



17 MART 2005 KUZULU (KOYULHISAR, SİVAS) HEYELANI

The March 17, 2005 Kuzulu (Koyulhisar, Sivas) Landslide

Candan GÖKÇEOĞLU¹, Tamer Y. DUMAN², Harun SÖNMEZ¹, Hakan A. NEFESLİOĞLU²

¹Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, Ankara

²MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdlere Dairesi, 06520 Balgat, Ankara

ÖZ

Heyelanlar, ülkemizde yaygın olarak meydana gelen doğal tehlikelerdir. Kanal aşındırması, sismik aktivite, aşırı yağışlar ve insan etkileri heyelanları tetikleyen başlıca faktörlerdir. Ancak, 17 Mart 2005 günü Sivas il sınırları içinde, Kuzulu heyelanı olarak isimlendirilen ve kar erimesi sonucu tetiklenen, ayrıca herhangi bir ön belirti olmaksızın büyük boyutlu katastrofik bir heyelan meydana gelmiştir. Bu çalışmanın başlıca amacı, Kuzulu heyelanının meydana gelmesinde etkili olan faktörleri tanımlamak ve bunun çevresel etkilerini ortaya koymaktır. Kuzulu heyelanı başlangıçta dairesel kayma şeklinde gelişmiştir. Dairesel kaymayı takiben, birikme zonundaki malzeme dik topoğrafya ve yüksek su içeriği nedeniyle hızlı akma şeklinde bir hareket sergilemiştir. İçinde Kuzulu mahallesinin de yer aldığı Agnus Deresi vadisi akan malzeme tarafından doldurulmuş ve bu derenin üst kotlarında yüzey alanı 6900 m² olan bir heyelan gölü oluşmuştur. Dairesel kaymanın topuğuyla akmanın topuğu arasındaki mesafe 1800 m olarak ölçülmüş ve yaklaşık 12.5 milyon metreküp malzeme bu mesafeyi katetmiştir. Kuzulu heyelanının hızı 6 m/s civarında olup, aşırı hızlı bir harekete karşılık gelmektedir. Kuzulu heyelanı boyunca, heyelanların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin hemen tamamı meydana gelmiştir. Heyelanın aşırı hızlı olması nedeniyle 15 kişi toprak altında kalarak yaşamlarını yitirmiştir. Toplam 34 ev ve bir cami tamamiyle yıkılmış, ayrıca önemli miktarda tarım alanı ve 47000 m² orman alanı tahrip olmuştur. Agnus Deresi, Türkiye'nin önemli akarsularından birisi olan Kelkit Nehri'ne boşalmaktadır. 4 gün boyunca yaklaşık 5.3 milyon m³ toprak malzeme, Agnus Deresi tarafından Kelkit Nehri'ne taşınmıştır. Bu malzemenin Kelkit Nehri'ne karışması, su kalitesinin azalmasına ve yatak sediman yükünün artmasına neden olmuştur. Saha gözlemleri dikkate alındığında, heyelanın geriye doğru sıçramasının beklendiği ve Kuzulu mahallesinin diğer bölümlerinin de heyelan tehlikesi tehdidi altında olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Akma, dairesel kayma, heyelan, heyelan tehlikesi, Kuzulu (Sivas).

ABSTRACT

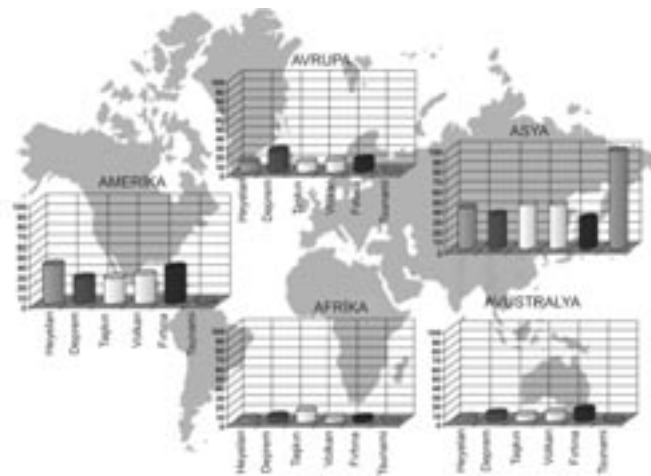
Landslides are common natural hazards in our country. Channel incisions, seismic activity, heavy rainfall and anthropogenic effects are the main triggering factors of landslides. However, on March 17 2005 a catastrophic large landslide, called Kuzulu landslide, which is located in the administrative boundaries of Sivas, was triggered by snow melting without any precursor. The main goal of this study is to describe the factors governing the Kuzulu landslide and to put forward its environmental impacts. The initial type of failure of the Kuzulu landslide was rotational. Following the rotational failure, the earth material in the zone of accumulation exhibited an extremely rapid flow due to steep topography and high water content. The Agnus Creek valley, where the Kuzulu village is founded, was filled by the flowed earth material, and a landslide lake with an area of 6900 m² formed in the upper part of the creek. The distance from the toe of the rotational failure down to the toe of the earthflow was more than 1800 m with about 12.5 million m³ displaced earth material. The velocity of the Kuzulu landslide was extremely fast, approximately 6 m/sec. During the Kuzulu landslide, almost all negative impacts of landslides on the environment occurred. Fifteen people (villagers) were buried under the displaced material because of its extremely high speed. A total of thirtyfour houses and one mosque were completely demolished, and a large farming area and an important forest cover with an area of 47000 m² were completely destroyed. The Agnus Creek discharges to the Kelkit River which is one of the important rivers of Turkey. Through four days, approximately 5.3 million m³ earth materials were transported to the Kelkit River by the Agnus Creek. The materials transported to the Kelkit River caused a decrease in water quality and an increase in the sediment load in the river bed. Based on the field observations, retrogressing landslide activity is expected and the other parts of the Kuzulu village are under the threat of the subsequent landslide hazard.

