemen altında ise geçirimsiz kiltası ve ofiyolitik kayalar bulunmaktadır. Bu litoloji nedeniyle gölden ve yağışla sızan sular vadi yamaçlarında heyelan oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Göl sularının neden olduğu sızmalar, göle uzaklığı 2000 m'ye kadar olan alanlarda heyelan oluşumuna neden olabilmektedir. Fakat en fazla 500-1000 m mesafedeki alan içerisinde etkilidir (Şekil 13).



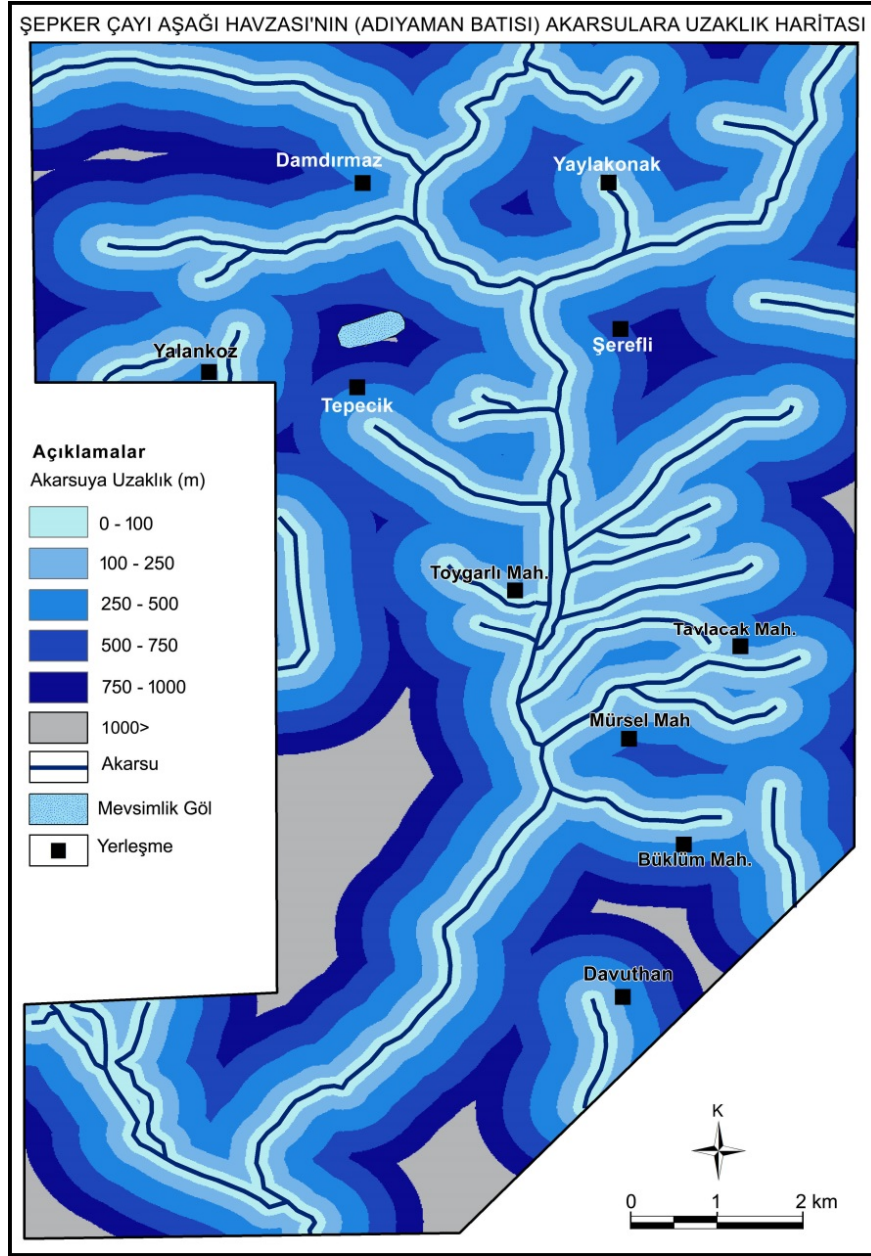
Şekil 13. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda (Adıyaman Havzası) göle uzaklığın alansal dağılışı.

4.5. Akarsulara Olan Uzaklığın Heyelan Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Yamaçların akarsuya yakınlığı, duraylılık açısından önemli bir faktördür. Akarsular yamaç topuğunu erozyona uğratarak veya yamacı oluşturan malzemenin akarsu seviyesinin altındaki kesimini suya doygun hale getirerek, yamaçların duraylılığını bozmaktadır (Demir, 2011). Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasına yönelik birçok çalışmada, saha gözlemlerinden yararlanılarak akarsu yataklarına yakınlık, heyelan değerlendirmelerinde bir parametre olarak kullanılmıştır (Choubey ve diğ., 1992; Guillande ve diğ., 1993; Fernandez ve diğ., 1999; Peloquin ve Gwyn, 2000; Baeza ve Corominas, 2001; Barnard ve diğ., 2001; Avcı ve Günek, 2015; Avcı, 2015).

