



**İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü**  
**COĞRAFYA DERGİSİ**

Sayı 13, Sayfa 121-137, İstanbul, 2005  
Basılı Nüsha ISSN No: 1302-7212 Elektronik Nüsha ISSN No: 1305-2128



**KARADENİZ EREĞLİSİ'NİN ZEMİN HAREKETLERİ  
DUYARLILIK SAHALARININ SINIFLANDIRILMASI VE YÜKSEK  
RİSKLİ YERLEŞMELERİN ZEMİN STABİLİTE ANALİZİ**

*The Classified of Karadeniz Ereğlisi's Landslide Susceptibility Zonation and The Land  
Stability Analysis of Settlements Which is High Risk*

Deniz EKİNCİ<sup>a</sup>

<sup>a</sup> İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü  
ekincide@istanbul.edu.tr

Alındığı tarih: 25.11.2004; Kabul tarihi: 19.09.2005

---

**Abstract**

*The purposes of this study are to apply the technique for potential landslide susceptibility analysis using controlling parameters in a Geographic Information System (GIS) and the land stability characteristics of settlements which is high risk at this area.*

*The present work first aims at contributing to further our knowledge on the predisposing factors to landslides as well as proposing a method that allows us to weigh up, the influence that the various factors have on landslides in order to construct a realistic map of potential landslide hazards. In the study area, the Northwestern Black Sea Region of the Turkey, Potential landslide locations were detected, surveyed and analyzed. As the basic analysis tool, a Geographic Information System (GIS) was used for spatial data management. The landslide occurrence factors such as lithology, slope, distance from the streams, land cover, aspects were constructed into a spatial database and used for analyzing landslide susceptibility. Potential landslide occurrences and their relationships with various event controlling parameters have been evaluated using GIS database spatial analysis techniques. In order to assess the differential incidence of very predisposing factor to landslides, maps of the various factors considered were drawn up with the aid of ARC GIS software. Relationships of these parameters with landslide occurrences were converted into risk susceptibility priority numbers. These numbers were reclassified for each layer before integrating them into a cumulative risk factor on which the landslide hazard zoning was based. In fact, the analysis carried out in this study has shown that the factors act differently and, for every factor, only some of the classes considered have marked importance. The first results of the landslide susceptibility analysis, with conditional weights, were confirmed from comparison with the data. The calculated weight and rating can be used to landslide susceptibility mapping. Landslide hazard mitigation is the principal goal of landslide hazard assessment, which results in the production of hazard and susceptibility risk maps.*

Secondly, to address this problem, a quantitative method has been used to morphometric analyzed land stability for high risk settlements, and surrounding's areas. I identify potential landslides settlement area of high risk as Bağlık settlements. Slope stability approach is proposed and applied in the area of Bağlık Settlement, through SW-NE. In fact, working on the principle that future landslide are more likely to occur under those conditions which led to past instability, landslide susceptibility is defined by computing the landslide density in correspondence with different combinations of instability factors. Morphometric analysis give us insight into where land slide occur, how big they are likely to be, their relative importance as sediment transport mechanisms, and the overall slope stability of a given margin. These morphometric relationships give us important insight into landslide dynamics and process in different sedimentary environments. Results indicated that lithology is the most important variable for estimating potential landslide hazard of high risk in the study area. Geologic units consisting mostly of flysch sedimentary, clay, siltstone, sandstone, shale, alluvial, gravel, sand, and volcanoclastic sediments rocks, agglomerate, tuff of Miocene and Quaternary age, were most susceptible to landslides.

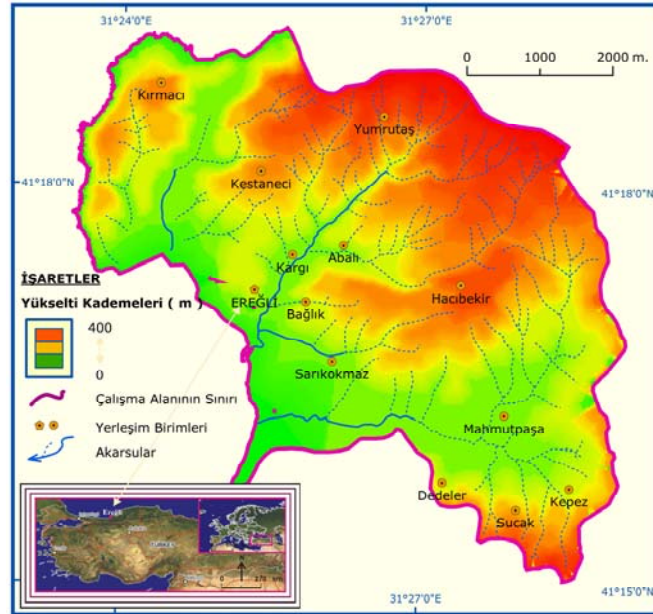
**Key Words:** Conditional Weights Analysis Method, GIS, Karadeniz Ereğlisi, Landslide, Land Stability Analysis.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi Bilgi Sistemleri, Karadeniz Ereğlisi, Koşullara Bağlı Ağırlıklı Analiz Metodu, Zemin Hareketi, Zemin Stabilite Analizi.

### GİRİŞ:

Bu çalışmada, nihai olarak, inceleme alanında zemin hareketleri bakımından çok yüksek risk taşıyan yerleşim birimlerinin üzerlerinde kurulu bulunduğu yamaçların stabilite durumlarının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Çalışma sahası, kütle hareketleri için elverişli şartlara sahip ve hızlı bir şehirleşme alanı haline gelen Karadeniz Bölgesi'nin batı kısmında yer alan Karadeniz Ereğlisi ve yakın çevresi (Şekil 1) olarak tercih edilmiştir.



**Şekil 1-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Konumu

*KARADENİZ EREĞLİSİ'NİN ZEMİN HAREKETLERİ DUYARLILIK SAHALARININ SINIFLANDIRILMASI VE YÜKSEK RİSKLİ YERLEŞMELERİN ZEMİN STABİLİTE ANALİZİ*

İnceleme, esas itibariyle iki kısımdan oluşmaktadır. Birincisi zemin hareketleri bakımından duyarlılık sınıflandırılmasının yapılmasıdır. İkincisi ise yüksek duyarlı sahalarda kurulu yerleşim birimlerinin risk altında bulunup bulunmadığının sorgulanmasıdır.

