

KÜTAHYA'NIN KUZEYBATISINDA HEYELAN OLAYLARI

Landslide Events On The North-West of Kütahya

Yrd.Doç.Dr. Nurdan KESER *

ÖZET

İnceleme alanı Kütahya Ovasının NW' sında, alçak plato alanlarından ova tabanına geçiş sahasında yer alır. Felet Çayı ve kolları tarafından drene olan sahada ortalama yükselti 1000-1100 m'ler civarında olup, heyelanların oluştuğu alanların topografik eğim değerleri 27°-30° ler arasındadır.

Araştırmaya konu olan heyelan oluşumları, küçük ölçekli rotasyonal kaymalar niteliğinde olup 2002 yılı kış-bahar döneminde meydana gelmiştir. Bölgedeki heyelanların oluşum nedenlerini belirlemek amacıyla yapılan bu araştırmada, arazide yapılan inceleme ve ölçümlere ek olarak sahanın jeolojik, jeomorfolojik ve yağış özellikleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Heyelan örneklerinin arazi ölçümlerinden elde edilen boyut verileri, Üçgen Prizma Modellemesine uyarlanmış ve heyelan kütlesi ile sahadan uzaklaştırılan kütle miktarları hesaplanmıştır. Bu araştırmanın sonucunda, bölge litolojisinin heyelana elverişli, killi, kumlu formasyonlardan oluşması, topografik eğim değerlerinin bu litoloji açısından kritik değerlerde bulunması, bölgenin 2001-2002 kış ve ilkbahar dönemlerinde 30 yıllık periyodun üzerindeki miktarda yağış alması, doğal orman örtüsünün tahrip edilmiş olması ve son olarak yamaç eteklerinde çeşitli amaçlarla kazılar yapılması, heyelanların oluşumuna etki eden başlıca faktörler olarak belirlenmiştir..

ABSTRACT

The research area is the transitive area from low plateau to the plain base on the north west of Kütahya Plain. On the area, which is drained by Felet Çay and its branches, average height is between 1000-1100 m. and the topographical inclination values of the areas on which landslides take place are between 27°-30°.

These rotational landslides, the subject of this research are small sized type, formed in the winter spring season of 2002. In this research which was performed in order to detect the causes of rotational landslides on the region, additional to the researches and measurements on the area, the geological, geomorphological and rain averages of the area were handled in a detailed way. The dimensional data obtained from the area measurements of landslide samp-

* Dumlupınar Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Kütahya.

les were adopted to the Triangle PrismModelling and the block amounts removed from the area by landsliding were calculated. At the end of this research, it was determined that since the lithology of the area is composed of sand, clay formations suitable for landslides, the topographical inclination factors are on critical values, the rain average that the region has received in 2001-2002 winter and spring term was over the latest 30 years' average, the natural forest cover has been destroyed and furthermore excavations for various purposes that have been performed on the slope feet, landslides have occurred throughout the region.

Giriş

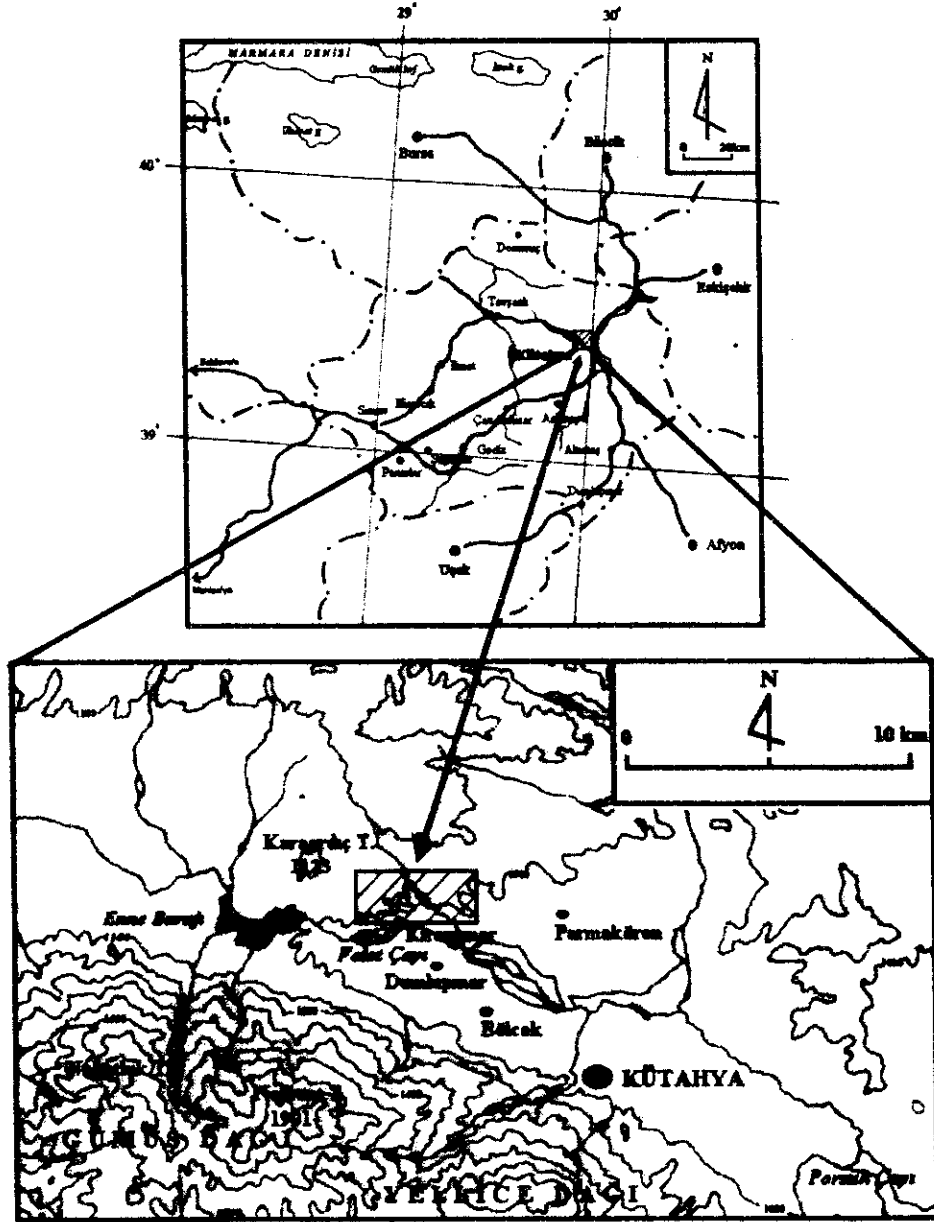
Heyelanlar, yer şekillerinin hızla değişmesi veya yeni şekiller oluşmasına neden olması, yerleşme alanlarını dolayısıyla insan hayatını etkilemesi ve bunlara ilişkin diğer sonuçları bakımından coğrafyanın önemli konularından birini oluşturmaktadır. Bu araştırmaya konu olan heyelanların meydana geldiği saha Kütahya Ovasının kuzeybatısında, şehir merkezine 10 km, en yakın yerleşmeler olan Kirazpınar Köyü ve Dumlupınar Üniversitesi merkez kampüsüne yaklaşık 1 km mesafede yer almaktadır (Şekil 1). Kütahya şehir merkezinden kuzeybatıya doğru uzanan karayolunun çevresi ile buradaki Taşlı Tepe'nin güney ve güneydoğu yamaçları boyunca oluşan bu heyelanlar küçük ölçekli kaymalar niteliğindedir. Kaymaların geliştiği alan dahilinde, karayolu dışında yerleşme ve yapılaşma olmaması nedeniyle ekonomik kayıp meydana gelmemiştir. Heyelan sahasının jeomorfolojik açıdan incelendiği bu araştırmada, kaymalara neden olan etkenlerle oluşum mekanizmalarının açıklanması amaçlanmıştır.