Key Words: Earthflow, rotational sliding, landslide, landslide hazard, Kuzulu (Sivas).

1. GİRİŞ

Genel olarak, bir yamacı oluşturan kaya ve toprak zeminin veya yamacı örten molozların yamaç aşağı doğru hareket etmesi olarak tanımlanan heyelanlar nedeniyle, dünyada her yıl çok sayıda kişinin yaşamını yitirdiği bilinmektedir. Bunun yanı sıra, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Avusturya, Fransa, İtalya, İsviçre ve Hindistan'da heyelanlardan kaynaklanan yıllık ekonomik kayıpların 1 ile 5 milyar dolar arasında değiştiği tahmin edilmektedir (Alacantara-Ayala, 2002). Dünyada olduğu gibi, Türkiye'de de doğal afetler nedeniyle, her yıl bir çok insan yaşamını yitirmekte ve önemli düzeyde ekonomik zararlar oluşmaktadır. Dünya geneli için Alacantara-Ayala (2002) tarafından yapılan bir değerlendirmede (Şekil 1), heyelanlar dünyanın hemen her bölgesinde karşılaşılan doğal tehlikelerdir. Türkiye'de ise, heyelanlar neden oldukları kayıplar açısından depremlerden sonra ikinci sırada yer almaktadır (İlçir, 1995).

Dünya heyelan literatüründe; münferit, ancak son derece geniş alanları kaplayan, katastrofik ve çok sayıda can ve mal kaybına neden olan heyelanlara ilişkin çalışmaları bulmak mümkündür. Örneğin, 28 Temmuz 1992 tarihinde meydana gelen Valpola (Valtellina, Orta Alpler, İtalya) heyelanında 34 milyon metreküp malzeme hareket etmiş ve bunun sonucunda da 27 kişi hayatını kaybetmiştir (Azzoni vd., 1992). 18 Ağustos 1998'de meydana gelen Malpa (Kumaun Himalaya, Hindistan) heyelanında çok daha az miktarda bir malzeme (1 milyon metreküp) hareket etmesine rağmen, 221 kişinin yaşamını kaybetmesine neden olmuştur (Paul vd., 2000). Ayrıca, La Valetta (Squarzonei vd., 2003 ve 2005), Corvara (Corsini vd., 2005), Super-Sauza (Malet vd., 2005), La Orotava (Hurlimann vd., 2004), Pozzano (Calcaterra ve Santo, 2004), Stoze (Mikos vd., 2004), Limbe (Ayonghe vd., 2004), Vajont (Kilburn ve Petley, 2003), Dağköy (Ocakoğlu vd., 2002), Sesa (Crosta, 2001), Tessina (Montovani vd., 2000; van Westen ve Getahun, 2003), La Clapiere (Casson vd., 2003) ve Köffels (Sorenson ve Bauer, 2003) heyelanları gibi heyelanları konu alan çok sayıda çalışma mevcuttur. Heyelanlar, can kayıplarının ve ekonomik zararlarının yanı sıra, kentleşmeye zarar vermekte, tarım ve orman alanları ile akarsuların kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Schuster ve Fleming, 1986). Çoğu zaman heyelan zararları, heyelanı tetikleyen en önemli faktörlerden olan deprem ve aşırı yağış dikkate alınarak



Şekil 1. Dünyada meydana gelen doğal afetlerin kıtalar bazındaki dağılımı (Alacantara-Ayala, 2002).

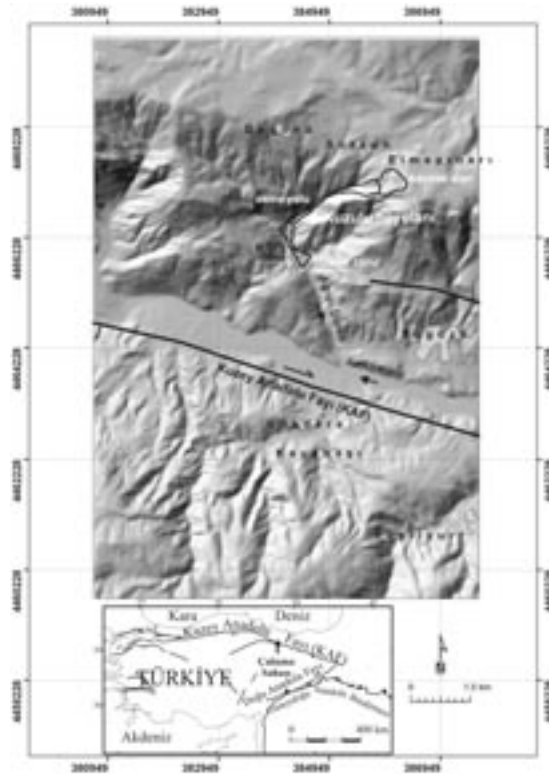
Figure 1. Distribution of the natural hazards occurred in the world based on continents (Alacantara-Ayala, 2002).

değerlendirilmekte ve bunun sonucu olarak heyelan zararlarının boyutları olduğundan daha düşük tahmin edilmektedir. Ancak heyelanlar, zaman zaman depremler veya aşırı yağışlar gibi doğal tetikleyici unsurlar olmaksızın da meydana gelebilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, 17/03/2005 tarihinde Sivas'ın Koyulhisar ilçesine bağlı Sugözü köyü Kuzulu mahallesinde aşırı yağış ve deprem gibi belirgin bir tetikleyici faktör olmaksızın, zamana bağlı olarak gelişen heyelana ilişkin gözlem ve değerlendirmelerin ortaya konulmasıdır. Bu çalışma kapsamında, yerinde yapılan gözlemlerin yanı sıra, heyelanlı saha ve yakın çevresini içerisine alan alanın sayısal arazi modeli (SAM) ve SAM'dan üretilen morfolojik haritalar ve jeolojik özelliklerden yararlanılmıştır.