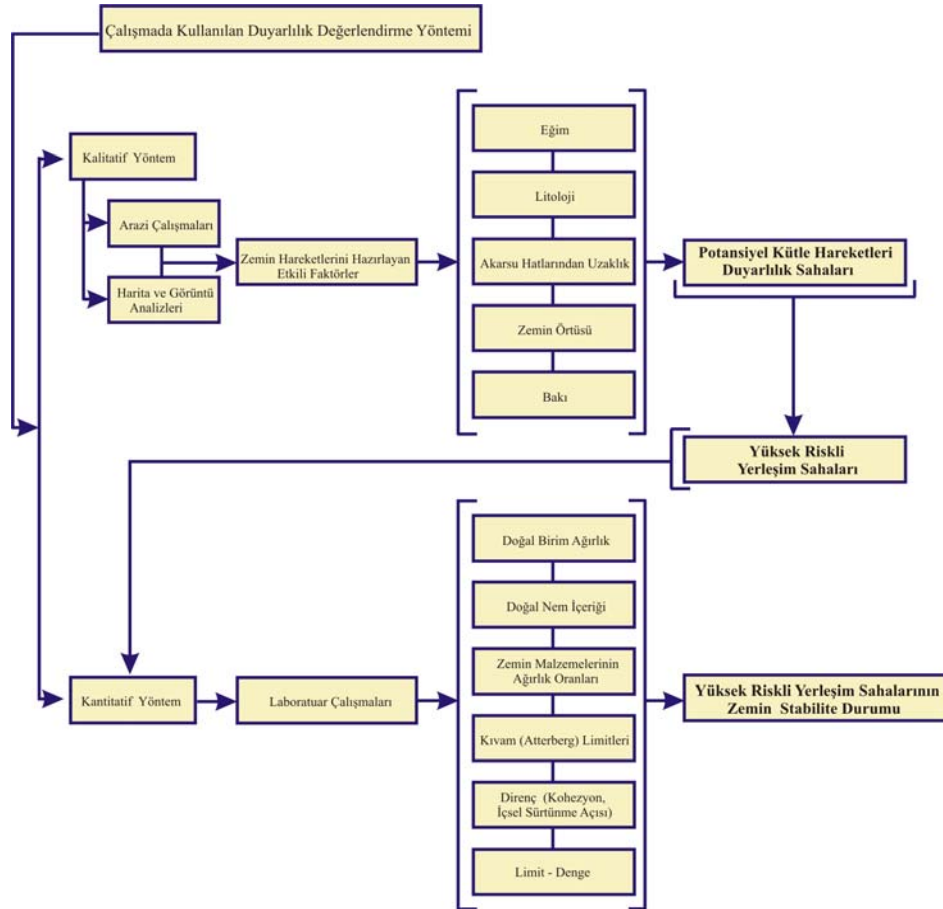
Çalışmamızda, zemin hareketi terimiyle, topografya yüzeyinde kayaların kimyasal ayrışması ve/veya fiziksel parçalanması sonucu oluşmuş kumlu, killi zeminlerin hareket etmesi kastedilmektedir. Bu hareketlerin dışında kalan kayalık vb. malzemelerin şevden aşağıya ve dışa doğru düşme, devrilme, kayma, ya da akma hareketleri gibi diğer kütle hareketleri çalışmamız içerisinde değerlendirilmemiştir.

Bilindiği gibi, zemin hareketlerini doğuran esas husus yer çekiminin veya ağırlığının varlığıdır. Ancak bu hareketleri çabuklaştıran ve kolaylaştıran bir takım

doğal ve yapay nedenler de söz konusudur. Bunların başlıcaları; zeminin yapısı, tabakalaşma durumu, arazinin topografyası, iklim, bitki örtüsü, yerüstüleri ve yeraltıları ile insan faktörüdür. Bu bakımdan, inceleme alanındaki zemin hareketlerinin anlaşılabilmesi için bu etkenler etüt edilerek ortaya konulmuştur.

**AMAÇ VE KULLANILAN YÖNTEM:**

Çalışmada, zemin hareketlerinin oluşmasına etki eden faktörler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu faktörlerin her biri kendi içerisinde duyarlılık sınıflarına ayrılarak duyarlılık katmanları oluşturulmuş ve bunların kompozisyonu ortaya konulmuştur. Yapılan analiz sonucunda zemin hareketi duyarlılık haritası üretilmiştir. Bu haritada çok yüksek risk taşıyan yerleşim birimleri tespit edilmiş ve bu sahalarda zemin stabilite ihtimalleri üzerinde durulmuştur (Şekil 2).



**Şekil 2-** Çalışmanın Genel Akış Şeması

Zemin hareketleri çok çeşitli etkenlerin kontrolünde ve bu etkenlerin değişen oranda etkileri altında oluştuğundan zemin cinsi, hareketin tipi ve nedenleri gibi ölçütlere dayanan sınıflandırma ile zemin hareketlerinin dağılışı ve onların etki eden faktörlerine göre gerçekleşme ihtimali üzerinde birçok teknik bu konuyla ilgilenenlerce ileriye sürülmüştür. “Koşullara Bağlı Ağırlıklı Metot”, “Sayısal İhtimal Metodu”, “Objektif Teknikler” “Regresyon Analizi” bunların başlıcalarıdır (Donatı vd., 2002; Temesgen vd., 2000; Clerici vd., 2002; Dai vd., 2002; Ayalew vd., 2004). İnceleme sahasının potansiyel zemin hareketleri risk alanlarının tespitinde ve sınıflandırılma-sında, etki eden faktörlerin teorik olarak sınıflandırılmasının ve derecelendirilmesinin esas alındığı (Clerici vd., 2002). Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı “Koşullara Bağlı Ağırlıklı Metot” kullanılmıştır. Bu metotta eğim artıka zemin hareketleri bakımından risk artmaktadır. Kuzey yarımkürede, kuzeye ve çevresindeki yön- lere bakan sahalarda daha yağışlı olduğu için buralarda zemin hareketleri bakımından daha riskli kabul edilirler. Fay, akarsu, yol ve kaynak sahalarna yakınlıkta risk artmaktadır. Aynı şekilde zemin hareketleri için elverişli şartlar sunan killi vb. zeminler, riskli litolojik birimler olarak kabul edilirler. Böylece etki eden faktörlerin kompozisyonu ortaya konul- maya çalışılır. Bu şekilde uygulanan metot, “Koşullara Bağlı Metot” olarak isimlendirilir. Bu işleme ek olarak ayrıca etki eden faktörler de kendi içinde sınıflandırılarak derecelendirilebilirler. Örneğin, eğim ve litolojik yapı genelde daha etkin faktör; bakı, fay, akarsu ve yol hatlarına uzaklık gibi faktörler ise eğim ve litolojik yapıdan sonra gelen, onlar kadar etkin olmayan faktörler olarak derecelendirilirler. Bu yaklaşım ise “Koşullara Bağlı Ağırlıklı Metot” olarak isimlendirilmektedir. Çalışmada eğim, litoloji, akarsu hatlarına uzaklık, zemin örtüsü ve bakı faktörleri dikkate alınmıştır. Bunun dışında kalan ve teorikte etkili faktör olarak düşünüldüğü

halde inceleme alanında etkisi tespit edilemeyen ya da son derece küçük etkiye sahip bulunan kırık hatlarına ve ulaşım ağlarına uzaklık gibi faktörlere değinilme- miştir. Ayrıca yağış özellikleri de küçük bir saha olan inceleme alanında değişiklik göstermediği ve bu bakımdan da eşit risk değerli olarak sınıflandırıldığı için analiz dışı tutulmuştur. Analiz işlemi, duyarlılık dereceleri ortaya konan etkili faktörlere ait haritaların 30 m çözünürlükte raster yapıdaki hücrelere dönüştürülerek grid sorgularının yapılması şeklindedir. Eşit boyuttaki her bir hücre konum itibariyle aynı anda eğim değeri, zemin örtüsü, drenaj, litoloji ve bakı gibi birçok özellik değerleri taşımaktadır. Bu değerlerin gösterimi nominal ve sırasal veri tipin- dedir. Oluşturulan bu nominal ve sırasal veriler tek hücre bazında gerçekleşen lokal fonksiyonlar kapsamında konumsal analiz ile değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda belirlenen riskli sahalarda, zeminin bir hareketinin söz konusu olup olmayacağını araştırılması için ise Kasapoğlu vd (1992), Tekar (1981) tarafından yapılmış değerlendirmelerden faydalanılmıştır. Bu çalışmalarda laboratuvar deneyleri iki grupta incelenebilir. Birinci grupta zeminlerin indeks özelliklerinin tayini ve zeminlerin sınıflandırılmalarına kaynak oluşturacak deneyler yer alır. Bunun sonucunda, zeminin kıvam limitleri, tane çapı dağılımı ve doğal nem içeriği gibi bilgilere ulaşılmıştır. İkinci grup deneyler ise, zeminlerin direnç ve deformasyon özelliklerini belirlemek için yapılan deneylerdir. Bu deneylerin sonucunda, direnç ve limit-denge durumu ortaya konulmuştur. Direnç özellikleri, konsoli- dasyonlu-drenajlı doğrudan makaslama kesme ve drenajsız üç eksenli basınç deneylerinin sonuçları ile saptanmıştır. Limit-denge özellikleri ise Spencer, tekni- ğinin uygulanması ile elde edilmiş sonuca göredir. Bu veriler ışığında, zeminde oluşabilecek muhtemel oturmalar ve kaymalar bakımından, değerlendirmeler yapılmıştır.