Heyelanların Oluşumuna Etki Eden Faktörler

1- Yapısal Özellikler

Litostratigrafi

İnceleme alanının içerisinde bulunduğu Kütahya ovasının kuzey ve kuzeybatı kesimleri kalker, marn ve killi formasyonların yer aldığı, Neojen yaşlı kayalardan oluşur. (Şekil 2). Sahada yine Neojen esnasında devam eden volkanizmaya bağlı olarak Neojen serileriyle münavebeli tüfler yer alır. Bölgede görülen en genç seriler ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (DSİ, 1981; ÖZCAN, A., GÖNCÜOĞLU, M.C., TURHAN, N., 1989). Marn-tüfit-kireçtaşı ardalanmasından oluşan Neojen serisinin kireçtaşları, tüfit serisinin geliştiği alanlarda çok sert ve silisifiye olmuş durumdadır. Porsuk vadisi boyunca 100-150 m kalınlıklarda gözlenirler. Volkanik kil ve materyalin Neojen gölünde çökmesiyle oluşmuş olan tüfitler ise inceleme alanında marnlarla birlikte en geniş yayılımında yüzeylenen kayadır. Yeşil, eflatun, kırmızımsı, pembemsi ve beyaz renklerde gözlenen tüfitler bölge genelinde 50-150 m kalınlıklarda olup, marn ve kireçtaşlarıyla yan al geçişlidir. Neojen serileri üzerine gelen alüvyonlar ise ova tabanının

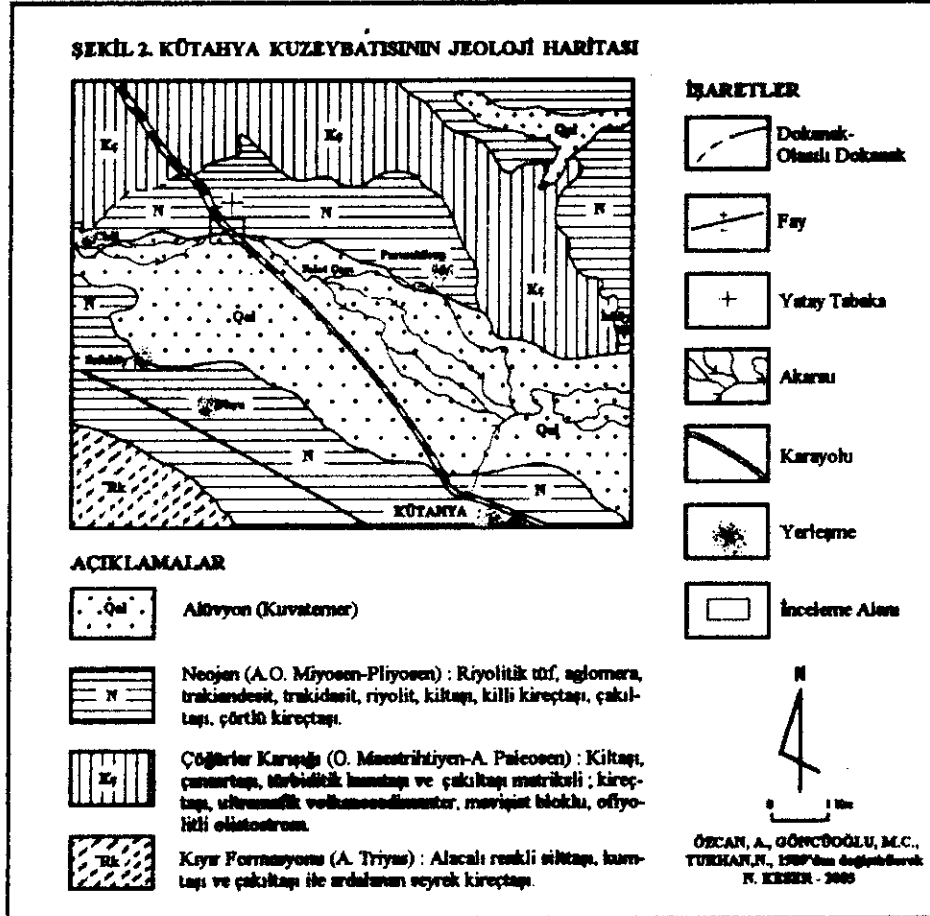


Şekil 1. Lokasyon haritası
Figure 1. Location map

da 200 m kalınlıkta iken, ovanın kuzeybatısında kalan inceleme alanının yakınındaki Bölcek köyünde 40 m, Kirazpınar köyünde ise 10 m'ye düşer.

Hafriyat çalışmaları sonucu profilin yer yer ortaya çıktığı sahada, Neojen serisine ait formasyonların yanal geçişle kısa mesafelerde farklılaştıkları izlenmektedir. Buna bağlı olarak yörede heyelanların geliştiği alanlardan Taşlı Tepe

çevresinde kalınlığı 1-2 m'ler arasında değişen toprak örtüsünün altındaki anakaya kilitaşı-kireçtaşı-çamurtaşı ardalanmasından oluşurken, daha doğudaki şev ve çevre alanlarında nispeten sığ olan toprak örtüsünün altında tüfit anakayası yer almaktadır (Şekil 3). Uygun koşullarda heyelana elverişli zeminleri oluşturan kil, yapısına su alarak plastikleşmeleri ve likidite sınırına erişmeleri nedeniyle özellikle heyelanlar, toprak akmaları ve çamur akıntılarının oluşumunu kolaylaştırırken, killi formasyonlar olan fliş marn tuf gibi depoların yaygın olduğu sahalarda da heyelanlar sık görülür (ERİNÇ, 2000). Sahada gelişen kaymalardaki temel etken de kar erimeleri ve yağışlar sonucu yüzeyden sızan suların, altta geçirimsiz düzeyleri oluşturan killi formasyonlar tarafından tutularak kaygan zemin oluşmasına bağlı olarak meydana gelmiştir. Nitekim Türkiye ge-



Şekil 2. Kütahya kuzeybatısının jeoloji haritası.
Figure 2. Geological map of northwest Kütahya.

nelinde meydana gelen kütle hareketlerine bakıldığında, lito-stratigrafik açıdan en çok heyelan üreten kayalar % 66'lık oranla tortul kayalar veya onlardan ayrılmış malzemedir. Yaş bakımından ise % 34'lük en yüksek oranla Neojen formasyonlarıdır (TAŞDEMİROĞLU,1970 ; SÜR,1972 ; HOŞGÖREN,1977).

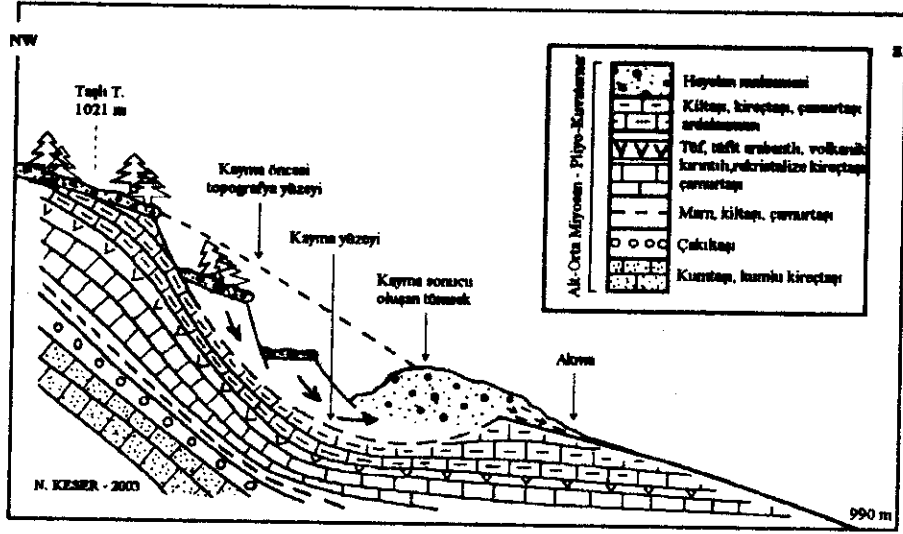
Sonuç olarak, inceleme alanı ve çevresinde zemini oluşturan anakayanın Neojene ait killi formasyonlar olması, yöredeki heyelanların oluşumuna etki eden başlıca litostratigrafik özellik olmuştur. Yöredeki heyelan olayları değişen kalınlıklardaki toprak örtüsünün geçirimsiz düzeyleri oluşturan killi tabaka yüzeyleri boyunca kayması sonucu gelişmiştir.

2- Jeomorfolojik Özellikler

İnceleme alanının bulunduğu NW-SE uzanımlı bir depresyon olan Kütahya Ovası, Ege Bölgesinin İç batı Anadolu Bölümünde yer alır. Güney ve doğusunda yarı kristalize kalker ve metamorfik şistlerden oluşan ve kısa mesafede büyük yükseltilere ulaşan Yellice Dağı (1764m), Gümüş Dağı (1901 m) ve Türkmen Dağı (1826 m) tarafından sınırlanan ovanın kuzey kesimleri ise Yeşildağ (1533 m) ve onun batıya doğru uzantıları olan, az belirgin tepelerden oluşan alçak, dalgalı plato yüzeyleriyle kuşatılmıştır (Şekil 1). Ovanın batı kesiminde ise daha küçük çaplı ancak benzer oluşum ve gelişim özellikleri gösteren Köprüören ve Tavşanlı depresyonları yer alır (ARDEL-KURTER,1958; DÖNMEZ,1972 ; ARDOS,1995). Genişliği 93 km², ortalama yükseltisi ise 930 m olan tektonik kökenli ovanın oluşumuna neden olan çökme hareketleri, Neojen öncesi ve sonrasında olmak üzere en az iki aşamalıdır. Günümüzde ovanın güneyinde belirgin dikliklerle izlenen NW-SE uzanımlı fay (Kütahya Fayı) yörenin bugünkü depremselliğinin yanısıra Neojen öncesinden günümüze kadar olan sürede zaman zaman hareket ederek ovanın oluşum ve gelişimini de kontrol etmiş olmalıdır (ARDOS, 1995).