17/03/2005 tarihinde Sivas ili, Koyulhisar ilçesi, Sugözü köyünün batısındaki Kuzulu Mahallesi'nin doğu yamacının üst kotlarında meydana gelen Kuzulu heyelanı sonucunda yerdeğiştiren malzeme, doğu-batı doğrultulu dar ve dik bir vadi içersinde yerdeğiştirmeye devam etmiş ve daha düşük kotlardaki kuzey-güney doğrultulu Agnus Deresi boyunca yaklaşık 1 km daha ilerledikten sonra hareket sonlanmıştır. Agnus Deresi çevresinde kurulmuş olan Kuzulu Mahallesi'nde 15 kişi hareket eden malzemenin altında kalarak yaşamını yitirmiş ve bu yayının hazırlandığı sırada yaşamını yitiren kişilere halen ulaşılammıştır. Ayrıca, Kuzulu köyü camisinin yanı sıra, 21 ev ve 375 adet hayvan da hareket eden malzeme tarafından tamamen örtülmüştür.

Heyelanın geliştiği alan tipik karasal iklimin hüküm sürdüğü Orta Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır (Şekil 2). Bölgede genelde yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı iklim koşulları egemendir.

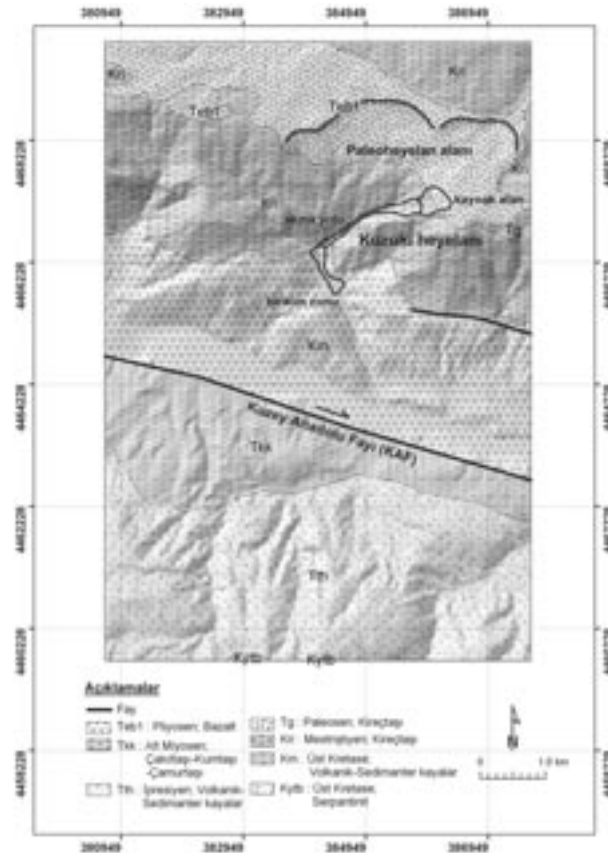


Şekil 2. Kuzulu heyelanının genel coğrafik konumu.
Figure 2. Geographic setting of the Kuzulu landslide.

Bölgede ortalama yıllık yağış 400 mm civarında olup, ağırlıklı olarak kış aylarında gerçekleşen bu yağışlar yüksek kotlarda genellikle kar şeklinde görülür. Bununla birlikte, söz konusu heyelan öncesinde bölgede etkili bir yağış kayıtlı edilmemiştir.

2. JEOLojİK VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLER

Heyelanın geliştiği saha Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'nun yaklaşık 3 km kuzeyinde yer almaktadır. Bu nedenle bölge, tipik aktif fay hattı morfolojisine sahiptir. Diğer bir ifadeyle, fay zonunun uzandığı doğu-batı doğrultusu boyunca derin bir vadi, bunun kuzey ve güney kesimlerinde ise kısa mesafelerde aniden yükselen bir topografya mevcuttur (Şekil 3). Fay zonunun geçtiği vadi ise, Türkiye'nin önemli akarsularından Kelkit Nehri'nin yaklaşık 580 m kotundaki yatağını oluşturmaktadır. Kuzey ve güney kesimlerdeki ikincil akarsu yatakları ise Kelkit Nehri'ni beslemektedir. Heyelan, Kelkit Nehri'nin kuzeyindeki dağlık alanın 1800 m civarındaki kotlarında meydana gelmiş olup, hareket eden malzeme Kelkit Nehri'ne boşalan ve 750 m civarında bir kota sahip ikincil drenaj kanallarından birisi olan Agnus Deresi boyunca yaklaşık 600 m kotlarına kadar hareketini sürdürmüştür (Şekil 3). MTA tarafından hazırlanan jeoloji haritasına göre, Kuzey Anadolu Fayının kuzeyindeki bölgede yaşlıdan gence doğru Üst Kretase yaşlı volkanik ve sedimanter birimler, Maestrihtiyen yaşlı kireçtaşları ile Pliyosen yaşlı bazalt ve diğer volkanik birimler yer almaktadır. Alt kotlardaki Üst