### İNCELEME ALANINDA ZEMİN HAREKETLERİNİ HAZIRLAYAN ETKİLİ FAKTÖRLER:

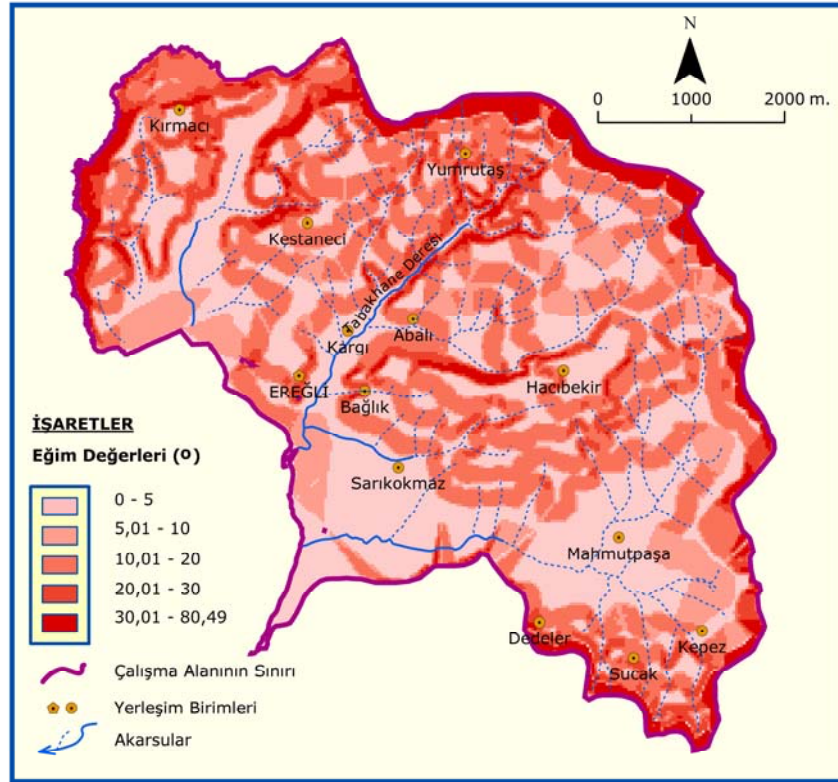
#### Eğim:

Zemin hareketlerinin oluşumunda etkin olan, doğal faktörlerden yamaç eğimi özelliklerinin, inceleme alanında meydana gelebilecek zemin hareketi sahaları ile arasındaki ilişkiyi belirlemek bakımından, ortaya konulması gerekmektedir (Gritzer vd., 2001). Kütle hareketlerinin, şevler (eğimli topografya yüzeyleri, yamaçlar) üzerinde geliştiği bilinmektedir. Söz konusu şevler ise belirli eğim değerlerine sahip alanlardan oluşmaktadır. Bu eğim değerleri ise inceleme alanında  $0^{\circ}$  -  $80^{\circ}49'$  arasında değişmektedir (Şekil 3). Duyarlılık derecesi nispeten fazla olan  $20^{\circ}$  den büyük eğime sahip alanlar inceleme

alanında fazla yer kaplamamaktadır. Bu değer aralığında bulunan sahalar, tüm alanın ancak % 18,8'ini teşkil etmektedir. Diğer %81,2'lik büyük kısmı ise  $20^{\circ}$  den küçük eğime sahip alanlardan oluşmaktadır (Tablo 1).

**Tablo 1-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Eğim Değerlerinin Dağılışı ile Duyarlılık Derecesi

Eğim Değerleri ( $^{\circ}$ )	Kapladığı Alan (km <sup>2</sup> )	(%)	Duyarlılık Derecesi
0 - 5	12	35,82	1
5,01 - 10	5,2	15,52	2
10,01 - 20	10	29,85	3
20,01 - 30	3,7	11,04	4
30,01 - 80,49	2,6	7,76	5



**Şekil 3-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Eğim Haritası

#### Litoloji:

Zemin hareketlerini denetleyen ve kontrol eden etmenlerin önemlilerinden bir diğeri de litolojik özelliklerdir. Bilindiği gibi bir zeminin kayma direnci, hangi

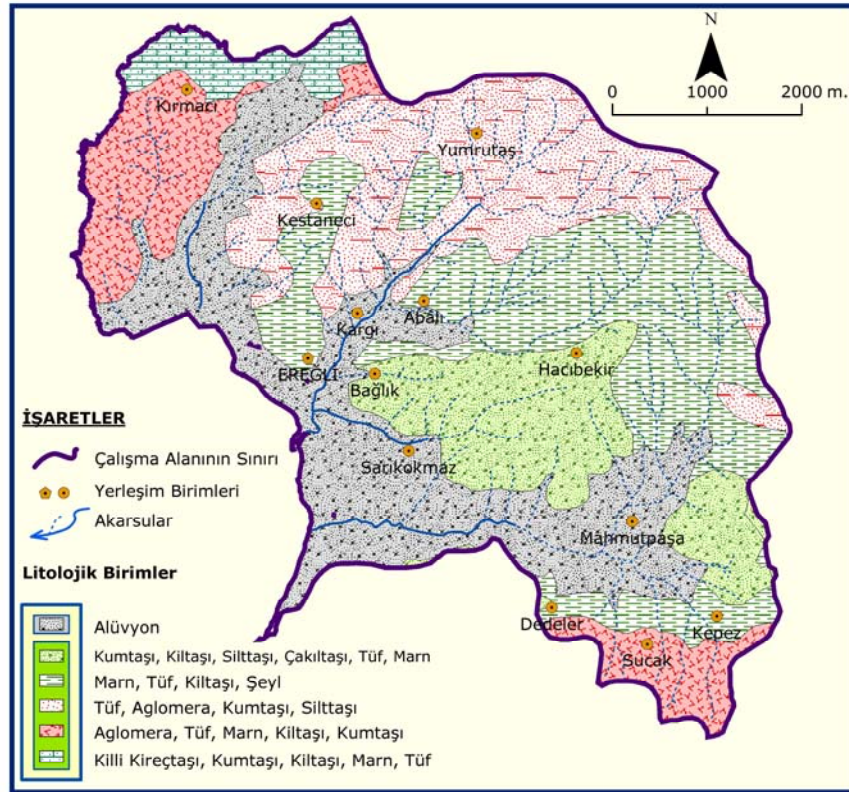
koşullarda olursa olsun efektif gerilmelere bağlıdır. Boşluk suyu hareketlerindeki kısıtlamalar, su basıncında artışa neden olur. Boşluk suyu basıncındaki değişimler doğrudan efektif gerilmeleri dolayısıyla



da kayma direncini etkiler. Zeminde pekiştirme olayının oluşmadığı kil gibi geçirimsiz birimler üzerinde su drene olamaz. Geçirimsizliği yüksek olan kum ve çakıl gibi zeminlerde birçok yükleme hızı zemin içindeki su oldukça çabuk dışarı çıkmakta ve pekiştirme oldukça hızlı gelişmektedir. Kil minerallerinin hidrasyonu, suyu emmesi ve suya doymun hale gelmesi ile killi zeminlerin kohezyonu azalmaktadır. Bu bakımdan killi birimler kütle hareketleri için daha elverişli şartlar ortaya koymaktadır (Haliloğlu, 1997).