Heyelanların görüldüğü bölge, yukarıda genel özellikleri açıklanan Kütahya Ovasının NW 'sında, alçak platolardan ova tabanına doğru alçalım alanında yer almaktadır (Şekil 4). 1000-1100 m arasında değişen yükselti değerlerini içeren sahada yapısal hatların uzanımı bölge genelinde olduğu gibi NW-SE dur (Şekil 5). Aynı doğrultuda birbirlerine paralel olarak uzanan Felet Çayı ve kolları tarafından katedilen sahada, Dombeydüz Sırtı üzerinde 997 m yükseltili tepe, Taşlı Tepe (1021 m), 1022 m yükseltili tepe, Günlü Tepe (1079 m), Tarla Tepe (1080 m) ve Bünelek Tepe (1094 m) başlıca yükseltileri oluşturur. Topografik eğim değerlerinin arttığı alanlar, akarsu vadileri ve ovaya dönük olan güney yamaçlarıdır. Sahadaki heyelan oluşumları da bu duruma paralel olarak topografik eğim değerlerinin 27°-30°'ler arasında değiştiği alanlardan Dombeydüz Sırtı-Bünelek Tepe arası ile Taşlı Tepe'nin güney ve güneydoğu yamaçlarında gelişmiştir.

İnceleme alanı, Porsuk Çayının batıdan gelen kolu olan Felet Çayı ve kolları aracılığıyla drene edilir. Porsuk Çayından sonra Kütahya Ovası ve çevresinin en uzun akarsuyu olan Felet Çayının, araştırma bölgesindeki kolları Günlü De-



Şekil 3. Taşlı Tepe güneydoğusundaki heyelanın jeolojik - jeomorfolojik kesidi (ölçeksiz).

Figure 3. Geologic - geomorphologic cross - section of the landslide on the southeast of the Taşlı Tepe (without scale).

re, Tarla Dere, Ecimen Dere ve Taşpınar Deredir. Araştırmaya konu olan heyelan bölgesini kateden Kütahya-Tavşanlı Karayolu, sahada NW-SE yönünde uzanır (Şekil 4). Yol, şevin bulunduğu alanda Taşpınar derenin kolu olan bir akarsu vadisine paralel olarak açılmıştır. Sahanın ovaya doğru bakan güney yamaçlarında yer alan küçük dereler ise doğrudan Felet çayına katılırlar. Özellikle heyelanların geliştiği şev ve çevresindeki alanların yağışlı dönemlerde oluşan seyelan suları bütün yamaçlar ve şev yüzeyi boyunca akışa geçmektedir. Bölgenin bu kesimindeki heyelanların ana kaynağı da, yapılan kazılarla, yamaçların doğal eğimlerinin çok üzerinde dik şevler halinde bırakılması ve bu yeni eğime uygun ve yeterli drenaj çalışması yapılmamış olmasıdır. 1000 m yükseltisinde olan şev üzerindeki alanların yağış sularını toplamak üzere yapılmış beton drenaj kemerinin şevin güneydoğusundaki yamaçta sonlandırılması ise bu alanlarda da heyelanlara neden olmuştur. Drenaj kemerinin 10 m kadar yüksekte, askıda bırakıldığı yamaçlarda, haziran ve temmuz (2002) aylarındaki sağanak yağışlarla inen sular gevşek toprak tabakası içinde derinliği 1.20 m'yi aşan yamaç oyuntuları oluşturarak şev eteğine kadar inmişlerdir (Foto 6). Bu alanlardaki küçük dereler de aynı dönemdeki yağışların etkisiyle şevin açıldığı aşağı kesimlerde yeni topografik eğim değerlerine uyum sağlayarak yataklarını derinleştirmişlerdir. Şevin güney kesimleri boyunca volkanik elemanlardan oluşan

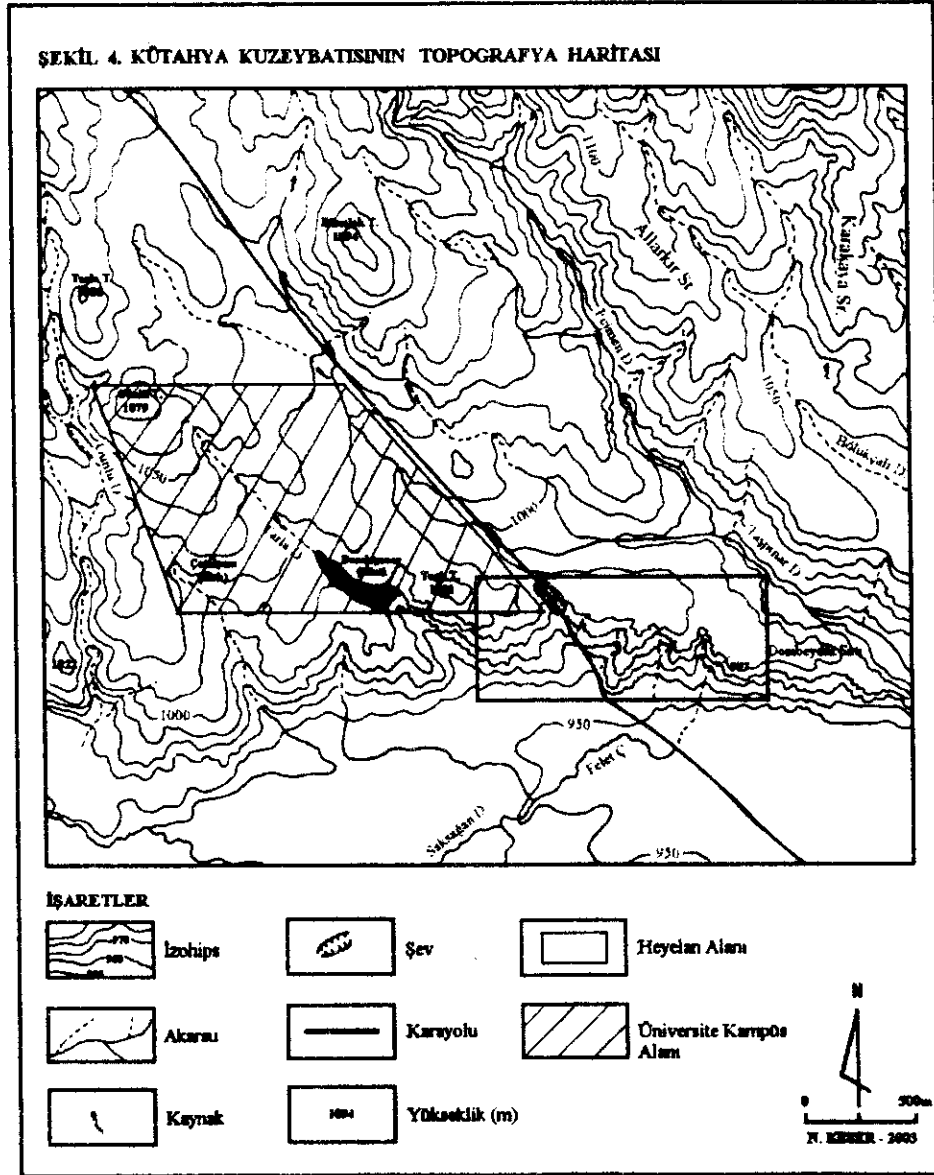
anakayanın ortaya çıkması da bu döneme rastlar. Zira bu alanlardan süpürülen büyük miktarda toprak, şev eteğince akışa geçen sularla sahadan uzaklaştırılmıştır. Burada mevcutlarının yanında, yeni kaymaların da oluşumuna zemin hazırlayan önemli bir eksiklikte, şev eteği boyunca drene edilen yüzeysel suların bir ark içine alınmamış olmasıdır. Nitekim son yağışlarla şev eteğinin oyulmaya başlamış olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda açıklanan mekanizmayla olagelen kaymaların şev eteğinin daha fazla oyulması sonucu meydana gelecek yanıl destek kaybıyla artarak devam edeceği açıktır.

Bölge, üstte kaba tekstürlü, geçirimli toprak, altta kil, marn gibi geçirimsiz anakayadan oluşan litolojik yapısıyla yeraltı suları bakımından zengindir. Nitekim hemen her akarsu Alkapı pınarı, Çolağın çeşmesi, Göynük pınarı ve Penek pınarı gibi daha çok sayıda, isimlendirilmemiş kaynaklar tarafından beslenirler. Sahadaki yeraltı sularının akım yönü, güneyde yaklaşık E-W yönünde uzanan Felet çayına paraleldir (DSİ,1981). Heyelanların oluştuğu alanlardaki incelemelerimizde, yol boyunca veya hafriyatla açılmış profillerde yağışlı dönemleri takiben beliren zayıf su sızıntıları gözlenmiştir. Ancak bunlar akifer tabakayla ilgili olmayıp, çeşitli seviyelerdeki geçirimsiz düzeyler üzerinde birikmiş sızıntı sularından ibarettir. Yüzeiden sızmalarla oluşan bu tür suların, bölgede meydana gelmiş olan kaymalardaki etkisi ve yağışlı dönemlerde mevcut olan heyelan riskini daha da artıracağı malumdur.