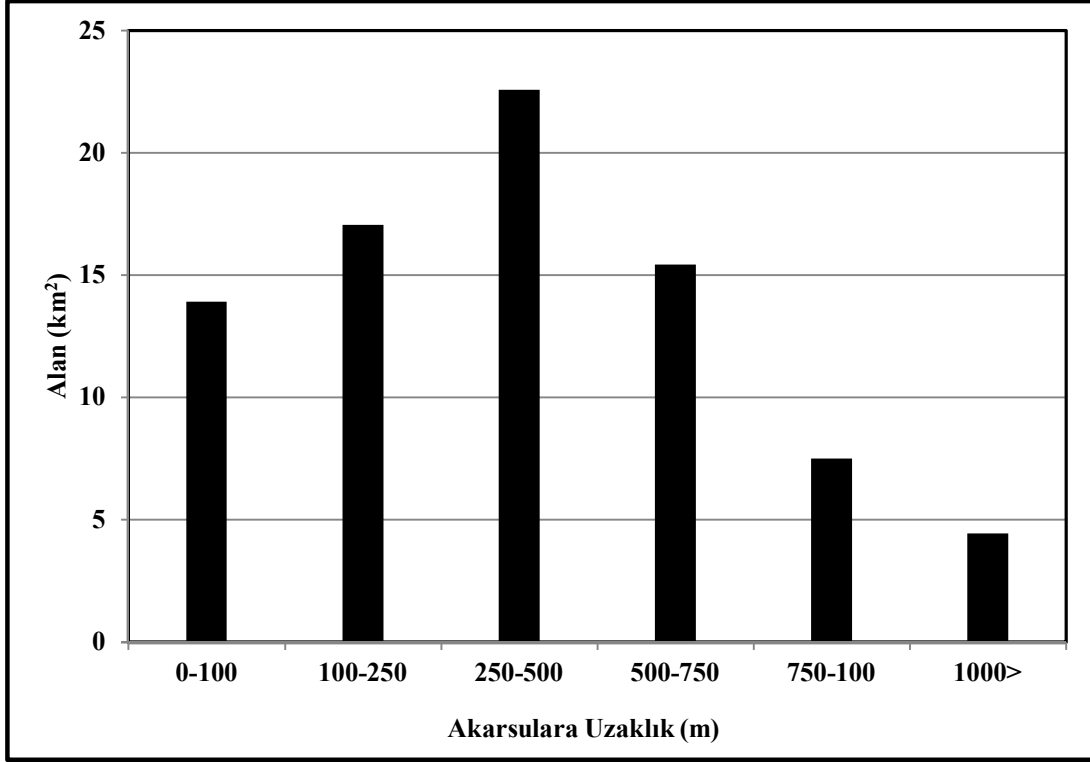
Şepker Çayı Aşağı Havzası'ndaki heyelanların tamamının bir vadi yamacında yer alması, bu oluşumda akarsuların etkisinin önemli olduğunu göstermektedir. Akarsuların heyelan oluşumundaki etkisi üç farklı şekilde gerçekleşmektedir. Bunlardan ilki akarsuyun derine aşındırmasıyla birlikte vadi yamaçları belirginleşmekte ve bu şekilde eğimli yamaçlar oluşmaktadır. İkinci olarak yana aşındırma ile birlikte yamaçlar alttan oyularak, yamaç stabilitesi bozulmaktadır. Son olarak yataktan akan suyun akarsu seviyesi ve altındaki alanlarda suya doygunluğu yükseltmesidir. Her üç durumda da heyelan oluşumu için uygun zemin oluşmaktadır.

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda akarsu yoğunluğu yüksektir (Şekil 14). Bu nedenle havza genelinde akarsulara 250-500 m arasında olan yakınlık geniş alan kaplamaktadır (Şekil 15). Akarsu ağının sıklığı ve akarsulara yakınlık oranında heyelanlarda artış görülmektedir.



Şekil 14. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda (Adıyaman Batısı) akarsulara uzaklık haritası.

Heyelanların ana vadi boyunca görülmekte olması, akım, litoloji ve Şepker Çayı'nın vadi yamaçlarını alttan oyararak yamaç dengesini bozmasına bağlıdır. Şepker Çayı kaynağını Akdağ'dan alan karstik kaynaklarla beslenmektedir. Fakat akım üzerinde yağmur yağışları ve kış mevsiminde düşen karın baharda erimesinin etkisi belirgindir. Bu akım özellikleri nedeniyle belli dönemlerde debi aşırı bir şekilde artarak derine ve yana aşındırma artmaktadır. Şerefli güneyinde, Adıyaman Havzası'na geçişle birlikte eğim düşmekte olup, bu alanda biriktirme ve yana aşınım başlamaktadır. Heyelanların da bu alandan sonra yoğunlaşması bu oluşumla ilişkili olduğunu düşündürmektedir.