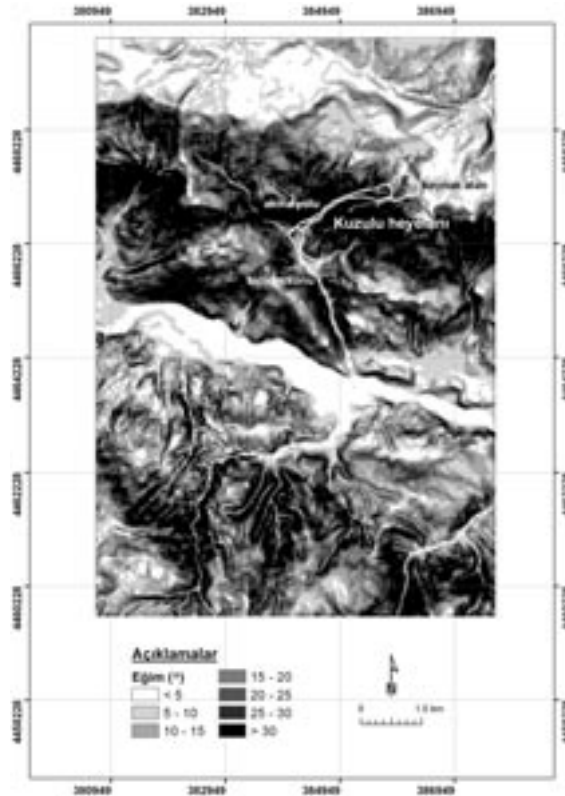


Şekil 3. Heyelan alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (MTA, 2002).

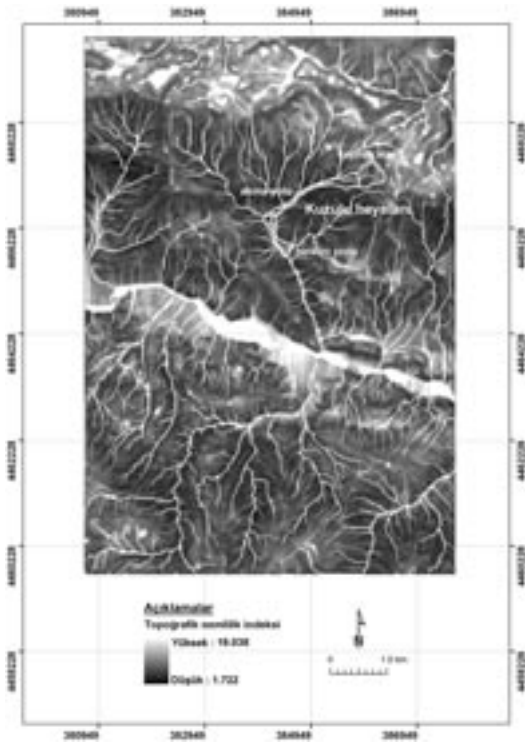
Figure 3. Geological map of the landslide area and its close vicinity (MTA, 2002).

Kretase yaşlı volkanik ve sedimanter birimler düşük eğimli bir morfoloji gösterirken, Maestrihtiyen yaşlı kireçtaşları son derece dik bir morfoloji sunmaktadır. Bu kireçtaşlarında, tabaka eğim yönleri KAFZ'nun etkisiyle kısa mesafelerde değişim göstermekle birlikte, genellikle kuzeydoğu'ya doğrudur. Üst kotlardaki Pliyosen yaşlı volkanik birimler de ise, özellikle bozunma sonucu, önemli bir kalınlığa sahip regolit zonu oluşmuştur. Gerek hava fotoğraflarının incelenmesiyle gerekse yerinde yapılan gözlemlerle bu volkanik birimlerin daha önce de heyelana maruz kaldıkları saptanmıştır (Şekil 3). Paleoheyelan morfolojisi heyelan aynaları, heyelan malzemesi ve kabarma yapıları ile 1/35.000 ölçekli siyah-beyaz düşey hava fotoğraflarında ve sayısal arazi modelinden elde edilen gölgelendirilmiş kabartı haritasında belirgin olarak gözlenmektedir (Şekil 3). Bu nedenle, Pliyosen yaşlı volkanitler tipik paleoheyelan morfolojisi sunmaktadır. Kuzulu heyelanı ise, bu paleoheyelan bölgesinin doğu kesimlerinde ve Pliyosen yaşlı volkanitler içerisinde meydana gelmiştir.

Kuzulu heyelanının da içinde yer aldığı alanın genel topoğrafik ve morfolojik özellikleri 1/25000 ölçekli sayısal arazi modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Buna göre, incelenen alandaki topoğrafik yükseklik değerleri 580 ile 1830 m arasında değişmekte olup, ortalama değer 1115 m'dir. Topoğrafyadaki bu değişime bağlı olarak, incelenen alanın eğim değerleri de yüksektir (Şekil 4). Eğim değerleri 0°-64° aralığında değişmekte ve ortalama değer 18.5°'dir. Ancak, Kuzulu heyelanının meydana geldiği kesimde eğim 20° civarında olup, Agnus Deresi'ne malzemeyi taşıyan kanalın eğimi 35°'den yüksektir. Sahada yamaçların eğim yönü değişim göstermekle birlikte, genel fizyografik eğilim doğu-batı yönünde-



Şekil 4. Heyelan alanı ve yakın çevresinin eğim haritası.
Figure 4. Slope map of the landslide area and its close vicinity.