Sonuç olarak, az belirgin tepelerden oluşan dalgalı plato yüzeyleri morfolojisindeki inceleme alanı ve çevresinde heyelanların oluşumuna etki eden en önemli jeomorfolojik faktör topografik eğimdir. Yöredeki heyelanlar eğimin bölge litolojisi açısından kritik değerlerde bulunduğu, ovaya bakan yamaçlarda gelişmiştir. Ayrıca bölgenin akarsu ve yeraltı suları bakımından zengin olması, kaymaların oluşumunu destekleyen diğer etmenlerdir.

3- Toprak ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı ve çevresinde görülen toprak türü zonal topraklardan kahverengi topraklardır. Neojen anakayasının çözünmesiyle oluşmuş olan bu topraklar, killi yapıda olup CaCO₃ bakımından da zengindir (DÖNMEZ,1972 ; MATER, 1998). Arazi gözlemlerinde üst toprağın yüzeyden 60-70 cm kadar altında 7-8 cm kalınlığında bir kireç birikim zonu tespit edilmiştir. Genellikle volkanik elemanlar ve kireçtaşından türemiş, iri çakıl ve kum gibi elemanlardan oluşan kaba tekstürlü topraklardır. Heyelan sahası çevresinde yer yer 2 m'yi aşan kalınlıklarda gözlenirler. Tüfit, marn, kil ve kireçtaşı anakayasından oluşan Neojen serisi üzerinde yer alan geçirgenliği yüksek ve killi yapıdaki bu topraklar, bölgenin en yağışlı dönemleri olan kış ve ilkbahar mevsimlerindeki yağışlar ve kar erimeleri sonucu suyla doygunluk sınırına ulaşmıştır. Böylece bünyesine çok miktarda su alarak ağırlaşmış ve boşluk suyu basıncı artmış olan toprak örtüsü, iç sürtünme açısı da azaldığından stabilitesini kaybederek alttaki killi, geçirimsiz ve kaygan zemin üzerinde hareket etmiştir (Şekil 3).



Şekil 4. Kütahya kuzeybatısının topografya haritası
Figure 4. Topographical map of northwest Kütahya.

Kütahya ve çevresindeki alçak plato alanlarının doğal bitki örtüsü, başlıca hakim ağaç türlerini karaçam, meşe ve ardıç türlerinin oluşturduğu kuru ormanlardır. Ancak ovanın kuzeybatısında kalan inceleme alanı ve çevresi genel olarak bu orman örtüsünden yoksun olup çoğu kez çıplak görünümde yada tarımsal alan niteliğindedir. Sahanın Üniversite kampüs alanında kalan kesimleri ta-

ağaçlandırılmış fakat bunların büyük bir kısmı tutmamıştır. Kaymaların, devam eden yağışlarla toprak akmasına dönüştüğü şev yüzeyinde, fidanlar hareketin belirtisi olarak eğik durum almışlardır. Taşlı Tepe güneyindeki alanlar ise geçmiş yıllarda çam fidanlarıyla ağaçlandırılmış ve bunlar toprağa uyum sağlayarak 1,5 m'nin üzerinde boylanmıştır. Ancak bunlar da kökleri yeterince derine inmemiş çok genç fidanlar olduğundan, heyelanın yüzeysel nitelikte olmasına rağmen kayan kütleyle birlikte hareket ederek, devrilmiş veya yer değiştirmişlerdir (Foto 7).

Sonuç olarak, yöredeki toprak türünün killi ve geçirgenliği yüksek iri çakıl ve kumlardan oluşan kaba tekstürlü yapıda olması heyelanların oluşumunu ve derinliğini etkileyen başlıca faktör olmuştur. Killi yapıdaki topraklar neme doymuş hale geldikten sonra hidrostatik basıncın etkisiyle duraylılığını kaybederek ya kısmen yada alttaki geçirimsiz düzeyleri oluşturan killi tabaka yüzeyleri boyunca bütünüyle hareket etmiştir. Bölgenin doğal bitki örtüsü olan kuru ormanların tamamen yok edilmiş olması da sahayı erozyon ve heyelanlara açık hale getirerek yöredeki kaymaları destekleyen olumsuz bir faktör olmuştur.

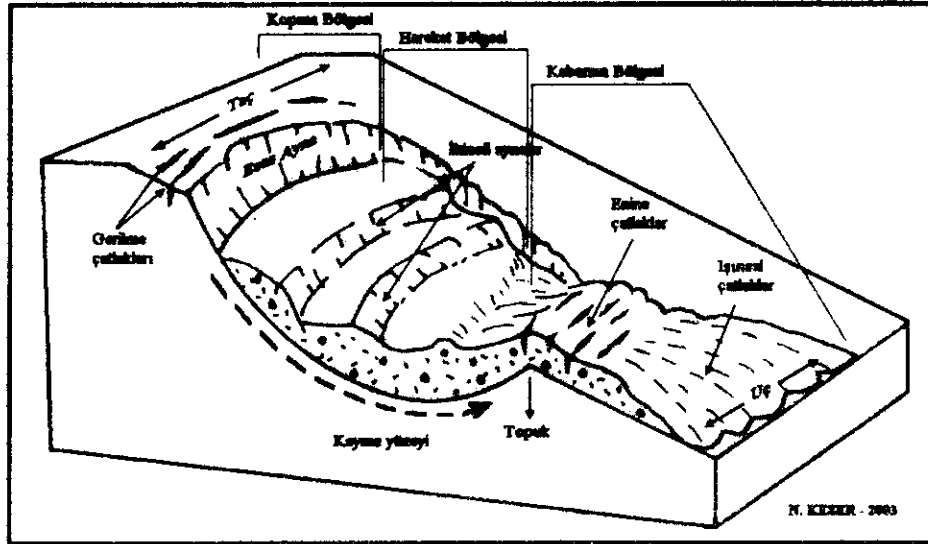
4- Antropojenik Etkiler

Hafriyat Çalışmaları ve Heyelanların Oluşum Mekanizması

İnceleme alanında heyelanların görüldüğü bölge Kütahya ovasının kuzeybatısında yer alan Taşlı Tepe ve Dombeydüz sırtının güney yamaçlarıdır. Buradaki karayolunun genişletilmesi amacıyla açılmış olan şevin hafriyat çalışmaları 2001 yazında tamamlanmıştır. Hafriyat sonucu doğal topografik eğim değerleri 27°-30° arasında olan yamaç, yaklaşık 60°'ye getirilmiştir (Foto 1). Heyelanlar bu çalışmaları takip eden sonbahar-kış dönemindeki yoğun yağışlar sonrasında, şevi oluşturan malzemenin doymuş hale gelmesiyle başlamıştır. Şev boyunca, önceleri rotasyonel tipte kaymalar şeklinde başlayan heyelanlar daha sonra 2002 bahar dönemindeki sağanakların etkisiyle yanal yönde alanları da genişleterek toprak akmasına dönüşmüştür. Genel olarak kaya veya toprak kütlelerinin esas etken olan yerçekiminin etkisiyle belirli bir kopma yüzeyinden itibaren buldukları yerden eğim aşağı hareket etmesi veya yer değiştirmesi olarak tanımlanan heyelanlar, kopma, hareket ve toplanma (kabarma) bölgesi olmak üzere üç kısma ayrılırlar. Bunlardan kopma bölgesi, hareket eden toprak kütlelerinin ayrıldığı ana kütlede yer alan taş kısmı, gerilme çatlakları, esas ayna ve tepe unsurlarından oluşur (Şekil 6). 2002 Mayıs ayında şev üzerindeki 3 kayma noktasında yaptığımız incelemelerde heyelanların bu kısımlarına ait ölçüm değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu değerlerin, üçgen prizma örneğinden yararlanarak yaptığımız hesaplamalarından heyelana katılan kütle miktarları ($V = \text{heyelanın toplam kütlesi}$), 1.örnekte : 1421 m³, 2.örnekte : 819 m³, 3.örnekte : 10.26 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu 3 heyelan noktasından Felet Çayı'nın kolu aracılığıyla sahadan uzaklaştırılan kütle miktarı (V_1) ise toplam 75.8 m³ (50.4 m³ + 19.5 m³ + 5.9 m³) tür.

Tablo 1. İncelenen heyelan örneklerinin boyutlarına ilişkin ölçümler.**Table 1.** Measurements belonging to the dimensions of landsliding samples that were researched.