İnceleme alanında litolojik birimlerin içerdikleri unsurlarına, matrikslerine, direnç ve geçirimsizlik özelliklerine göre yapılan sınıflandırma sonucunda duyarlılık değerleri birbirinden farklı birimlerin yer aldığı görülmektedir (Şekil 4). 9 km<sup>2</sup> alan işgal eden alüvyonlar duyarlılık bakımından en küçük değere sahiptirler. Alüvyon-

ları Türoniyen yaşlı, çimentosu karbonat olan, son derece dağınık ve geçirimsiz özelliklerdeki ve 1,1 km<sup>2</sup> yüzölçüme sahip killi kireçtaşı, kumtaşı, kiltası, marn tuf ve aglomera birimleri izler. Türoniyen-Kampaniyen yaş aralığında yer alan ve 3,8 km<sup>2</sup> alana sahip aglomera, tuf, marn, kiltası, kumtaşı birimleri ile 7,1 km<sup>2</sup> yüzölçüme sahip Kampaniyen yaşlı tuf, aglomera, kumtaşı, silttaşı birimleri orta derecede duyarlı olarak bulunur. 8 km<sup>2</sup> alanda yüzeylemiş, Kampaniyen yaşlı marn, tuf, kiltası, şeyl birimleri ise yukarıda belirtilen birimlere göre daha duyarlı bir özellik göstermektedir. Bunların dışında kalan Üst Kampaniyen yaşlı ve 4,5 km<sup>2</sup> yüzölçüme sahip, kumtaşı, kiltası, silttaşı, çakiltası, tuf, marn birimleri ise en fazla duyarlı olan grubu teşkil etmektedir (Tablo 2).



Şekil 4- Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Litoloji Haritası (Yergök vd., 1987)

**KARADENİZ EREĞLİSİ'NİN ZEMİN HAREKETLERİ DUYARLILIK SAHALARININ SINIFLANDIRILMASI VE YÜKSEK RİSKLİ YERLEŞMELERİN ZEMİN STABİLİTE ANALİZİ**

**Tablo 2-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Litolojik Birimlerinin Dağılışı ile Duyarlılık Derecesi

Litolojik Birimler	Kapladığı Alan		Duyarlılık Derecesi
	(km <sup>2</sup> )	(%)	
<i>Kwaterner</i>			
Alüvyon	9	26,87	1
<i>Üst Kampaniyen</i>			
Kumtaşı, Kıltaşı, Silttaşı, Çakıltası, Tüf, Aglomera, Marn	4,5	13,43	5
<i>Kampaniyen</i>			
Marn, Tüf, Kıltaşı, Şeyl	8	23,88	4
<i>Kampaniyen</i>			
Tüf, Aglomera, Kumtaşı, Silttaşı	7,1	21,19	3
<i>Türoniyen-Kampaniyen</i>			
Aglomera, Tüf, Marn, Kıltaşı, Kumtaşı	3,8	11,34	3
<i>Türoniyen</i>			
Killi Kireçtaşı, Kumtaşı, Kıltaşı, Marn, Tüf	1,1	3,28	2

**Akarsu Hatlarına Uzaklık:**

Birçok zemin hareketinin temel nedeni sudur. Suyun etkisiyle, plastisite veya likidite sınırlarına ulaşılır ve kütle hareketleri meydana gelir. Su ayrıca denge açısını küçülterek ağırlığı artırır, buna karşı sürtünmeyi azaltarak hareketleri kolaylaştırır (Erinç, 2000: 299). İnceleme alanında da önemli faktörlerden birinin de su olduğu söylenebilir. Mevcut zemin hareketlerinin detaylı etüdü, daha üstteki zeminin drenaj yollarına bağlandığını göstermiştir. Bu drenaj yolları zemin yüzeyine çıkabildiği gibi yeraltından da gidebilmekte, daha aşağılarda sızıntı suları olarak da görülmektedir. Suların etkisi yağış tarafından olabildiği gibi, akarsular tarafından da olabilmektedir. Bu bakımdan, akarsu hatlarından uzaklık olarak ifade edebileceğimiz bir özelliğin de zemin hareketleri ile olan ilişkisi çalışmamızda ifade edilecektir.

Akarsu hatlarından uzaklaştıkça bu faktörün etkisi de azalmaktadır (Şekil 5). Drenaj ağı ve bu hatta 30 m yakınlıkta olan sahalar en fazla duyarlılık derecesine sahip olarak bulunmaktadır. Buna karşın 120 m den sonra bu faktörün etkisi en küçük düzeydedir (Tablo 3).

**Zemin Örtüsü:**

Zemin örtüsünün özellikleri de, zemin hareketlerini denetleyen bir faktördür. Bu nedenle zemin örtüsünün en önemli unsuru olan bitki örtüsü, onların kapalılık oranları ve insanların faaliyetleri sonucu zemin örtüsünde meydana gelen değişimlere göre şekillenen arazi yüzeyi ile zemin hareketlerinin ilişkisi ortaya konulmaya

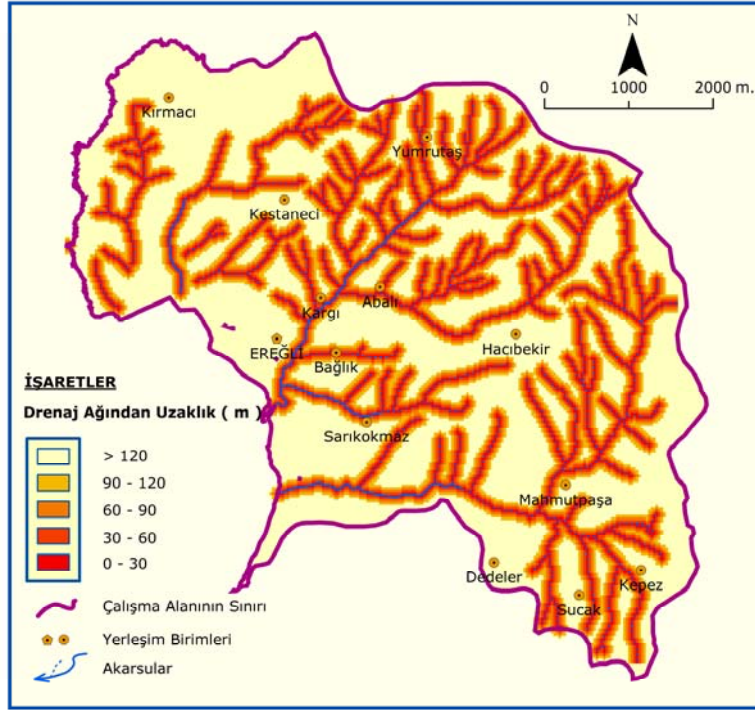
çalışılmıştır. Bitki örtüsünün az geliştiği veya gelişmediği alanlar kütle hareketleri için genel olarak duyarlı alanlar olarak bilinmektedir.

**Tablo 3-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Akarsu Hatlarına Uzaklık Dağılışı ile Duyarlılık Derecesi

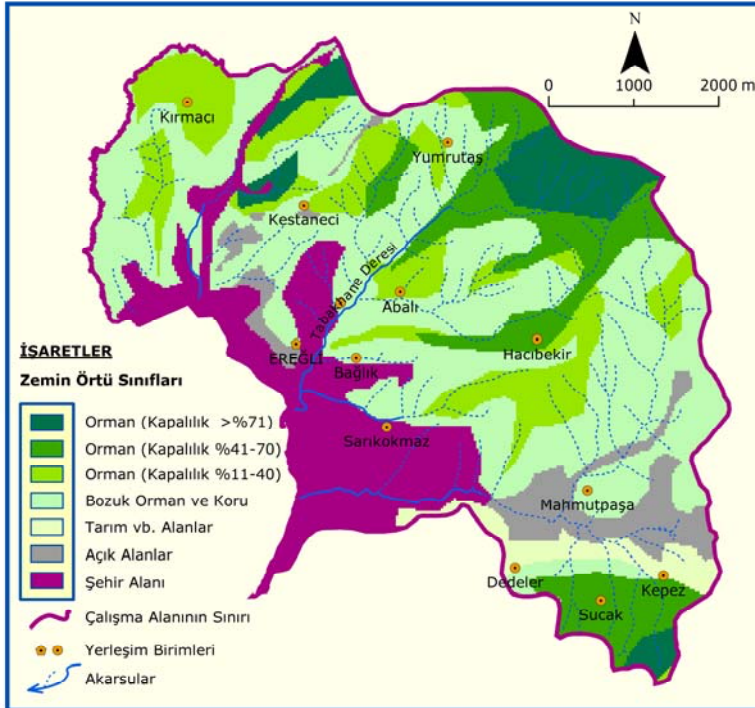
Uzaklık (m)	Kapladığı Alan		Duyarlılık Derecesi
	(km <sup>2</sup> )	(%)	
< 30	3,4	10,15	5
30 – 60	4,7	14,03	4
60 – 90	4,4	13,13	3
90 – 120	4,6	13,73	2
> 120	3,4	10,15	1

Bitki örtüsü kılcallık ve kapilarite ile zemindeki suyu kökleriyle alıp buharlaştırdığı, bu şekilde sızan suyun bir kısmını geri aldığı ve kökleri vasıtasıyla toprağı tuttuğu için kütle hareketlerini azaltıcı bir etki yapmaktadır (Hoşgören, 2004). Odunsu bitkilerin ek yükler oluşturma ve ayrışmaya katkı sağlama gibi olumsuz yanlarının olduğu ileri sürülmekte ise de yamaç stabilitesinde olumlu yönlerinin daha fazla olduğu araştırmalarla ortaya konulmuştur (Erdaş, 1991).