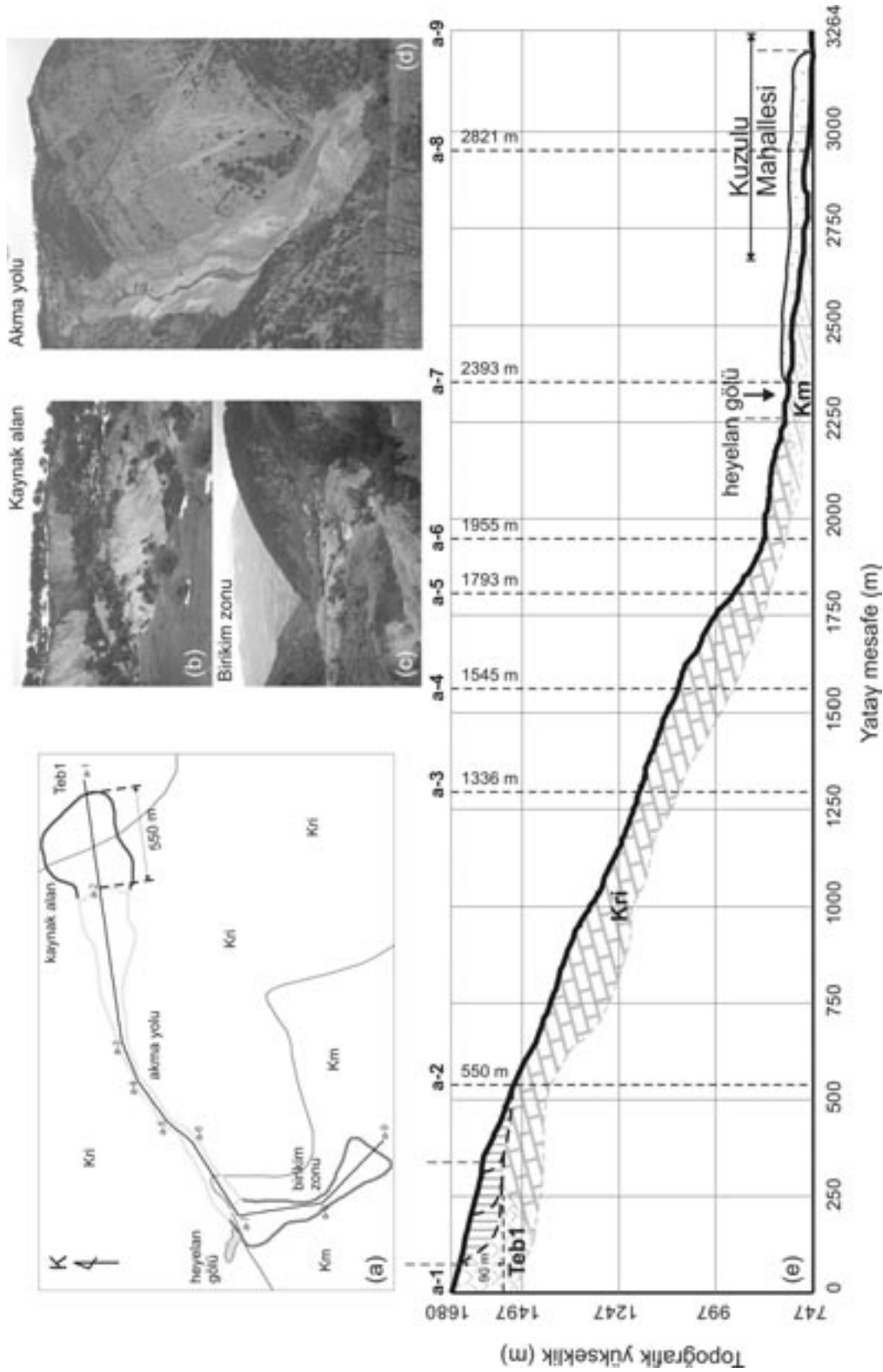
Şekil 6. Heyelan alanı ve yakın çevresinin topoğrafik nemlilik indeksi haritası.
Figure 6. Topographic wetness index map of the landslide area and its close vicinity.



Şekil 7. Heyelan alanı ve yakın çevresinin akış aşındırma indeksi haritası.
Figure 7. Stream power index map of the landslide area and its close vicinity.

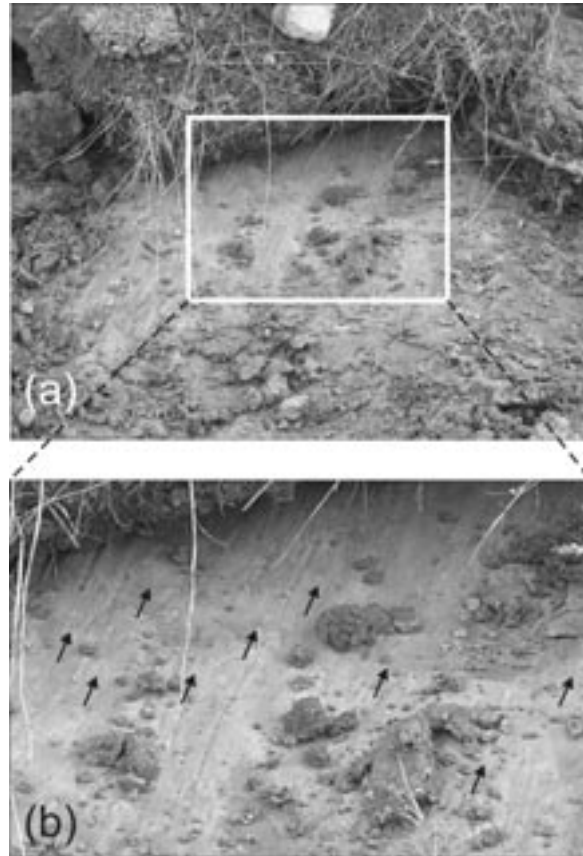
3. KUZULU HEYELANININ ÖZELLİKLERİ VE MEKANİZMASI