Heyelan Kütlelerinin Boyutları	Şev ve Çevresi			Taşlı Tepe Güneyi			Taş Ocağı Çevresi
	1	2	3	1	2	3	
Heyelan Örnek No :	1	2	3	1	2	3	1
Kopma Yeri Genişliği (a)	12 m	6 m	3 m	15 m	16 m	8.20 m	15 m
Esas Ayna Yüksekliği (b1)	2.80 m	2.60 m	1.90 m	1.60m	1.50 m	1.50 m	4 m
İkincil Ayna Sayısı	-	-	1	3	3	2	-
Topuk-Taç Arası Seviye Farkı (b)	13.53 m	15.6 m	1.71 m	4.17 m	6.80 m	14.74 m	12.11 m
Topuk-Tepe Arası Mesafe (c)	17.5 m	17.5 m	4 m	25.98m	26.01 m	21.65 m	36.25 m
Uç-Taç Arası Mesafe	35 m	35 m	8 m	30 m	30 m	25 m	40 m
Gerilme Çatlağı Sayısı	2	1	1	2	2	1	-
Çatlak Uzunluğu	25 m	12 m	5 m	2 m	4.5 m	3 m	-
Çatlakların Kapladığı Alan	4.50 m	2.60 m	80 cm	2 m	3 m	1 m	-

**Şekil 6.** Heyelanın kısımlarını gösterir blokdiyagram.**Figure 6.** Blockdiagram showing parts of the landslide.

Karayolunun 9-10 km'lerinde oluşan heyelanlar ise şev açılmasıyla ilgili olmayıp yoldan 150-250 m içeride yer almaktadır. Ovanın kuzeybatısında yer alan Dombeydüz sırtının karayoluna bakan batı yamaçlarında oluşan bu kaymalar, Karayolları Müdürlüğüne taşocağı olarak işletilen alanda meydana gelmiştir. 950-995 m yükseltileri arasında gelişen bu rotasyonal tipteki kaymaların oluşumu da şevdekilerle aynı döneme rastlamakta olup büyük bir kısmı gelişimlerini toprak akması şeklinde sürdürmektedir. Yamaç eteğinin malzeme almak üzere oyulması sonucu oluşan en geniş çaplı kaymada, hilal şeklindeki taç bölgesinin uzunluğu 15 m'dir (Tablo 1). Kayma sonucu oluşan tümsek önünde, yağış sularının birikmesiyle 15 m uzunluk, 9 m genişliğinde, yaklaşık dikdörtgen şekilli bir gölcük meydana gelmiştir (Foto 2-3). Üçgen prizma modellemesiyle yapılan hesaplamalara göre heyelan kütesinin 270 m³ lük kısmı, sahanın hemen güneyinde uzanan Felet çayının kolu aracılığıyla sahadan uzaklaştırılmıştır (Şekil 7).

$$v = \frac{a \times b \times c}{2}$$

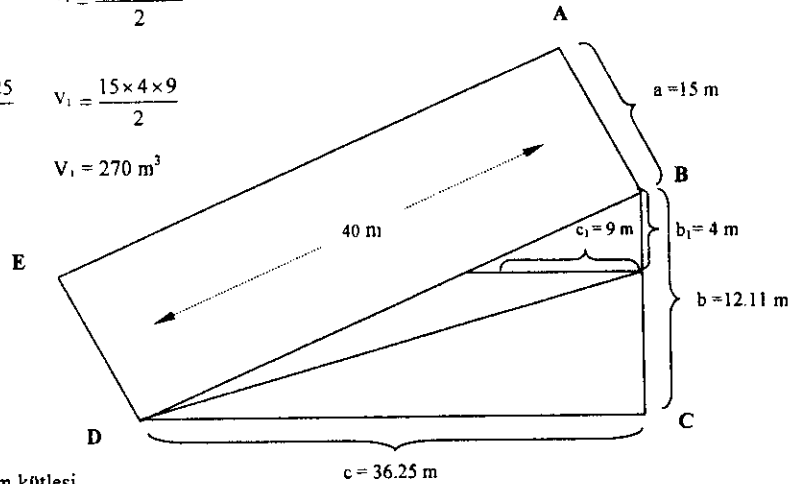
$$v_1 = \frac{a \times b_1 \times c_1}{2}$$

$$v = \frac{15 \times 12.11 \times 36.25}{2}$$

$$v_1 = \frac{15 \times 4 \times 9}{2}$$

$$V = 3292.40 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 270 \text{ m}^3$$



V= Heyelanın toplam kütesi

V₁= Sahadan uzaklaştırılan kütle miktarı

Şekil 7. Üçgen Prizma Modellemesiyle heyelan kütesinin hesaplanması.
Figure 7. Calculation of landsliding blocks by Triangle Prism Modeling.

Heyelanın görüldüğü ikinci bölge, Taşlı Tepe'nin (1021 m) güney ve güneydoğu yamaçlarıdır. Dumlupınar Üniversitesi Merkez Kampüs alanı içinde kalan bu bölgede, yağışlı dönemlerde oluşan su baskınlarını önleme amacıyla Üniversite tarafından Ocak-Nisan 2002 tarihleri arasında drenaj kanalı çalışmaları yapılmıştır (Şekil 4). Bu çalışmayla Kampüs alanı ve çevresindeki yüzey suları büyük ölçüde toprak altına döşenen borular aracılığıyla Dumlupınar Göletine

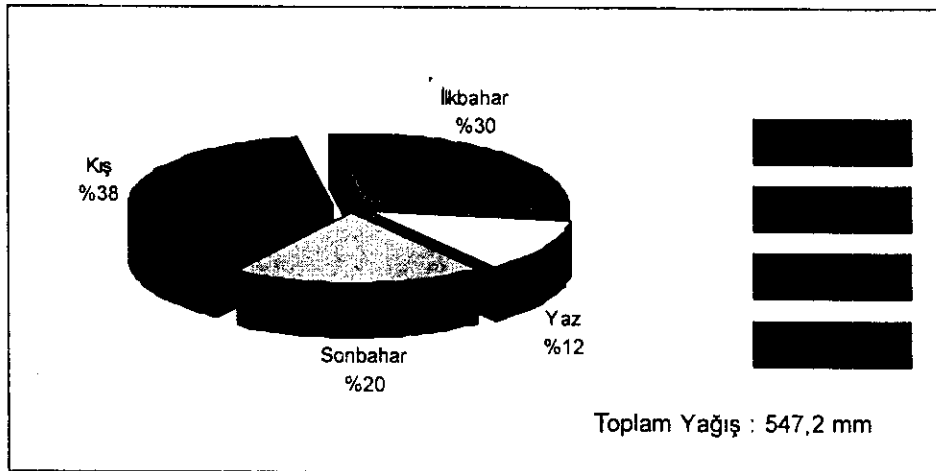
(Tarla Dere'nin vadisi önüne set çekilmesiyle oluşturulmuş yapay gölcük), kısmen de karayolu aracılığıyla güney ve güneydoğuya doğru sahadan uzaklaştırılmıştır. Bölgenin bu kesimindeki heyelanlar da Taşlı Tepe'nin S-SE yamaçlarında drenaj borusu döşenmek üzere yapılan hafriyat sonucu meydana gelmiştir. Yamaç stabilitesini bozan kazı çalışmaları 999 m yükseltisinden başlayıp NE-SW yönünde 991 m de son bulmaktadır. 800 m'lik bu hat boyunca kısa aralıklarla, farklı boyutlarda rotasyonel kayma tipi heyelanlar meydana gelmiştir (Foto 4-5). Buradaki iki heyelan örneğinde Haziran ve Temmuz aylarında da devam eden sağanak yağışların etkisiyle yarıllara doğru büyüme ve ikincil kopma yerleri (taç) oluşmuştur (Tablo 1).

Sonuç olarak, sahadaki kaymaların her biri yamaçlarda değişik amaçlarla yapılan kazılara bağlı olarak gelişmiştir. Kazılar sonucu yamaç dengesinin bozulduğu sahalarda meydana gelen kaymalar 1-4 m arasında değişen derinliklerdeki toprak örtüsünü etkileyen, yüzeysel nitelikli ve rotasyonel tipteki kaymalardır.

5- Yağış Özellikleri

Kütahya Ovası ve çevresi genel olarak Ege, Marmara ve İç Anadolu bölgeleri arasında geçiş tipi bir iklime sahiptir. Heyelan oluşumlarında yağışın diğer iklim elemanlarına göre daha çok önem taşıması nedeniyle bu bölümde özellikle bölgenin yağış durumu üzerinde durulacaktır.

Kütahya'da yıllık yağış ortalaması (35 yıllık rasatlara göre) 547.2 mm'dir. Bu miktarın mevsimlere göre dağılımına bakıldığında, % 37.77 lik kısmının kış mevsiminde, % 29.97 sinin ise ilkbahar mevsiminde düştüğü görülmektedir (Se-



Şekil 8. Kütahya'nın mevsimlik yağış diyagramı.