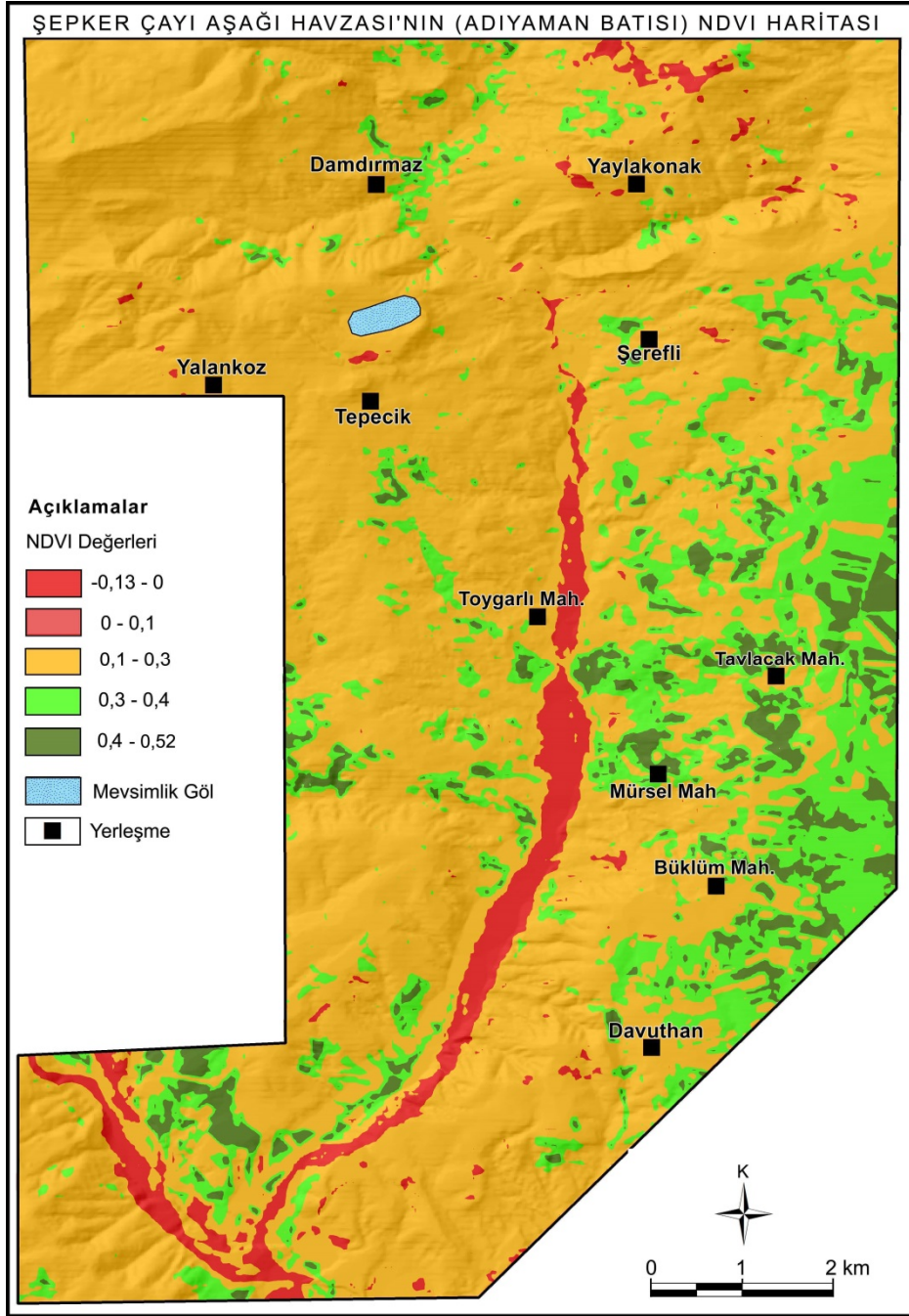
Şekil 15. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda (Adıyaman Batısı) akarsulara uzaklığın alansal dağılışı.

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda görülen heyelanların % 27'si akarsulara 0-100 m, % 33'ü 100-250 m, % 32'si 250-500 m uzaklıkta olan alanlarda meydana gelmiştir. Heyelanların dağılışındaki bu özellik nedeniyle heyelan duyarlılığının belirlenmesinde önemli bir parametre olduğunu göstermektedir.