Kayın, gürgen, meşe, kestane ve çam ağaçlarının hâkim olduğu kapalılık oranlarının fazla olduğu ormanlar ile orman örtüsünden yoksun tarım alanları, meralar, açık alanlar ve yerleşim birimleri iç içe bulunmaktadır (Şekil 6).



Şekil 5- Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Akarsu Hatlarına Uzaklık Haritası



Şekil 6-Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Zemin Örtüsü Haritası



*KARADENİZ EREĞLİSİ'NİN ZEMİN HAREKETLERİ DUYARLILIK SAHALARININ SINIFLANDIRILMASI VE YÜKSEK RİSKLİ YERLEŞMELERİN ZEMİN STABİLİTE ANALİZİ*

Zemin örtüsünden yoksun ve tüm sahanın %6,27 sine sahip açık alanlar olarak tanımladığımız sahalarda duyarlılık bakımından en büyük değere sahip olarak bulunur. Bunu tarım alanlarından oluşan ve 0,9 km<sup>2</sup> yüzölçüme sahip alan takip etmektedir. 14 km<sup>2</sup> alanda ve sahada en büyük yayılış alanına sahip, bozuk orman ve koruluk alanlar orta değerlerde

bir duyarlılık göstermektedir. Daha çok plato seviyelerinde bulunan az ve orta kapalı ormanların yer aldığı 9 km<sup>2</sup> alan kısmen duyarlı özellik gösterir. Genel olarak, yüksek sahalarda yayılış gösteren, yüksek ve çok yüksek kapalı orman alanlarının yer aldığı 2 km<sup>2</sup> alan ile şehir yerleşmesine sahip bulunan 5,5 km<sup>2</sup> alan düşük duyarlı olarak bulunur (Tablo 4).

**Tablo 4-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Zemin Örtüsünün Dağılışı ile Duyarlılık Derecesi

Zemin Örtüsü Sınıfları	Kıpladığı Alan		Duyarlılık Derecesi
	(km <sup>2</sup> )	(%)	
Orman, (Kapalılık > %71)	2	5,97	1
Orman, (Kapalılık %41 – 70)	4	11,94	2
Orman, (Kapalılık %11 – 40)	5	14,93	2
Bozuk Orman ve Koru	14	41,79	3
Tarım Alanları vb.	0,9	2,69	4
Açık Alanlar	2,1	6,27	5
Şehir Alanı	5,5	16,42	1

**Bakı:**

Zemin hareketlerinde bilinmesi gereken bir diğer etkili faktör ise bakıdır. Bakı özelliklerinin ortaya konulmasından amaç, inceleme alanı içerisindeki yamaçların hangi yönlere baktığı ve zemin hareketlerinin yamaç yönelimiyle ilişkisinin belirlenmesidir.

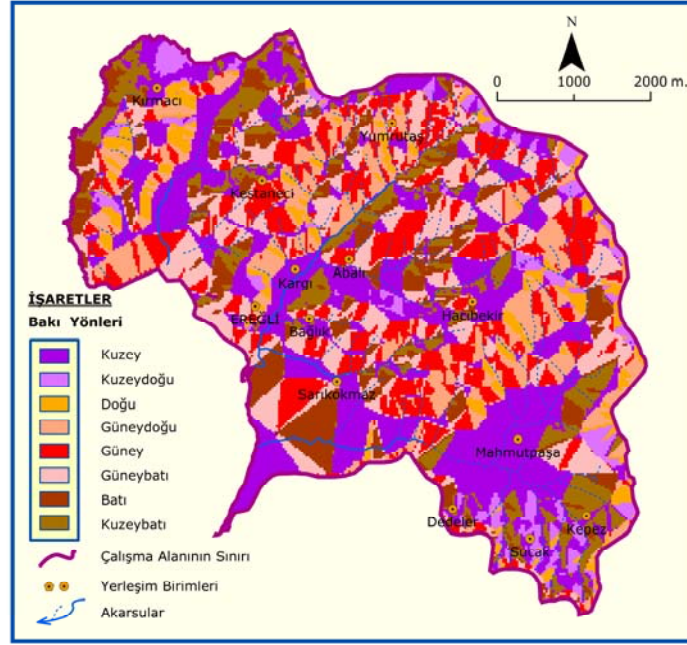
İnceleme alanında tüm yönler etkili olarak bulunmaktadır (Şekil 7). Ancak bunlardan kuzey yönüne bakan sahalarda diğer yönlerin baktığı sahalara göre daha çok alan kapladığı gibi iklim üzerinde etkili olan coğrafi özellikleri itibarıyla duyarlılık derecesi de daha büyük olarak sınıflandırılmıştır. Kuzey yönünü batı ve güneybatı takip etmektedir. Güney yönü orta derecede duyarlılık değerine sahip olarak bulunur. Kuzeydoğu ve güneydoğu yönleri kısmen etkili, doğu ve kuzeybatı yönleri en az etkili duyarlılık değerine sahip olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 5).

**Tablo 5-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Bakı Sahaları Dağılışı ile Duyarlılık Derecesi

Bakı Sınıfları	Kıpladığı Alan		Duyarlılık Derecesi
	(km <sup>2</sup> )	(%)	
N	<b>9,6</b>	<b>28,66</b>	<b>5</b>
NE	<b>1,5</b>	<b>4,48</b>	<b>2</b>
E	<b>1,5</b>	<b>4,48</b>	<b>1</b>
SE	<b>3,5</b>	<b>10,45</b>	<b>2</b>
S	<b>5,4</b>	<b>16,12</b>	<b>3</b>
SW	<b>5,2</b>	<b>15,52</b>	<b>4</b>
W	<b>3,5</b>	<b>10,45</b>	<b>4</b>
NW	<b>3,3</b>	<b>9,85</b>	<b>1</b>

**POTANSİYEL ZEMİN HAREKETLERİ DUYARLILIK SAHALARI ANALİZİ:**

İnceleme alanında, etkili faktörlere ve bunların değişen orandaki etkilerine (Tablo 6) bağlı olarak, çok yüksek, yüksek, orta, düşük duyarlı ve duyarsız alanlar olmak üzere beş farklı derecede duyarlılık değerine sahip zemin hareketi riski taşıyan saha tespit edilmiştir (Şekil 8). İnceleme alanında 5,4 km<sup>2</sup> alanda zemin hareketleri riski mevcut değildir. Bu sahalarda genellikle havza tabanında dikkat çekmektedir. Bu sahalarda düz ve düze yakın eğimli olarak bulunurlar ve litolojik özellikler bakımından ise alüvyonların