Figure 8. Seasonly average rain diagram of Kütahya.

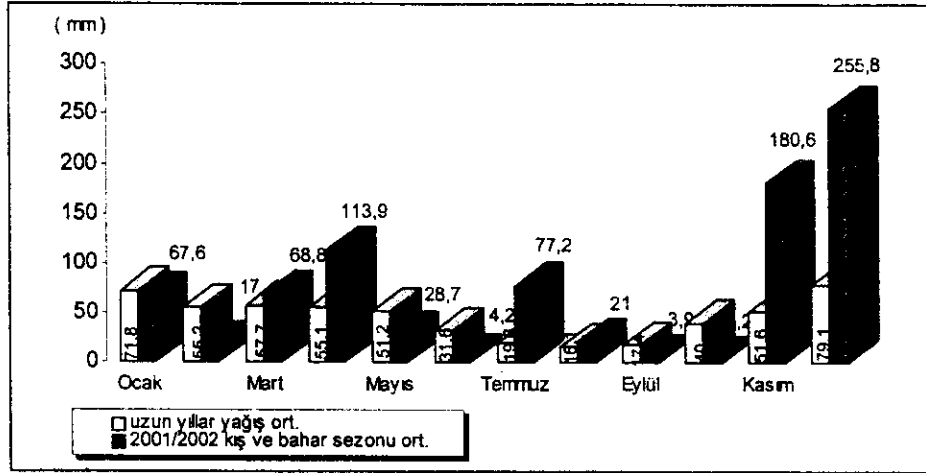
kil 8). Genel olarak her mevsim yağışın düştüğü yörede en çok yağış aralık ayında (79.7 mm) gerçekleşirken, en az yağışın kaydedildiği ay ağustos (16.1 mm) tur. Yağışların niteliği ise aralık, ocak, şubat, kısmen de mart ayında kar, diğer aylar yağmur şeklindedir. Kış mevsiminde bölgenin kontinental şartların etkisine girmesi nedeniyle, yılın ortalama 79.7 günü kar yağışlı olup, ortalama 40.7 günü de karla örtülüdür (DMİ,2002).

Kütahya'da yıllık ortalama yağış miktarı istikrarlı olmayıp yıldan yıla büyük değişiklikler gösterir. 1932-1968 yılları arasını kapsayan 36 yıllık devrede ölçülen en düşük yıllık ortalama yağış miktarı 324 mm iken, en yüksek miktar 970 mm'dir (DÖNMEZ,1972). 1965-2001 yılları arasını kapsayan 36 yıllık devreye ait istatistiklerde yaptığımız incelemelere göre ise, yıllık ortalama en düşük yağış miktarı 361 mm (1982 yılı) iken, en yüksek miktar ise 733.2 mm (1980 yılı) olarak kaydedilmiştir. Bu son 35 yıllık devreye ait ortalama değer ise yukarıda da belirtildiği gibi 547.2 mm'dir. Bölgede heyelanların ilk meydana geldiği 2001 yılının toplam yağış miktarı ise 683.5 mm'dir. 35 yıllık ortalamaların üzerindeki bu toplam yağış değerinin aylara göre dağılım miktarı da bölgedeki heyelan-yağış ilişkisini vurgular niteliktedir (Şekil 9).

Heyelan oluşumlarını doğrudan etkileyen bir meteorolojik parametre olan yağış karakterine baktığımızda ise, Kütahya da son 65 yıllık devrede, günlük 100 mm'nin üzerinde yağış kaydedilmemiştir. Yörede en fazla günlük yağışların gerçekleştiği kış ayları aralık (73.9 mm), ocak (51.0 mm) ve martta (52.5 mm) olurken, bahar ve yaz aylarından nisanda 36.5 mm, mayısta 33.3 mm, haziranda 53.6 mm, temmuzda ise 39.0 mm olarak kaydedilmiştir (DMİ,2002). Yörede kış aylarındaki yağışların kar şeklinde olduğu göz önüne alındığında, sağanak olarak nitelenen günlük 25 mm'nin üzerindeki yağışlar aylara göre oransal olarak, en çok temmuz ve haziran aylarında gerçekleşmektedir.

Bölgedeki yol yapım çalışmaları Eylül 2001'de tamamlanmıştır. Takip eden ekim ayı çok az yağış düşerken (3.2 mm), kasım ayında 180.6 mm, aralık ayında ise 255.8 mm yağış olmuştur ki, bu miktarlar 36 yıllık periyodun bu aylar için kaydedilen en yüksek değerleridir (Şekil 9). Zira kasım ayı ortalaması 51.6 mm, aralık ayı ortalaması 79.7 mm olup, heyelanların meydana geldiği kasım ve aralık (2001) aylarının yağış miktarları bu değerlerin 3 katından fazladır. Sahada şev açılmasını takiben düşen, yağmur ve kar şeklindeki bu yüksek miktarda yağış, 60°'lik eğim değerlerine getirilmiş olan yamaçta, zeminin nemle doygun hale gelerek, bağ direncinin zayıflamasına ve yamaç ağırlığının artmasıyla da rotasyonel kaymalara neden olmuştur.

2002 yılının ocak, şubat ayları ise 67.6 mm ve 17.0 mm olan yağış miktarları ile periyodun alçalım dönemini oluşturmaktadır. Yağışın düşük olduğu bu aylarda zemin kar örtüsüyle kaplıdır. Bölgede yağışın yeniden arttığı dönem olan ilkbahar aylarına gelindiğinde ise yine yıllık ortalamaların üzerinde, martta 68.8 mm, nisanda 113.9 mm yağış düşmüştür. Taşlı Tepe güneyindeki hafriyatın da tamamlandığı bu tarihlerde, önceki aylar karla örtülü olması nedeniyle yüksek



Şekil 9. Kütahya'nın aylık ve 2001/2002 kış-bahar dönemi ortalama yağış diyagramı.
Figure 9. Monthly and 2001/2002 winter-spring term rain diagram of Kütahya.

oranda sızmanın gerçekleştiği zemin, 36 yıllık periyodun 2 katından fazla olan nisan yağışlarıyla suya doymun hale gelmiştir.

Sonuç olarak, yıllık yağış miktarının yıldan yıla farklılık gösterdiği Kütahya'nın ilgili dönemde yüksek miktarda yağış alması ve az sıklıkta gerçekleşen sağanak türü yağışların temmuz ayında yoğunluk kazanması, yöredeki heyelanların oluşumuna etki eden yağış özellikleri olmuştur. Özellikle son 36 yılda kaydedilen en yüksek miktardaki kasım, aralık yağışları ve bunların kar şeklinde olması, uzun süre toprak üstünde kalarak zeminin neme doymasına neden olmuştur. Takibeden bahar ve yaz aylarında yine ortalamaların üzerindeki miktarda ve sağanak karakterli yağışlar, öncesinde hafriyatla dengesi bozulmuş olan yamaçların kayma direncini ortadan kaldırmıştır.

Sonuçlar

Bu araştırmada, bölgenin çeşitli özelliklerinin ayrıntılı olarak ele alınması ve heyelan örneklerinin incelenmesiyle aşağıdaki sonuçlara varılmıştır ;

1. Bölge, Neojene ait killi formasyonlardan oluşması nedeniyle litostratigrafik açıdan kütle hareketlerine elverişli yapıdadır. Sahada geçirimsiz düzeyler olarak uzanan killi tabakalar, üzerlerindeki toprak örtüsünün hareket ettiği kayma yüzeylerini oluşturmuşlardır.

2. Topografik eğimin bölge litolojisi açısından yer yer kritik değerlerde bulunması (27°-30°) kaymaların oluşumuna etki eden başlıca jeomorfolojik faktördür. Ayrıca yörenin akarsular ve yeraltı sularınca zengin olması kaymaların oluşumunu destekleyen diğer etmenlerdir.

3. Yöredeki toprak türünün killi ve geçirgenliği yüksek iri çakıl ve kumlardan oluşan kaba tekstürlü yapıda olması heyelanların oluşumunu ve derinliğini etkileyen başlıca faktör olmuştur. Killi yapıdaki topraklar neme doymun hale geldikten sonra hidrostatik basıncın etkisiyle duraylılığını kaybederek ya kısmen yada alttaki geçirimsiz düzeyleri oluşturan killi tabaka yüzeyleri boyunca bütünüyle hareket etmiştir. Bölgenin doğal bitki örtüsü olan kuru ormanların tamamen yok edilmiş olması da sahayı erozyon ve heyelanlara açık hale getirerek yöredeki kaymaları destekleyen olumsuz bir faktör olmuştur.