4.6. Bitki Örtüsünün Heyelan Oluşumu Üzerindeki Etkisi

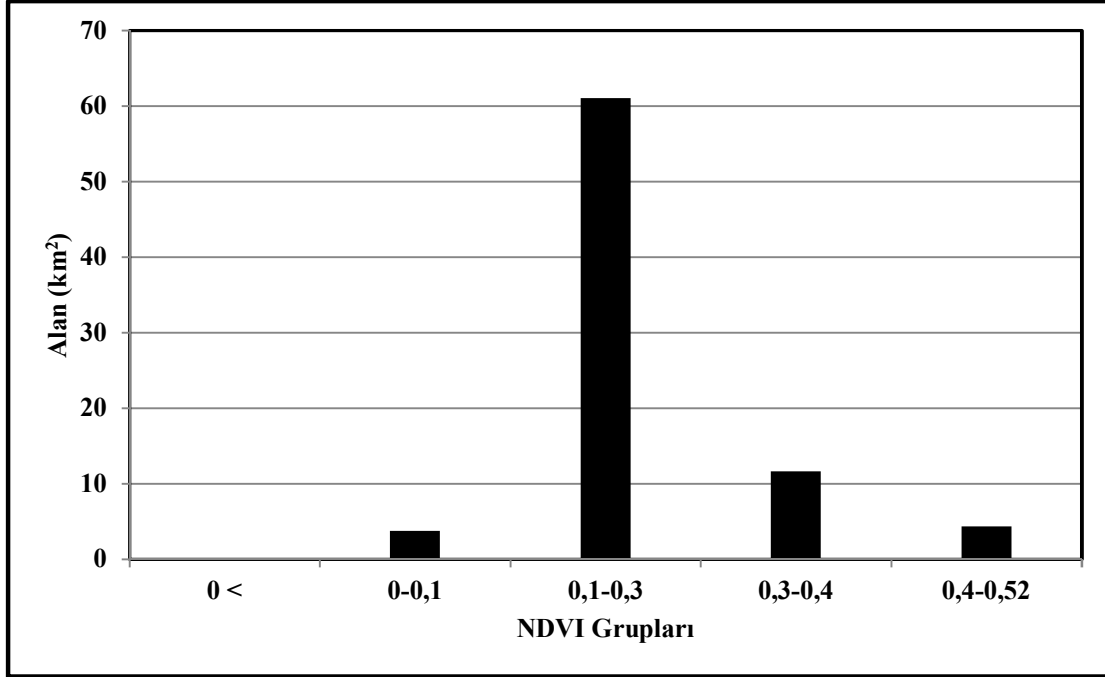
Bitki örtüsü zeminde bir tahribe yol açmamış ve zemini güçlendirecek özellikte katkıda bulunmuşsa, duraylılığa olumlu yönde etki ettiği kabul edilmektedir. Buna karşın yamaçlarda gelişebilecek kayma yüzeyleri üzerinde aşırı yük oluşturabilecek örtünün de duraylılığa olumsuz etki ettiği ortaya konulmuştur (Çevik ve Topal, 2003; Perotto-Baldiviezo ve diğ., 2004; Kamp, 2008; Pradhan, 2010). Bitki kök ve gövdelerinin zeminde oluşturduğu tutuculuk ve düşen yağışın dal ve yapraklarla zemine sızmasını geciktirildiği düşünüldüğünde, heyelanı engelleyici bir faktör olarak değerlendirilmelidir.

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda doğal bitki örtüsü tahrip edilmiştir. Doğal bitki örtüsünü oluşturan meşeler ulaşılması güç yamaçlarda ve kuzeye bakan daha nemli alanlarda, çok seyrek bir şekilde görülmektedir. İncelenen alanın bitki kapalılık durumunu belirlemek amacıyla 4 Mayıs 2014 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsünden faydalanılmıştır. Yapılan sınıflandırmaya göre NDVI değerlerinin, Şepker Çayı Vadisi kuzeyi ve doğusunda sınırlı alanlarda, batısında ise daha geniş alanlarda arttığı görülmektedir (Şekil 16). Batıda Adıyaman Havza tabanına karşılık gelen alanda NDVI değerlerinin artışı, bu alanda sürdürülmekte olan sulu tarım faaliyetlerine bağlıdır. Sulamaya bağlı olarak yüzey örtüsünün kapalılığı yüksek çıkmıştır. Damdırmaz, Yaylakonak, Tepecik ve Şerefli çevresinde yüksek değerlerin olduğu alanlar bağ bahçe alanları ile meşeliklere karşılık gelmektedir.



Şekil 16. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın (Adıyaman Batısı) NDVI haritası.

Aşağı havzanın NDVI değeri incelendiğinde, değerlerin 0,1-0,3 arasında olduğu alanlar % 60'den fazla yer kaplamaktadır (Şekil 17). Batıdaki sulu tarım alanları da düşünülecek olursa, aşağı havzanın büyük bölümünün çıplak olduğu görülmektedir. Sonuçta NDVI değerlerinin düştüğü alanlarda heyelan duyarlılığı artmaktadır.



Şekil 17. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda (Adıyaman Batısı) NDVI gruplarının alansal dağılışı.

Heyelanların NDVI gruplarına dağılımı değerlendirildiğinde 0,1-0,3 arasında % 72, 0,3-0,4 arasında % 19, 0,4-0,52 arasında % 9 alan kapladığı görülmektedir. Bu değerler dikkate alındığında bitki kapalılığı ile heyelanlar arasında sıkı bir ilişki olduğu görülmektedir. Son yıllarda Şepker Çayı Havzası'nda fıstık bahçelerinde büyük artış görülmektedir. Ancak bu durum NDVI sınıflandırmasına yansımamıştır. Vadi yamaçlarının fıstık bahçelerine dönüştürülmesi bitki kapalılığı açısından olumlu bir gelişmedir. Oluşturulan bu bahçelerin özellikle erozyon başta olmak üzere, bazı küçük heyelanların oluşumunu engelleyeceği düşünülmektedir. Fakat derin ve büyük alanlı heyelanların önlenmesinde yetersiz olduğu görülmektedir. 30 Ocak 2010 tarihinde Tepecik doğusunda oluşan heyelan, fıstık bahçelerinin yoğun olduğu alanda oluşması, bu görüşü desteklemektedir.