**Şekil 7-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Bakı Haritası

dağılışı alanıdır. 26,87 km<sup>2</sup> alan ise düşük duyarlı olarak bulunur. 37,31 km<sup>2</sup> alan zemin hareketleri bakımından orta duyarlı alanlara karşılık gelmektedir. Bu kısımlarda eğim değerleri ile bitki örtüsü kapallık oranlarının orta derecede olduğunu görmekteyiz. Zemin hareketleri bakımından yüksek duyarlı alanlar 17,31 km<sup>2</sup> alana sahiptirler. Bu alanlar çok yüksek duyarlı alanların hemen yanında ona göre daha emniyetli koşullar altında bulunurlar. 2,39 km<sup>2</sup> alan çok yüksek duyarlı özellik göstermektedir (Tablo 7). Bu sahaların çok yüksek duyarlı olması litolojik birimler ile yakın ilişkilidir. Bu birimlerin ortak özelliği hepsinin marn istifine sahip olmasıdır. Marn ise zemin hareketlerine duyarlı bir kayaç olduğu bilinmektedir. Marnların çözülmesiyle, kirecin yıkanmasından sonra geriye killi ve kütle hareketlerine müsait bir enkaz kalmaktadır. Bu da zemin hareketlerine neden olmaktadır. Yine bu sahaların fazla eğimli olarak bulunması da bir diğer önemli faktördür. Bu sahalarla birlikte kapallık değerleri fazla olan orman örtüsünün varlığı bazı kısımlarda

zemin hareketlerini sınırlandıran bir faktör olmuştur.

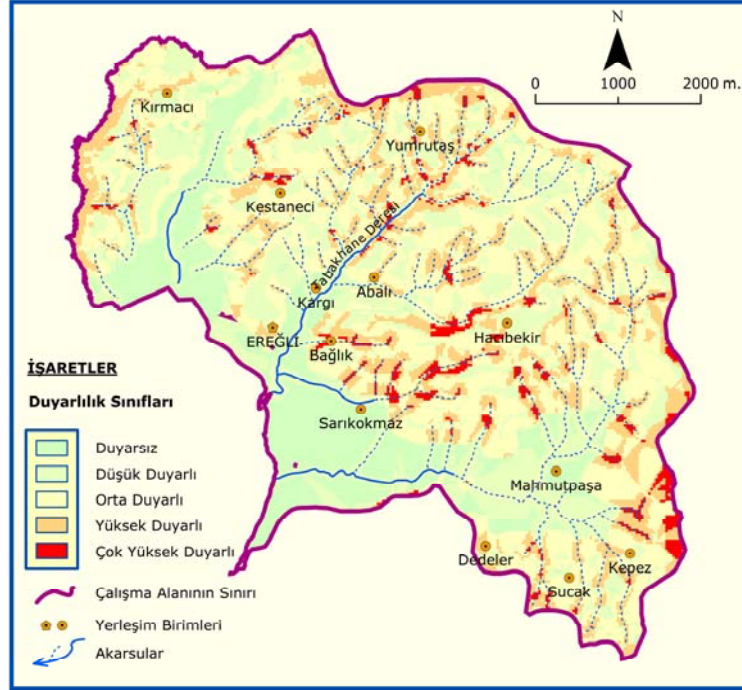
**Tablo 6-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Potansiyel Zemin Hareketleri Risk Analizi İçin Etkili Faktör Sınıfları ve Ağırlık Dereceleri

Etkili Faktör Sınıfları	Ağırlık Derecesi
Eğim	5
Litoloji	4
Akarsu Hatlarına Uzaklık	3
Zemin Örtüsü	2
Bakı	1

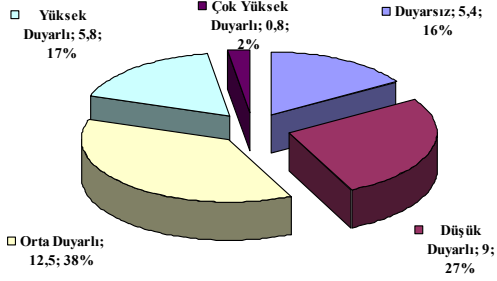
**Tablo 7-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinde Potansiyel Zemin Hareketleri Risk Alanlarının Sınıflandırılması ve Dağılışı

Potansiyel Zemin Hareketleri Risk Sınıfları	Kıpladığı Alan	
	(km <sup>2</sup> )	(%)
Çok Yüksek Duyarlı	0,8	2,39
Yüksek Duyarlı	5,8	17,31
Orta Duyarlı	12,5	37,31
Düşük Duyarlı	9	26,87
Duyarsız	5,4	16,12

KARADENİZ EREĞLİSİ'NİN ZEMİN HAREKETLERİ DUYARLILIK SAHALARININ SINIFLANDIRILMASI VE YÜKSEK RİSKLİ YERLEŞMELERİN ZEMİN STABİLİTE ANALİZİ



**Şekil 8-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Potansiyel Zemin Hareketleri Duyarlılık Sahaları Haritası



**Şekil 9-** Karadeniz Ereğlisi ve Yakın Çevresinin Potansiyel Zemin Hareketleri Duyarlılık Sahalarının Dağılışı

Çalışmamamızın bundan sonraki aşamasına kaynak teşkil etmesi bakımından, elde edilen bulgunun, zemin hareketleri bakımından yapılan duyarlılık analizinin doğru sonuçlarının bir sağlaması olarak dikkat çekmektedir. Bu önemli bulgu ise yerleşim birimlerinden yalnızca Bağlık Mahallesi'nin çok yüksek duyarlı bir sahada yer aldığını ve yerinde yapılan çalışmalar sonucunda bu yerleşim birimi ve çevresinde birkaç kez zemin

hareketinin meydana gelmiş olduğu, bazı konutların ise hasara maruz kaldığının tespit edilmiş olmasıdır. Bu yerleşim biriminde meydana gelen değişik tarihlerdeki hareketler sonucunda Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 20.01.1981 ve 22.07.1986 tarihlerinde raporlar düzenlenmiştir. Ayrıca ERDEMİR tarafından Haziran 1981 tarihinde TEKAR adlı bir kuruluşa inceleme raporu hazırlanmıştır. Bunun dışında, buradaki konut hasarlarına bağlı olarak da Kasım 1992 tarihinde Prof. Dr. Erçin Kasapoğlu başkanlığında bir çalışma grubu da sahada inceleme yapmıştır.

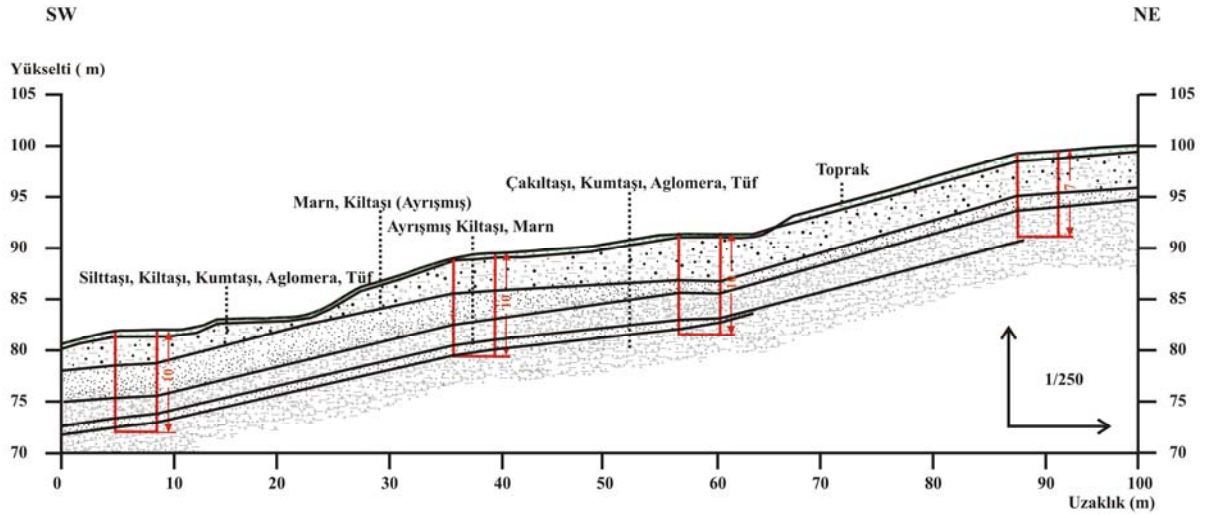
**YÜKSEK RİSKLİ YERLEŞİM BİRİMLERİNİN ZEMİN STABİLİTE ANALİZİ:**

Yukarıda da belirtildiği gibi inceleme alanında çok yüksek duyarlı alanlar içerisinde bulunan ve risk taşıyan yerleşim birimi olarak yalnızca Bağlık Mahallesi bulunmaktadır. Bu sahada en yüksek eğime sahip yamaç boyunca (SW-NE) yapılan stabilite değerlendirmeleri aşağıdaki gibidir.