Kuzulu heyelanı, 1800 m kotlarında volkanik birimlerin bozunma zonu içerisinde dairesel kayma şeklinde başlamıştır. Kayma yüzeyinin dairesel olduğunun göstergesi olan geriye doğru eğilmiş ağaçlar heyelanlı kütle içerisinde belirgin şekilde izlenebilmektedir (Şekil 8b). Bunun yanı sıra, kayma yüzeyi yakından incelendiğinde, hareketin etkisiyle yüzeyin kayganlaşmış olduğu ve hareket yönünü gösteren kayma çizgileri belirgin bir şekilde görülmektedir (Şekil 9). Şekil 8e’de heyelanın taş bölgesinden itibaren, malzemenin depolandığı bölüme kadar olan bir hat boyunca alınmış kesit görülmektedir. Ayrıca bu kesit üzerinde sahada belirlenebilen kayma yüzeylerinin yaklaşık konumları ile depolanan malzeme de gösterilmiştir. Buna göre, dairesel kayma şeklinde başlayan duraysızlığın topuk bölgesinde hareket eden malzemenin depolanacağı bir alan olmadığından, heyelan kütlesi doğrudan kireçtaşları içerisindeki drenaj kanalına dolmuştur. Kayma yüzeyinin derinliği yer yer 150 m’ye kadar ulaşmaktadır. Kayma alanının yaklaşık 167000 m² olduğu ve ortalama kayma derinliği de 75 m alınarak (Şekil 8e), hareket eden malzemenin hacmi yaklaşık 12.5 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Drenaj kanalına ulaşan bu örselenmiş malzeme, kanalın eğiminin yüksek olması (Şekil 8d) ve çevresindeki su kaynakları tarafından da beslenmesiyle, hızlanarak hareketini aşağıya doğru akma şeklinde güneybatı yönünde sürdürerek Agnus Deresine ulaşmıştır. Agnus Deresine ulaştığı kesimden itibaren malzeme depolanmaya başlamış,



Şekil 8. Heyelan alanının plan görünümü (a), dairesel kaymanın meydana geldiği alanda geriye doğru eğilmiş ağaçlar (b), birikim zonu (c), akma yolu (d), heyelanın taş bölgesinden itibaren, malzemenin depolandığı bölüme kadar olan hat boyunca alınmış topografik ve jeolojik kesit (e).
 Figure 8. Plan view of the landslide area (a), back tilted trees in the zone which the circular failure occurred in (b), accumulation zone (c), flow path (d), topographic and geologic cross section drawn through a line between the scarp of the slide and accumulation zone (e).

ancak bu derenin de katkısıyla hareketini bir miktar daha devam ettirdikten sonra ve Kuzulu Mahallesi'nin bir kısmını da örterek (Şekil 8c) sonlanmıştır. Üst kotlardaki ana heyelanın topuğundan itibaren, malzemenin durduğu son nokta arasındaki mesafe yaklaşık 1800 m'dir. Yerel halktan alınan bilgilere göre, hareketin sesi algılandıktan itibaren Kuzulu Mahallesi'ne malzemenin ulaşması 5 dakikadan daha az bir sürede gerçekleşmiştir. Bu bilgiye göre hareketin hızı yaklaşık 6 m/sn olup, Varnes (1978) sınıflamasına göre aşırı hızlı bir heyelandır. Bu tip heyelanlar; katastrofik özellikte ve çarptığı yapıları tamamiyle yıkabilecek güçte olup, ani ve hızlı gelişmeleri nedeniyle, insanların kaçabilme şansı ise hemen hemen yoktur (Varnes, 1978). Nitekim, Kuzulu heyelanında da olaylar böyle gerçekleşmiş olup, malzemenin hareket yolunda bulunan 15 kişi kaçmayı başaramamış ve malzemenin altında kalarak yaşamlarını yitirmişlerdir. Hareket eden malzeme, akma kanalından Agnus Deresine ulaştığı noktada birikmeye başlamış ve alanı yaklaşık 6900 m² olan bir heyelan gölü oluşturmuştur (Şekil 8a).

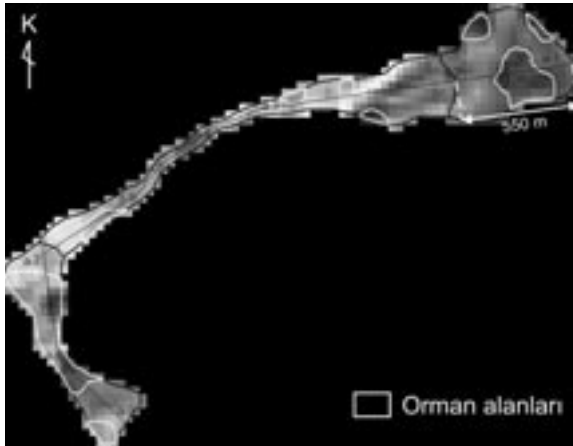


Şekil 9. Yenilme yüzeyi (a) ve kayma çizikleri (b).
Figure 9. Sliding surface (a) and slickensides (b).