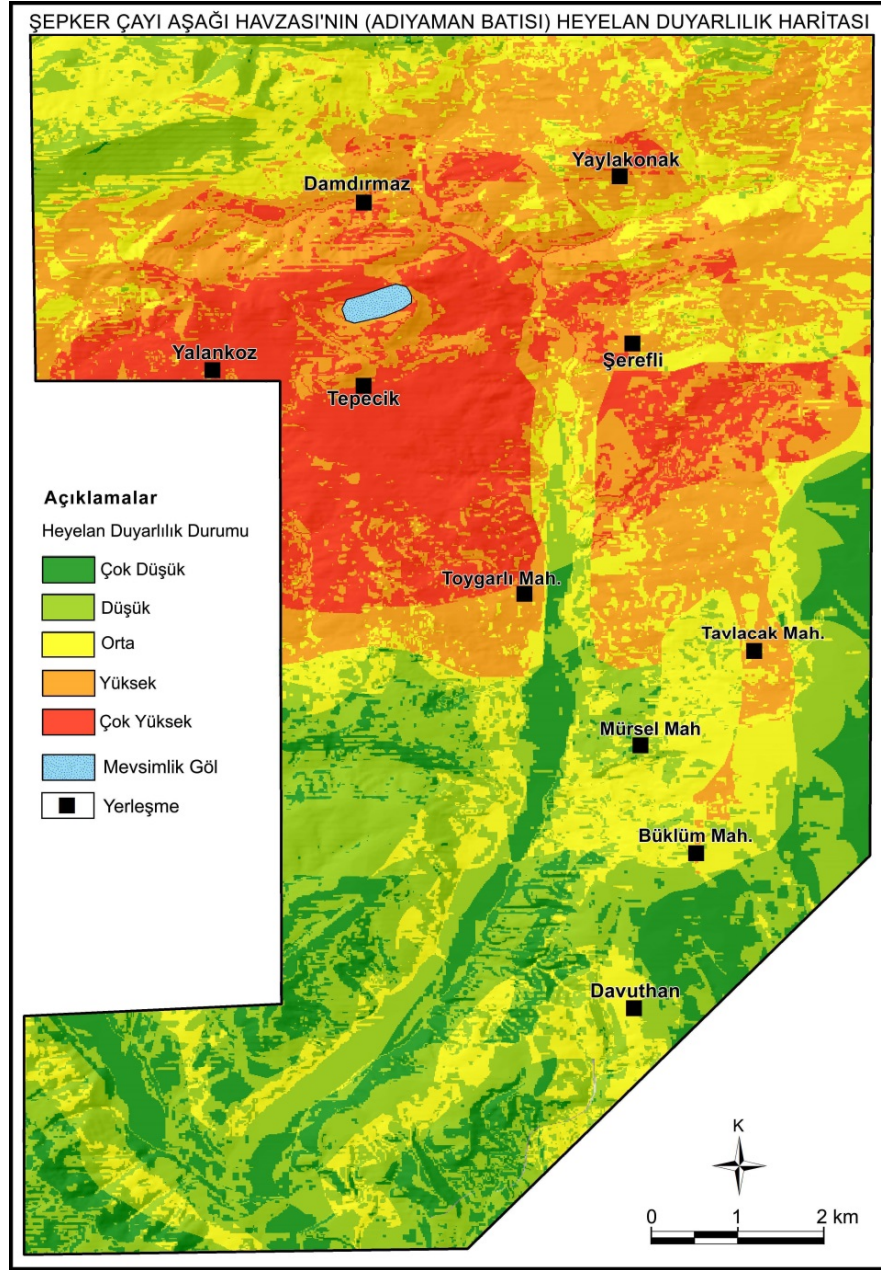
5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Adıyaman kuzeybatısında yer alan Şepker Çayı Havzası'nda başta heyelan olmak üzere yoğun kütle hareketleri görülmektedir. Havzanın jeolojik, jeomorfolojik, hidrografik bitki örtüsü ve iklim özelliklerine bağlı oluşan bu hareketler yerleşme, yol ve tarım arazilerini olumsuz etkilemektedir.

Havza genelinde görülen heyelanlar, Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda yoğunlaştığı için bu alan incelenmiştir. Arazi gözlemleri ve bu konuda yapılan çalışmalar dikkate alınarak litoloji, fay hatlarına olan uzaklık, eğim, göle uzaklık, akarsulara olan uzaklık ve bitki örtüsü özelliklerinden oluşan parametreler kullanılarak heyelan duyarlılık analizi yapılmıştır (Şekil 18). Bu parametrelere göre, Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda heyelan duyarlılığının çok yüksek olduğu alanların oranı % 14, yüksek alanlar % 24, orta derecede duyarlı alanlar % 23, düşük ve çok düşük duyarlı alanlar % 39'luk orana sahiptir (Şekil 19 a). Eğim değerlerinin arttığı vadi yamaçları ile göle yakın olan alanlarda heyelan duyarlılığı yüksek çıkmıştır. Heyelan duyarlılığı ile eğim, göle ve faya uzaklık arasında doğru orantı bulunmaktadır. Duyarlılığın yüksek olduğu alanlarda litolojik yapı heyelana uygun, fay hatları üzerinde, göle çok yakın, eğim değeri yüksek yamaçlara karşılık gelmektedir. Duyarlılığın düşük olduğu alanlar havza ve vadi tabanları olup, eğim değerleri çok düşüktür.