**Zeminin Fiziksel Özellikleri:**

Bu sahanın zemini, farklı direnç ve geçirimsizlik özellikleri gösteren değişik yaş aralığındaki bir istiften oluşmuştur. Zeminin üst kısmında, Kuvaterner yaşlı kum ve kil yer almaktadır. Bunun altındaki tabaka, Türoniyen yaşlı, killi kireçtaşı, kumtaşı, kiltası, marn, tuf ve aglomeralardan oluşmuştur. Bu istifin alt kısmında marn ve kiltası ayrılmış olarak bulunur. Bu kuşakta ayrışma sonucu bir kil tabakası meydana gelmiştir. İstifin tabanını ise çakiltası, kumtaşı, aglomera

ve tuf meydana getirmektedir (Şekil 10). Belirtilen özelliklerdeki litolojik yapıda; doğal birim hacim ağırlık değerleri üst zeminde 1,86, alt zeminde 1,53 ve sondaj kuyularında 1,95–2,05  $\text{kg/cm}^3$  arasındadır (Tablo 8). Bu değerler zeminin doğal birim hacimlerinin fazla olmadığını ortaya koymaktadır. Bu özelliklerdeki kayalar genellikle poroziteli, sertlikleri çok fazla olmayan, basınca karşı dirençsiz, su emme oranı fazla ve küçük özgül ağırlık değerlidir.



**Şekil 10-** Yüksek Riskli Sahanın SW-NE Yönlü Jeoloji Profili (Tekar, 1981: 32-33)

**Tablo 8-** Yüksek Riskli Sahanın Zeminin Fiziksel Özellikleri (Kasapoğlu vd., 1992; 3-5 Tekar, 1981:9)

Örnekler	Doğal Birim Hacim Ağırlık $\gamma$ ( $\text{kg/cm}^3$ )	Doğal Nem İçeriği W (%)	Zemini Oluşturan Malzemelerin Ağırlık Olarak Oranları				Kıvam Limitleri		
			Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Likit Limit LL (%)	Plastik Limit PL (%)	Plastisite İndeksi PI (%)
<b>Üst Zemin</b> (Toprak)	1,86	23,6	10	45	33	12	32	30	2
<b>Alt Zemin</b> (Bozunmuş Aglomera, Tuf, Çakiltası, Kiltası, Siltaşı, Marn)	1,53	39,25	3	57	32	8	36	32,2	3,8
<b>Sondaj Sahası</b>	1,95–2,05	13,4–37,0	0–28		2–72		42,5–27,6	18,3–26,5	6,3–21,8

Zeminlerin taşıma gücü, yük altında sıkışması ve stabilite özellikleri üzerinde zemin ile su ilişkileri çok önemli roller üstlenmektedir. Su içeriklerinin değişmesi ile

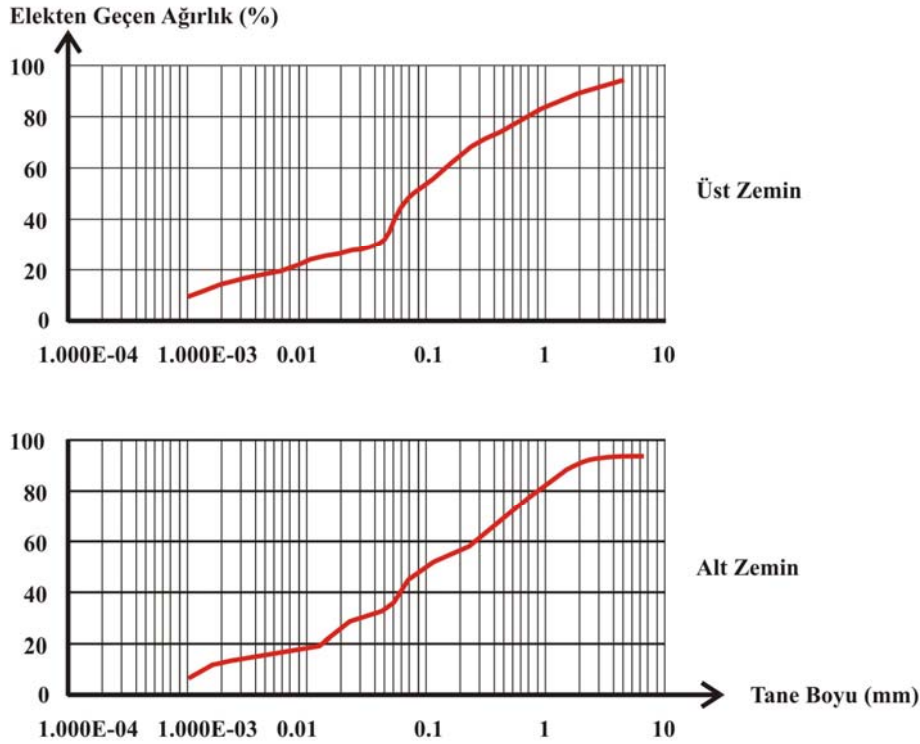
kayaçların mekanik ve direnç özelliklerinde değişimler olur. Özellikle ayrılmış tortul kayaçların (kum, silt, kil) özellikleri, farklı su içeriklerinde farklı değerler

*KARADENİZ EREĞLİSİ'NİN ZEMİN HAREKETLERİ DUYARLILIK SAHALARININ SINIFLANDIRILMASI VE YÜKSEK RİSKLİ YERLEŞMELERİN ZEMİN STABİLİTE ANALİZİ*

gösterir. Zeminlerin Su içerikleri ile direnç ve diğer mekanik özellikleri arasında bir ters orantı söz konusudur. Bu bakımdan incelenen doğal nem içeriği, üst zeminde %23,6, alt zeminde %39,25 ve sondaj kuyularında %13,4 - %37 arasındadır.

Zemini oluşturan malzemeler daha çok küçük taneli kum, silt ve kil daha az olarak da çakıl, boyutunda (Şekil 11), olup ayrılmış zemin grubu içerisinde değerlendirilebilir. Bu tür ayrılmış zeminlerde unsurların tanınması ve sınıflandırılması için tane büyüklüğünün bilinmesi yeterli olmamaktadır. Ayrıca kıvam (Atterberg) limitlerinin de bilinmesi gerekmektedir. Kıvam limitlerinden birisi olan likit limit

değerleri, Üst zeminde %32, alt zeminde %36 ve sondaj kuyularında %27,6 - %42,5 arasındadır. Diğer Plastik limit değerleri Üst zeminde %30, alt zeminde %32,2 ve sondaj kuyularında %18,3 - %26,5 arasındadır. Bu değerler zemindeki unsurlar bakımından yarı plastik ve plastik özellikte olduğunu göstermektedir. Plastisite indeksi bakımından ise Üst zeminde %2, alt zeminde %3,8 ve sondaj kuyularında % 6,3 - %21,8 arasındadır. Casagrande Plastisite Kartı üzerinde, zemin daha çok düşük plastisiteli siltler ve organik zeminler içerisinde kalmaktadır (Erguvanlı, 1995; Ünsal, 2001; Özaydın, 2001).