Birikme zonunda malzemenin kalınlığı topuğun güney kesimlerinde 10 m'den başlayıp kuzeye doğru yer yer 100 m'yi geçmektedir. Birikme zonunun alanı 121000 m² olarak hesaplanmış olup, ortalama 80 m kalınlık dikkate alındığında 9.7 milyon m³ hacmindeki bir malzeme Agnus Deresinde Kuzulu Mahallesi'nin bir kesimini örtmüş durumdadır. Heyelanın kaynak bölgesinde hareket eden malzeme miktarı 12.5 milyon metreküp olarak hesaplanmıştır. Hareket eden malzemenin kabarma faktörü de 1.2 olarak alındığında, depolanan alandaki malzemenin hacminin 15 milyon metreküp olması gerekmektedir. Ancak, aradaki 5.3 milyon metreküp malzemenin bir kısmı heyelan gölü altında kalmış, geriye kalan kısmı ise debisi yaklaşık 2 m³/sn olan Agnus Deresi tarafından taşınarak Kelkit Nehri'ne ulaştırılmıştır.

Kuzulu heyelanının çevresel etkilerinden birisi de önemli miktardaki bir orman alanını tahrip etmesidir. Heyelan bölgesini içine alan 1986 tarihli Landsat TM görüntüsü (band kombinasyonu 7-4-1) kullanılarak yapılan değerlendirme sonucunda yaklaşık 131.2 bin m²'lik orman alanının heyelan tarafından tamamen tahrip edildiği saptanmıştır (Şekil 10).

Sahada 19.03.2005 tarihinde yapılan değerlendirmeler sonucunda, önemli miktarda kütleli sınırlandırılan tansiyon çatlakları saptanmıştır (Şekil 11). Bu belirleme çerçevesinde heyelanın aktivitesini ciddi biçimde sürdürdüğü, arama-tarama çalışmalarının son derece riskli olduğu ve bu çalışmalara son verilmesi gerektiği belirtilmiştir (Tatar vd., 2005). 24 Mart 2005'te meydana gelen ikinci heyelanda yaklaşık 5 milyon m³ malzeme daha kaymış ve Kuzulu mahallesindeki 13 evin tamamen yıkılmasına neden olmuştur. Ayrıca, paleoheyelan alanı olarak belirlenen alanın doğu kesimindeki tansiyon çatlakları dikkate alındığında, yaklaşık 20 milyon m³ malzemenin kayma potansiyeline sahip olduğu, tetikleyici bir faktöre bağlı olarak gelecekte hareket etme olasılığı bulunduğu söylenebilir.



Şekil 10. Kuzulu heyelanından etkilenen orman alanlarını gösterir zenginleştirilmiş 1986 tarihli Landsat TM uydu görüntüsü (band kombinasyonu 7-4-1).

Figure 10. 1986 dated enhanced Landsat TM imagery (band combination 7-4-1) showing the perturbed forest area due to Kuzulu landslide.



Şekil 11. Heyelan tacının gerisinde karla örtülü tansiyon çatlaklarının kar birikintisi üzerinde oluşturduğu çizgisellikler.

Figure 11. Lineaments in the snow accumulation due to tension cracks covered by snow behind the scarp of the landslide.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerek saha gözlemleri, gerekse sayısal arazi modeli üzerinde gerçekleştirilen analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, Kuzulu heyelanına ilişkin başlıca sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir.