4. Bölgedeki kaymaların lokasyonunu belirleyen faktör, çeşitli amaçlarla yapılan yamaç kazıları olmuştur. Kazılar sonucu yamaç dengesinin bozulduğu sahalarda meydana gelen heyelan olayları, 1-4 m arasında değişen derinliklerdeki toprak örtüsünü etkileyen yüzeysel heyelanlar niteliğinde olup, toprak örtüsünün dairesel kayma yüzeyince hareket etmesiyle oluşmuş rotasyonel tipteki kaymalardır.

5. Heyelanların geliştiği alanlarda zemininin kayma direncini ortadan kaldıran en önemli faktör, bölgenin ilgili aylarda uzun yıllar ortalamalarının üzerinde yağış almış olmasıdır. Uzun süre toprak üzerinde kalan kar örtüsü ile bahar ve yaz aylarındaki sağanak karakterli yağışlar, zemini aşırı doymun hale getirerek hidrostatik basıncın (boşluk suyu basıncı) artmasına bağlı stabilite kaybına neden olmuştur.

6. İncelenen alandaki heyelanlar, 10 m'lerle ifade edilen küçük boyutlu kaymalar olup civarda yapılaşma olmaması nedeniyle can güvenliği açısından risk oluşturmamaktadır. Ancak, antropojen etkilerle oluşan bu kaymalar, bölgenin heyelan riski potansiyelinin ortaya çıkması açısından dikkate değerdir. Zira Kültahya Ovası ve çevresinde aynı lito-stratigrafik ve jeomorfolojik özellikteki sahalarda geniş yer tutmakta olup, diğer etkenlerin de desteklemesiyle benzer mekanizmadaki heyelanların gelişmesi olasıdır. Aynı şekilde bu Neojen formasyonlarının heyelanları tetikleyen önemli bir faktör olan deprem zararları açısından da riskli alanlar olduğunu unutmamak gerekir. Bölgedeki kaymaların incelenmesiyle elde edilen diğer önemli bir sonuç da, bu alanların yapısal olarak kütle hareketlerinin yanında erozyon açısından da aktif bölge oluşudur. Nitekim yalnızca bu alanda incelediğimiz küçük ölçekli kaymalardan kaynaklanan 500 m³ ün üzerinde toprak kaybı söz konusudur. Drenaj probleminden kaynaklanan toprak kaybının ise önemli miktarda olduğu tahmin edilmektedir.

Öneriler

İncelemelerimizden edindiğimiz sonuçlara göre bölgedeki kayma olaylarına karşı alınabilecek önlemler iki başlık altında toplanabilir.

1. Yüzeysel sular ve yeraltı sularının şev ve yamaçlardan uzaklaştırılması: Genel olarak bütün kaymaların nedenini oluşturan suyun sahadan uzaklaştırılması, alınması gereken ilk önlem olup bu yolla boşluk suyu basıncının azaltılması ve taneler arası bağın kuvvetlendirilmesi sağlanmış olacaktır.

Taşlı Tepe güneyinde bu amaçla döşenmiş olan drenaj boruları, sahanın kuzey kesimlerindeki düzlüğün sularını toplamakta olup kaymaların meydana geldiği alanı kapsamamaktadır. Yamaç boyunca çeşitli aralıklarla oluşmuş olan sevelan sularının yolları izlenerek kemer şeklinde beton dreneler döşenmesi ve bunların güneyde Felet çayına katılan derelere kanalize edilmesi bu saha için yeterli görülmektedir. Bu alanlardaki arazi çalışmamızda, kaymanın yanı sıra önemli ölçüde erozyon geliştiği gözlenmiştir. Bu nedenle hem kayma riski taşıyan hem de erozyona maruz olan bu alanlarda öncelikle yağışlı dönemlerde tüm yamaçlar boyunca akışa geçen suyun yukarıda önerildiği şekilde kontrol altına alınması gerekmektedir. Bu bakımdan topografya haritasında batıda Çatalçam mevki, doğuda 997 m yükseltili tepe arası, 960-1000 m izohipslerini kapsayan yamaçlar, bütünüyle bir çevre drenaj projesi kapsamına alınması önerilen, problemli alanlar olarak belirlenmiştir.

Önceki drenaj çalışmaları kapsamında, yağış sularını uzaklaştırmak amacıyla şev üzerine döşenen beton kemer, yamaçta askıda bırakılmıştır. Jeomorfolojik özellikler bahsinde de açıklandığı gibi bu yanlış uygulama yarar yerine zarar getirmiştir. Öncelikle bu drenaj kemeri, şimdiki yerinin daha doğusundaki (eğimin arttığı izohipslerden de belli olduğu) alanlara veya buradaki küçük derelerden birine kadar uzatılmalı, oradan da şev eteğine kadar indirilmelidir. Şev eteği boyuca drene edilen sular, güneyde ark yapılmamış olduğundan karayolunun altındaki kanala kadar serbest akmaktadır. Bu alanda yamaçlardan inen küçük derelerinde katılmasıyla yağışlı dönemleri takiben göllenme ve bataklık oluşmaktadır. Zira karayolunun buraya paralel uzanması nedeniyle zaman içerisinde veya çok yağışlı dönemlerde, aşırı nem ve alt kısımlarının oyulması sonucu zarar görmesi muhtemeldir. Bu bakımdan arkın kanala kadar uzatılması ve şev civarı dahil, bu alanda söz edilen dereleri de içine alan iyi etüt edilmiş, kapsamlı bir çevre drenajı yapılmalıdır.

2. Şev ve yamaç yüzeylerinin yeniden düzenlenmesi: Şev yüzeylerindeki toprak kaymalarının asıl nedeni, zeminin doğal yapısına uygun olmayan yüksek eğim değeridir. Öncelikle şevin 60° yi bulan eğim açısı mutlaka küçültülmelidir. Bu amaçla yamaç tıraşlanarak yatıklaştırılmalı, yüzey beton veya taşla kaplanmalıdır.

Yamaçlarda kaymalar sonucu yer değiştiren toprak kütesinin, hem yüzeyin eğiminin azaltılarak yükten kurtarılması hem de görünümün iyileştirilmesi için başka bir yere taşınması gereklidir. Böylece yer değiştirerek serbest kalan toprak kütesinin erozyonla kayıda engellenmiş olacaktır. Kayma oluşan yamaçların yüzeyi bu şekilde düzeltildikten sonra toprağın kısa sürede tutturulmasını sağlayacak, bodur ağaçlar, uzun köklü ve nemcil karakterli çalı ve çim türü bitkilerle ağaçlandırılmalıdır. Son olarak bu bölgelerde yapılacak kazılarda yamaç dengesi mutlaka göz önünde bulundurulmalı ve bölgenin doğal topografik eğim değerlerinin aşılması gereklidir.



Foto 1. Kütahya –Tavşanlı Karayolunun (10-12 km) doğu kesimindeki şev. Fotorafta, şev yüzeyi ve doğusundaki alanlarda kaymalar ile toprak akmasına dönüşmüş bir rotasyonel kayma örneği görülmektedir.

Photo 1. Slope on the east of Kütahya-Tavşanlı Highway (10-12 km) On this photo, a rotational landslide sample that was turned into soilflow by the landslides on the surface of the slope and its east areas.

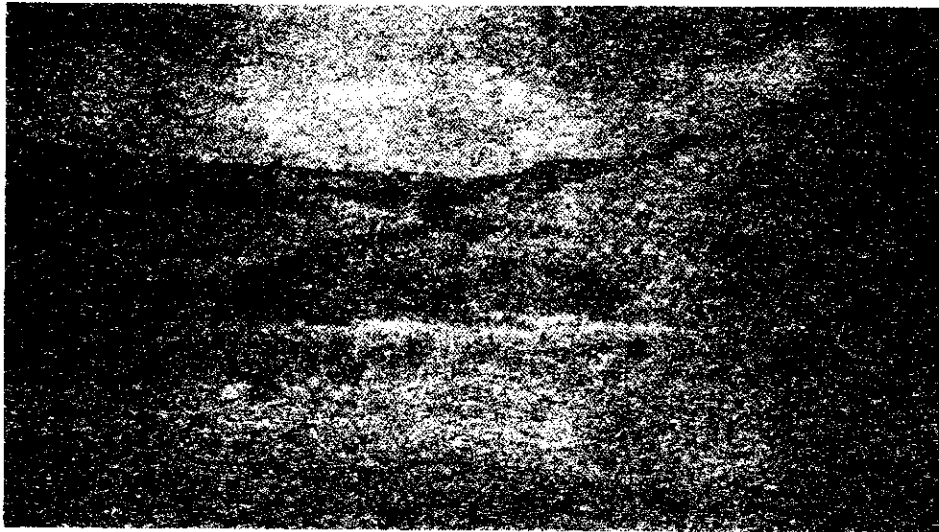


Foto 2. Taşocağı'nın batı kesimindeki alanda oluşmuş bir rotasyonel kayma. Hilal şeklindeki taş bölgesinin uzunluğu 15 m'dir.

Photo 2. A rotational landslide that was formed on the west of the stone mill. The height of the crescent like crown part is 15 m's.