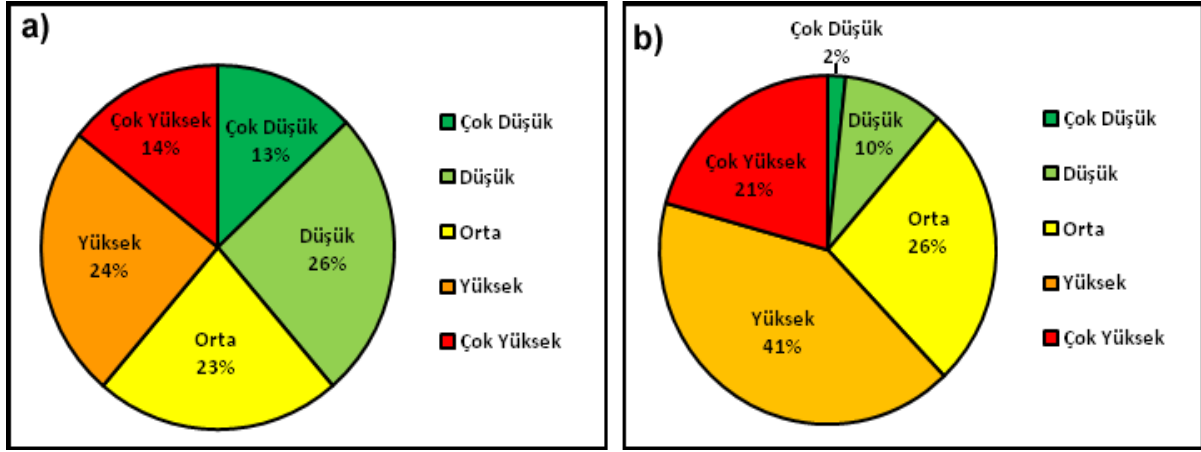
Arazi gözlemlerine göre oluşturulan heyelan envanter haritası ile heyelan duyarlılık haritasının karşılaştırılması sonucunda, heyelan duyarlılık haritası doğruluk oranının yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 19). Envanter haritası ile duyarlılık haritasının karşılaştırma sonuçlarına göre,

aşağı havzada yer alan heyelanların % 21'i çok yüksek, % 41'i yüksek, % 26'sı orta, % 10'u düşük, % 2'si çok düşük duyarlılık grubu içerisinde kalmaktadır. Heyelan duyarlılık haritası ile envanter haritası karşılaştırıldığında heyelanların % 80'e yakını, duyarlılığın yüksek olduğu alanlarda kalmaktadır. Orta derecede duyarlı alanlarda ise % 90'ın üzerinde bir uyum vardır. Ulaşılan sonuçlara göre, yapılan analizin yüksek doğrulukta olduğu görülmektedir.



Şekil 18. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın (Adıyaman Batısı) heyelan duyarlılık haritası.

Havza kuzeyinde heyelan duyarlılığının artışı litolojik ve tektonik yapı, yüksek eğim ve zeminin su kapasitesini artıran gölün varlığına bağlıdır. Havza kuzeyinde yükselti arttığı için yağış miktarı da artmaktadır. Yağışta meydana gelen bu artış da heyelan oluşumunu tetiklemektedir. Dandirmaz, Şerefli, Toygarlı ve Büklüm mahalleleri çevresinde, yukarıda belirtilen özellikler nedeniyle çok geniş alanlı heyelanlar görülmektedir. Tepecik ile Toygarlı Mahallesi arasında vadi yamacında duyarlılığın yüksek olması, eğim değerlerinin yüksek ve akarsuyun yana aşındırmasına bağlıdır. Aynı durum vadinin doğusunda Şerefli ile Mürsel Mahallesi arasında da görülmektedir.



Şekil 19. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nda (Adıyaman Batısı) heyelan duyarlılığının oransal dağılışı (a). Heyelan envanter haritası ile heyelan duyarlılık haritasının karşılaştırılmasına göre mevcut heyelanların duyarlılık gruplarına göre dağılışı (b).

Aşağı havzada meydana gelen heyelanlar, Yalankoz, Tepecik ve Yaylakonak yerleşmeleri dışında havzadaki diğer yerleşmeleri etkilememektedir. Bu yerleşmeler yamaçlar dışında plato üzerinde kurulmuş olduğu için heyelandan fazla etkilenmemektedir. Fakat bu yerleşmelerin yakın çevrelerinde de heyelan riski yüksektir. Yerleşmelerin kurulduğu alanlarda görülen heyelanlar yavaş hareket ettiği için uzun dönemde etkileri ortaya çıkmaktadır. Damdırmaz köyünün adının üzerinde kurulduğu heyelanın etkisinden aldığı görülmüştür.

Havzadaki yerleşmeleri Adıyaman'a bağlayan karayolu farklı alanlarda heyelanlardan etkilenmektedir. Ulaşım dışında tarım arazileri ve su şebekeleri farklı yıllarda oluşan heyelanlardan etkilenmiştir. Bu etki yollarda kayma, kopma ve şebekelerde ise tahribat şeklinde görülmektedir.

Şepker Çayı Aşağı Havzası tektonik açıdan çok hareketli bir bölgede yer aldığı için kış ve ilkbahar mevsimlerinde yaşanacak depremler heyelan oluşumunu tetikleyebilecektir. Havza genelindeki heyelanların kış ve ilkbahar gibi yağışlı mevsimlerde oluşması, duyarlılığın dönemlik ve yağışa bağlı olduğunu göstermektedir. Yağışın az olduğu mevsimlerde ise duyarlılık çok düşüktür. Göl ve karstik etkiler de doğrudan yağışla ilişkili olduğundan kurak dönemde heyelan duyarlılığı zayıftır.

Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın heyelan duyarlılık durumu dikkate alınarak, yüksek duyarlı alanlardaki yerleşmeler daha güvenli alanlara taşınmalıdır. Duyarlılık, mevsimsel olarak değişiklik gösterdiğinden yağışlı mevsimde duyarlılığın yüksek olduğu alanlardaki yüzey suları borularla tahliye edilmelidir.

KAYNAKÇA

Aleotti, P. ve Chowdhury, R., (1999). Landslide Hazard Assessment: Summary Review and New Perspectives. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 58, 21-44.

ArcGIS Desktop Help, (2015). ESRI.

Ardel, A., (1961). Güneydoğu Anadolu'da Coğrafi Müşahedeler, Türk Coğrafya Dergisi Sayı: Sayfa:140-148, İstanbul

Asch, W.J, Buma, J. Van Beek, L.P.H., (1999). A View on Some Hydrological Triggering Systems

Avcı, V. ve Günek, H., (2015). Karlıova Havzası ve çevresinin (Bingöl) Heyelan Duyarlılık Haritasının Oluşturulması, Turkish Studies, Volume 10/2 Winter 2015, p. 49-68.

Avcı, V., (2015). Bingöl Çayı Havzası'nın (Bingöl) Heyelan Duyarlılık Analizi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt: 25, Sayı: 2, Sayfa:1-26.

- Ayalew, L., Yamagishi, H. ve Ugawa, N., (2004). Landslide Susceptibility Mapping Using GIS- Based Weighted Linear Combination, The Case in Tsugawa Area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan, *Landslides*, 1, 73-81
- Baeza, C. ve Corominas, J., (2001). Assessment of Shallow Landslide Susceptibility by Means of Multivariate Statistical Techniques, *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 251-1263.
- Barnard, P. L., Owen, L.A., Sharma, M.C. ve Finkel, R.C., (2001). Natural and Human induced Landsliding in the Garhwal Himalaya of Northern India, *Geomorphology*, 40, 21-35
- Bulut, F., Boynukalın, S., Tarhan, F., ve Ataoğlu, E., (1995). Fındıklı İlçesi (Rize) Doğu Yöresindeki Heyelanların Nedenleri. II. Ulusal Heyelan Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Adapazarı, 143-152
- Çevik, E. ve Topal, T., (2003). GIS-based landslide susceptibility mapping for a problematic segment of the natural gas pipeline, Hendek (Turkey), *Environmental Geology*, 44 949-962.
- Choubey, V.D., Chaudhari, S. ve Litoria, P.K., (1992). Landslide Hazard Zonation in Uttarkashi and Tehri Districts P. Himalaya, India. Proceedings 6th International Symposium Landslides, Christchurch, 911-917.
- Dağ, S., Bulut, F. ve Akgün, A., (2006). İki Değişkenli İstatistiksel Analiz Yöntemi ile Çayeli (Rize) ve Çevresindeki Heyelanların Değerlendirilmesi, 1. Heyelan Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 84.
- Dağ, S., (2007). Çayeli (Rize) ve çevresinin istatistiksel yöntemlerle heyelan duyarlılık analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Doktora Tezi, 241 s (yayımlanmamış).
- Dai, F.C. ve Lee, C.F., (2002). Landslide Characteristics and Slope Instability Modelling Using GIS, Lantau Island, Hong Kong, *Geomorphology*, 42, 213-228.
- Demir, G., (2011). Kuzey Anadolu Fayı Üzerinde Niksar-Suşehri Arasındaki Alanın Cbs Tabanlı Heyelan Duyarlılık Analizi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı (Basılmamış Doktora Tezi), Trabzon.
- Donati, L. ve Turrini, M.C., (2002). An objective Method to Rank the Importance of the Factors Predisposing to Landslides with the GIS Methodology: Application to an Area of the Apennines (Valnerina; Perugia, Italy). *Engineering Geology.*, 63, 277-289.
- Duman, T.Y., Can, T., Gökçeoğlu, C., Nefeslioglu, H. A., (2005). Landslide susceptibility mapping of Cekmece area (Istanbul, Turkey) by conditional probability. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2, 155–208
- Ercanoğlu, M. ve Gökçeoğlu, C., 2002. Assessment of Landslide Susceptibility for a Landslide-Prone Area (North of Yenice, NW Turkey) by Fuzzy Approach, *Environmental Geology*, 41, 720-730.
- Ercanoğlu, M., Gökçeoğlu, C., (2004). Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey). *Engineering Geology*, 75, 229-250.
- Erinç, S., 2000, Jeomorfoloji I-II, DER Yayınları, İstanbul.
- Fernandez, C.I., Del Castillo, T.F., El Hamdouni, R. ve Montero, J.C., (1999). Verification of Landslide Susceptibility Mapping: A Case Study, *Earth Surface Processes and Landforms*, 24, 537-544
- Fernandez, T., Irigaray, C., El Hamdouni, R., And Chacón, J., (2003). Methodology for Landslide Susceptibility Mapping by Means of a GIS. Application to the Contraviesa Area (Granada, Spain). *Natural Hazards*, 30, 297-308.
- Flageollet, J. C., Maquaire, O., Martin, B., Weber, D., (1999). Landslides and Climatic Conditions in The Barcelonnette and Vars Basins (Southern French Alps, France), *Geomorphology*, 30, 65-78
- Gökçeoğlu, C. ve Aksoy, H., (1996). Landslide Susceptibility Mapping of the Slopes in the Residual Soils of the Mengen Region (Turkey) by Deterministic Stability Analyses and Image Processing Techniques, *Engineering Geology*, 44, 147-161.
- Gökçeoğlu, C. ve Ercanoğlu, M., (2001). Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler, *Yerbilimleri, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 23, 201-219