- (a) Kuzulu heyelanı, üst kotlardaki bozunmuş volkanik birimler içerisinde gelişen dairesel bir kaymadır. Kayan malzeme, topuk bölgesinde depolanmaya uygun bir düzlük alan bulunmadığından, Agnus Deresi'nin yan drenaj kanalına ulaşmıştır. Son derece dik eğime sahip bu kanalda malzeme hızlanarak hareket etmiş ve Kuzulu Mahallesi'nin bir bölümünü örtmüştür. Bunun sonucunda 21 ev ve bir cami tamamen toprak altında kalmıştır.
- (b) Hareket eden malzemenin hızı yaklaşık 6 m/sn olup, "aşırı hızlı heyelan" sınıfına girmektedir. Bunun sonucunda, 15 insan kurtulmayı başaramamış ve toprak altında kalarak hayatını kaybetmiştir.
- (c) Yaklaşık 1800 m kotlarında başlayan heyelanın kaynak bölgesinden hareket eden malzemenin hacmi 12.5 milyon m³'tür. Depolanma bölgesinde biriken malzemenin miktarı ise 9.7 milyon metreküp olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kabarma faktörü de 1.2 olarak dikkate alındığında, depolanma bölgesinde malzemenin 15 milyon metreküp olması gerekmektedir. Aradaki 5.3 milyon m³ malzemenin bir kısmı heyelan gölü altında kalmış, daha çok da Agnus Deresi tarafından taşınmıştır.
- (d) Heyelanın altında kalanları arama çalışmaları, risk arzettiği için durdurulmuştur. Bu gözlemi doğrulayan ikinci heyelan 24/03/2005 günü meydana gelmiş ve yaklaşık 5 milyon m³ malzeme daha kayarak Kuzulu mahallesinde boşaltılmış olan 13 evin tamamen toprak altında kalmasına neden olmuştur.
- (e) 24/03/2005 günü meydana gelen ikinci heyelana rağmen, bölgedeki heyelan aktivitesi devam etmekte olup, paleoheyelan alanının doğu kesimleri harekete geçebilecek durumdadır. Sahadaki tansiyon çatlakları dikkate alınarak yapılan ilk değerlendirmelerde, gerekli koşullar oluştuğunda yaklaşık 20 milyon m³'lük bir malzemenin daha kayma olasılığı yüksektir.
- (f) Tüm bu bulgular dikkate alınışında, Agnus Deresi ve Kuzulu Mahallesi'nin önemli bir heyelan riski altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle, ilk önlem olarak bölgenin insan girişine kapatılması, can güvenliği açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- Alacantara – Ayala, I., 2002. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47 (2-4), 107-124.
- Ayonghe, S.N., Ntasin, E.B., Samalang, P., and Suh, C.E., 2004. The June 27, 2001 landslide on volcanic cones in Limbe, Mount Cameroon, West Africa. *Journal of African Earth Sciences*, 39, 435-439.
- Azzoni, A., Chiesa, S., Frassoni, A., and Govi, M., 1992. The Valpola landslide. *Engineering Geology*, 33, 59-70.
- Calcaterra, D., and Santo, A., 2004. The January 10, 1997 Pozzano landslide, Sorrento Peninsula, Italy. *Engineering Geology*, 75, 181-200.
- Casson, B., Delacourt, C., Baratoux, D., and Allemand, P., 2003. Seventeen years of the La Clapiere landslide evolution analysed from ortho-rectified aerial photographs. *Engineering Geology*, 68, 123-139.
- Corsini, A., Pasuto, A., Soldati, M., and Zannoni, A., 2005. Field monitoring of the Corvara landslide

- (Dolomites, Italy) and its relevance for hazard assessment. *Geomorphology*, 66, 149-165.
- Crosta, G.B., 2001. Failure and development of a complex slide: the 1993 Sesa landslide. *Engineering Geology*, 59, 173-199.
- Hurlimann, M., Marti, J., and Ledesma, A., 2004. Morphological and geological aspects related to large slope failures on oceanic islands: The huge La Orotava landslides on Tenerife, Canary Islands. *Geomorphology*, 62, 143-158.
- Ildır, A., 1995. Türkiyede heyelanların dağılımı ve afetler yasası ile ilgili uygulamalar. 2. Ulusal Heyelan Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Sapanca, 1-9.
- Kilburn, C.R.J., and Petley, D.N., 2003. Forecasting giant, catastrophic slope collapse: lessons from Vajont, Northern Italy. *Geomorphology*, 54, 21-32.
- Malet, J.P., Laigle, D., Remaitre, A., and Maquaire, O., 2005. Triggering conditions and mobility of debris flows associated to complex earthflow. *Geomorphology*, 66, 215-235.
- Mikos, M., Cetina, M., and Brilly, M., 2004. Hydrologic conditions responsible for triggering the Stoze landslide, Slovenia. *Engineering Geology*, 73, 193-213.
- Montovani, F., Pasuto, A., Silvano, S., and Zannoni, A., 2000. Collecting data to define future hazard scenarios of the Tessina landslide. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2, 33-40.
- Moore, I.D., Grayson, R.B., and Ladson, A.R. 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes*, 5, 3-30.
- Ocakoğlu, F., Gökçeoğlu, C., and Ercanoğlu, M., 2002. Dynamics of a complex mass movement triggered by heavy rainfall: a case study from NW Turkey. *Geomorphology*, 42, 329-341.
- Paul, S.K., Bartarya, S.K., Rautela, P., and Mahajan, A.K., 2000. Catastrophic mass movement of 1998 monsoons at Malpa in Kali Valley, Kumaun Himalaya (India). *Geomorphology*, 35, 169-180.
- Schuster, R.L., and Fleming, R.W., 1986. Economic losses and fatalities due to landslides. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, XXIII, 11-28.
- Sorenson, S.A., and Bauer, B., 2003. On the dynamics of the Kofels sturzstrom. *Geomorphology*, 54, 11-19.
- Squarzoni, C., Delacourt, C., and Allemand, A., 2003. Nine years of spatial and temporal evolution of the La Valette landslide observed by SAR interferometry. *Engineering Geology*, 68, 53-66.
- Squarzoni, C., Delacourt, C., and Allemand, A., 2005. Differential single-frequency GPS monitoring of the La Valette landslide (French Alps). *Engineering Geology* (In press).
- Tatar, O., Gürsoy, H., Sönmez, H., Gökçeoğlu, C., Koçbulut, F., Duman, T.Y., Kök, S., Süllü, H., Şenyurt, A., İleri, N., Ozatay, S. ve Osman, P., 2005. 17 Mart 2005 Sivas ili Koyulhisar ilçesi Sugözü Köyü Kuzulu Mahallesi heyelanı 2. değerlendirme raporu. <http://www.koyulhisar.gov.tr/bulten3.doc>.
- van Westen, C.J., and Getahun, F.L., 2003. Analyzing the evolution of the Tessina landslide using aerial photographs and digital elevation models. *Geomorphology*, 54, 77-89.
- Varnes, D. J., 1978. Landslides Types and Processes. In: *Landslides and Engineering Practice*. E.B. Eckel, (ed.), Highway Research Board Special Report, 29, 20-47.