Foto 3. Kayan kütleinin önünde yağış sularının birikmesiyle oluşmuş 15 m uzunluk, 9 m genişliğinde gölcük (yer taşocağı batısı).

Photo 3. In front of the landsliding block, a small lake with 15 m's length and 9 m's width, formed by the cumulation of rain water. (located on the west of the stone mill).

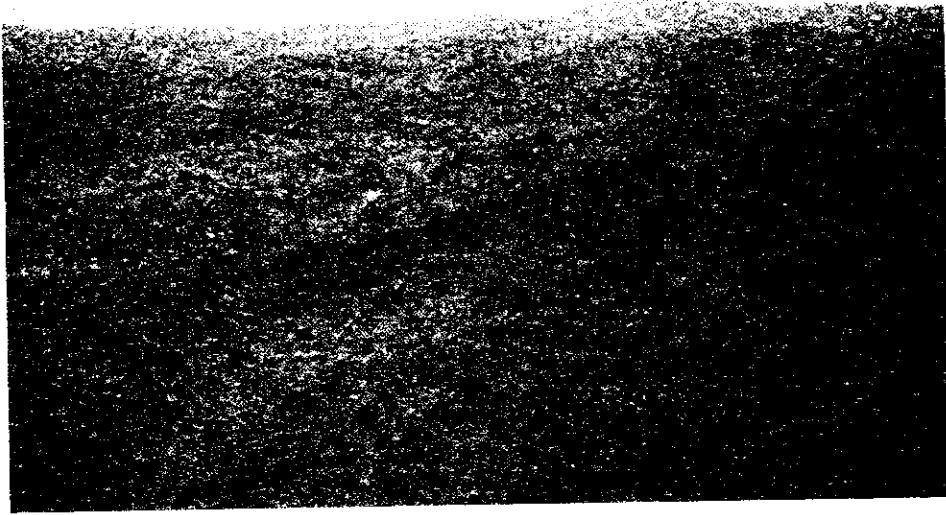


Foto 4. Taşlı Tepe'nin (1021 m) güneyinde, yamaç eteğinin kazılması sonucu oluşmuş rotasyonal kayırna. Taç bölgesinin uzunluğu 16 m, esas ayna yüksekliği 1.50 m.

Photo 4. On the south of Taşlı Tepe (1021 m's), a rotational landslide formed by the excavations on the slope feet. The length of the crown region is 16 m's and the height of the main scar is 1.50 m..



Foto 5. Taşlı Tepe'nin güney yamaçlarında ardarda gelişmiş kaymalar ve toprak akması.

Photo 5. Successively developed landslides and soilflow on the south slopes of Taşlı Tepe.

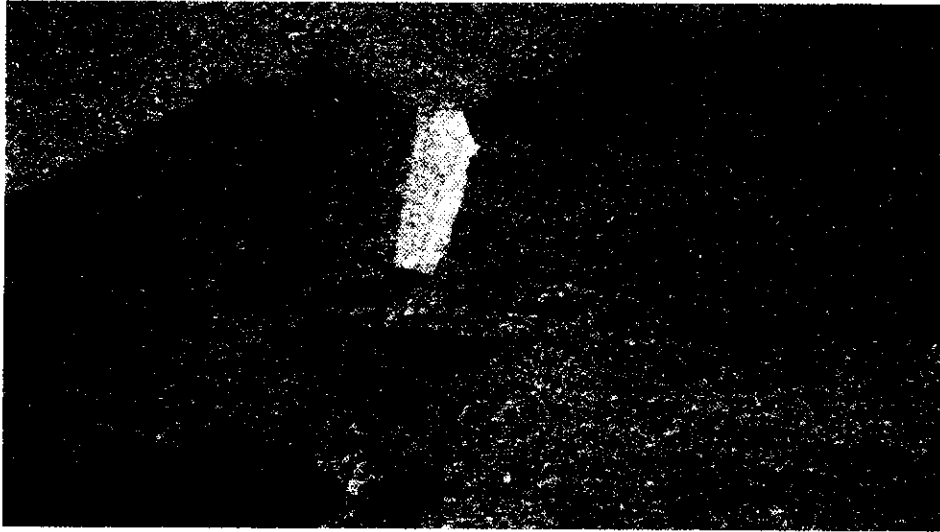


Foto 6. Şevin güneydoğusunda askıda bırakılmış drenaj keneri. Fotorafta ayrıca yağış sularının oluşturduğu derin yamaç oyuntusu ve rotasyonal tipte kaymalar görülmektedir.

Photo 6. The drainage belt left as hung up on the southeast of the slope. Additionally, deep slope hollow and rotational landslides formed by rain water can be seen on the photo.

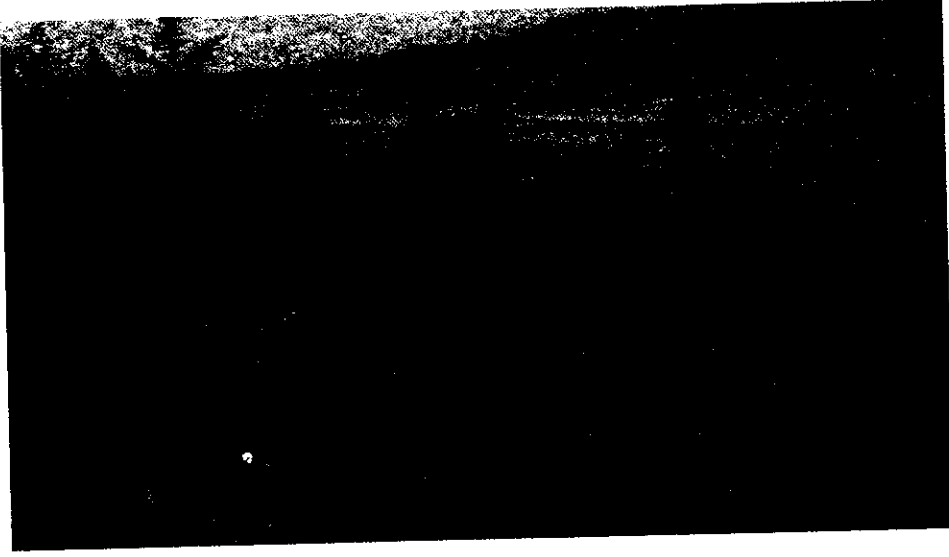


Foto 7. Taşlı Tepe güneyindeki bir kaymada, heyelan kütleleriyle birlikte yer değiştirmiş çam fidanı.

Photo 7. A pine sapling, the place of which was changed with a landsliding block during a landslide on the south of Taşlı Tepe.

Kaynakça

- ARDEL, A., KURTER, A., 1958-1959, "Kütahya ve Civarında Coğrafi Müşahedeler", Türk Coğrafya Dergisi, Sayı: 18-19, İstanbul.
- ARDOS, M., 1995, "Türkiye Ovalarının Jeomorfolojisi ", Cilt 2, 2.Baskı, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- DMİ, 2002, Kütahya Meteoroloji İstasyonu Rasat Kayıtları, Elektronik Bilgi İşlem Müdürlüğü, Ankara.
- DÖNMEZ, Y., 1972, "Kütahya Ovası ve Çevresinin Fiziki Coğrafyası", İst. Üniv. Coğr. Enst. Yay. No: 70, İstanbul.
- DSİ, 1981, "Kütahya ve Köprüören Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu", Ankara.
- ERİNÇ, S., 2000, "Jeomorfoloji 1", Güncelleştirilmiş 5.Basım, Der Yay. No: 284, İstanbul.
- HOŞGÖREN, M. Y., 1974-1977, "İnegöl Havzasında Arazi Kaymaları ile İlgili Gözlemler", İst. Üniv. Coğr. Enst. Dergisi, Sayı: 20-21, İstanbul.
- MATER, B., 1998, "Toprak Coğrafyası", Çantay Kitabevi, İstanbul.
- ÖZCAN, A., GÖNCÜOĞLU, M. C., TURHAN, N., 1989, "Kütahya – Çifteler – Bayat – İhsaniye Yöresinin Temel Jeolojisi", MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Rapor (Yayınlanmamış), Ankara
- SÜR, O., 1972, "Heyelan Olaylarına Sebep Olan Faktörler ve Bunların Türkiye'de Etkili Bulunduğu Alanlar", Ank. Üniv. Coğr. Araşt. Dergisi, Sayı: 5-6, Ankara.
- ŞAHİN, C., SİPAHİOĞLU, Ş., 2002, "Doğal Afetler ve Türkiye ", Gündüz Eğitim ve Yay., Ankara.
- TAŞDEMİROĞLU, M., 1970, "Türkiye'de Kütle Hareketleri", TJK Bülteni, No:2, Ankara.
- UZUN, A., 1987, "Pınarlı Heyelanı", Jeomorfoloji Dergisi, Sayı: 15, ANKARA.