Guillande, R., Gelugne, P., Bardintzeff, J.M., Brousse, R., Chorowich, J., Deffontaines, B., et Parrot, J.F., (1993). Cartographie Automatique de Zones a Aleas de Mouvement de Terrain sur l'île de Tahiti a Partir de Donnees Digitales. Bulletin de la Societe Geologique de France, 164,4 577-583

Kamp, U., Growley B. J., Khattak, G. A. ve Owen, L. A., (2008). GIS-based landslide susceptibility mapping for the 2005 Kashmir earthquake region, *Geomorphology*, 101, 631-642.

Karadoğan, S. ve Tonbul, S. (2013), Adıyaman Havzası'nın Jeomorfolojik Özellikleri, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1, 182-217

Karadoğan. S., (2005), Adıyaman Havzasının Genel Uygulamalı Jeomorfolojisi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı Doktora Tezi, Elazığ

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

Koçman. A., (1993). Türkiye İklimi, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 72. İzmir

Komac, M., (2006). A Landslide Susceptibility Model Using the Analytical Hierarchy Process Method and Multivariate Statistics in Perialpine Slovenia, *Geomorphology*, 71 1-4, 17-28.

Lee, S. ve Min, K., (2001). Statistical Analysis of Landslide Susceptibility at Yongin, Korea, *Environmental Geology*, 40, 1095-1113.

Lee, S., Choi, J. ve Min, K., (2002). Landslide Susceptibility Analysis and Verification Using the Bayesian Probability Model, *Environmental Geology*, 43, 120-131.

Lee, S., Choi, J., (2004). Landslide susceptibility mapping using GIS and the weight-of-evidence model. *International Journal of Geographical Information Science*, 18, 789-814.

Lee, S., (2005). Application of Logistic Regression Model and Its Validation for Landslide Susceptibility Mapping Using GIS and Remote Sensing Data, *International Journal Remote Sensing*, 26,7 1477-1491

Lee, S., Dan, N. T., (2005). Probabilistic landslide susceptibility mapping in the Lai Chau province of Vietnam: focus on the relationship between tectonic fractures and landslides. *Environmental Geology*, 48, 778-787.

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.

MTA, (Maden Tetkik Arama Enstitüsü), (2002). 1/500000 ölçekli Jeoloji Haritaları Hatay paftası, Ankara.

Ocakoğlu, F., Gökceoğlu, C., Ercanoğlu, M., (2002). Dynamics of a Complex Mass Movements Triggered by Heavy Rainfall: A Case Study from NW Turkey, *Geomorphology*, 42, 329-341.

Peloquin, S. ve Gwyn, Q.H.J., (2000). Using Remote Sensing, GIS and Artificial Intelligence to Evaluate Landslide Susceptibility Levels: Application in the Bolivian Andes. 4th International Conference On Integrating. GIS Environmental Modeling, Canada, 26-37

Perotto-Baldivieso, H. L., Thurow, T. L., Smith, C. T., Fisher, R. F. ve Wu, X. B., (2004). GIS-Based Spatial Analysis and Modeling for Landslide Hazard Assessment in Steeplands, Southern Honduras, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103,1, 165-176.

Pradhan, B., (2010). Remote sensing and GIS-based landslide hazard analysis and cross validation

Remondo, J., Gonzalez, A., Teran, J.R.D.D., Cendrero, A., Fabbri, A. ve Chung, C.J.F., (2003). Validation of Landslide Susceptibility Maps; Examples and Applications From A Case Study in Northern Spain, *Natural Hazards*, 30, 437-449.

Ruff, M., Czurda, K., (2008). Landslide susceptibility analysis with a heuristic approach in the Eastern Alps (Vorarlberg, Austria). *Geomorphology*, 94, 314-324.

Tarhan, F., (1996). Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.

Türkiye Ulusal Afet Arşivi Verileri, (2012). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

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

Yalçın, A., (2005). Ardeşen (Rize) Yöresinin Heyelan Duyarlılığı Açısından İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, Trabzon.

Zeze, J. L., Ferreira, A. B., Rodrigues, M. L., (1999), The Role of Conditioning and Triggering Factors in the Occurrence of Landslides: A Case Study in the Area North of Lisbon (Portugal), *Geomorphology*, 30, 133-146.

Zhou, C.H., Lee, C.F., Li, J. ve Xu, Z.W., (2002). On the Spatial Relationship Between Landslides and Causative Factors on Lantau Island, Hong Kong. *Geomorphology*, 43, 197-207