**Şekil 11-** Yüksek Riskli Sahanın Zemin Unsurlarına Ait Tane Boyu Dağılım Eğrileri (KASAPOĞLU vd.,1992: 30-33).

**Zeminin Direnç Özellikleri:**

Zeminler, çeşitli baskılar altında davranışlarını şekillendiren farklı mekanik özelliklere sahiptirler. Bu özellikler, zeminlerin kayma direncini saptamak için kullanılmaktadır. Bunların en önemlileri, kesme

direnci ile üç eksenli basınç direnci özellikleridir.

Çeşitli zeminlerde kaymaya karşı götserilen direnç farklıdır. Kohezyonsuz zeminlerde kayma direnci, kayma düzlemine etki yapan normal gerilme ile orantılıdır.



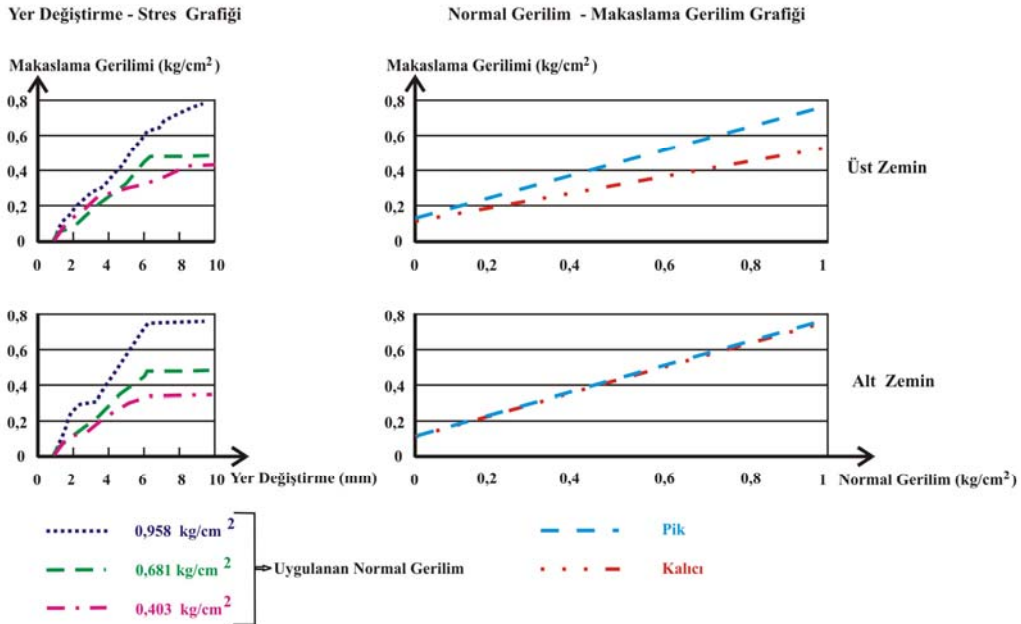
Riskli bölgenin zemininde, kohezyon değerleri üst ve alt zeminde 0,4 kg/cm<sup>2</sup>'den küçük değerler göstermektedir. Sondaj kuyularında ise 0,68 kg/cm<sup>2</sup> üst sınır olarak ölçülmüştür (Tablo 9, Şekil 12, Şekil 13). Bu bakımdan zemin gevşek, çok gevşek, olarak değerlendirilmektedir. Özellikle kilce zengin, ayrıışmış, ara tabakalarda zemin kohezyonu oldukça düşük olup kil seviyeleri plastisiteli olarak bulunur. İçsel sürtünme açısı değerleri de üst zeminde 20°'den yüksek değildir. Alt zeminde ise bu değeri biraz aşar. Sondaj kuyularında ise 4-12° arasındadır. Bu

değerler, kil grubuna ait içsel sürtünme açısını karakterize etmektedir.

Serbest basınç değerleri bakımından ise zemin genelinde 0,403 - 0,958 kg/cm<sup>2</sup> arasında, sondaj kuyularında ise 230,4-895,4 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Küçük değerler üst seviyelerde yer alan ayrıışmış dirençsiz unsurların, büyük değerler ise alt seviyelerde bulunan dirençli unsurların sonuçlarıdır. Üst tabakalardaki unsurlar plastisiteli ve dirençsiz, buna karşın, kumtaşı, çakıltaşı vb. materyalden oluşan alt tabakalardaki seviyelerde ise yüksek direnç değerleri söz konusudur.

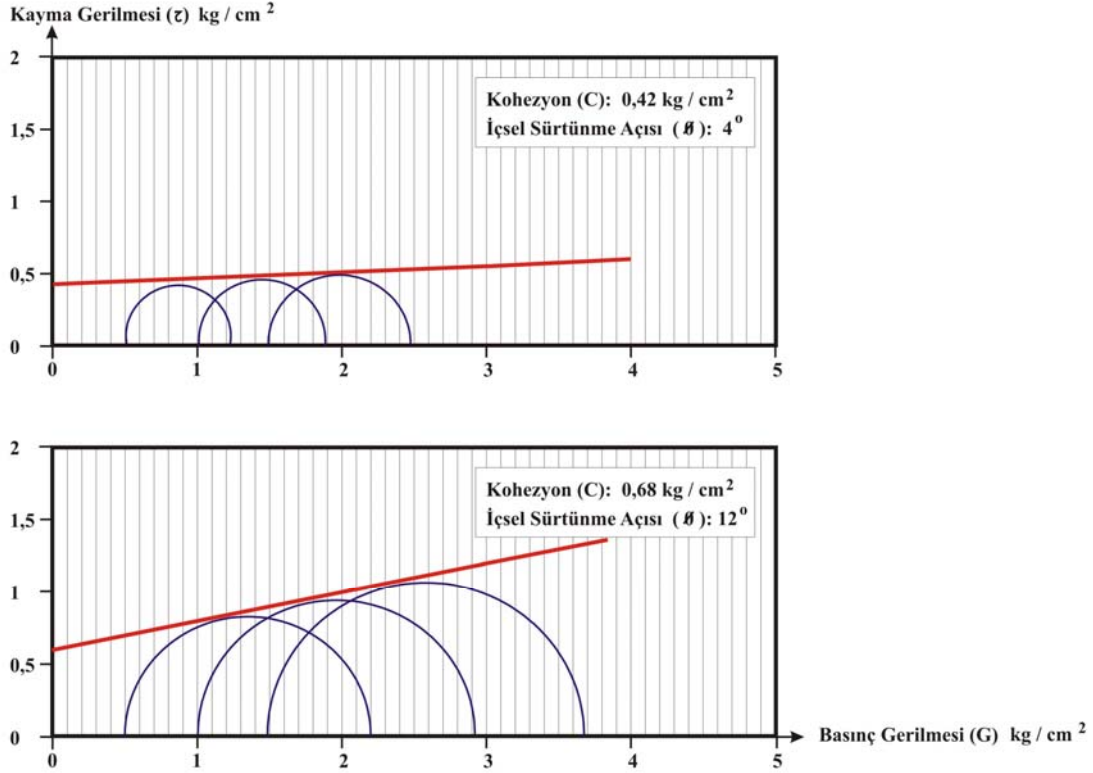
**Tablo 9-** Yüksek Riskli Sahanın Zeminin Direnç Özellikleri (KASAPOĞLU vd.1992: 6; TEKAR, 1981: 9)

Örnekler	(Kohezyon) (kg/cm <sup>2</sup> )		İçsel Sürtünme Açısı (θ) (°)		Serbest Basınç (kg/cm <sup>2</sup> )
	Pik	Kalıcı	Pik	Kalıcı	
<b>Üst Zemin</b> (Toprak)	0,135	0,135	18,5	13	
<b>Alt Zemin</b> (Bozunmuş Aglomera, Tüf, Çakıltaşı, Kilttaşı, Silttaşı, Marn)	0,08	0,08	22	21,5	0,403 - 0,958
<b>Sondaj Sahası</b>	0,42-0,68		4-12		230,4 - 895,4



**Şekil 12-** Yüksek Riskli Sahanın Zemin Unsurlarına Ait Doğrudan Makaslama Deney Sonuçları (Kasapoğlu vd.,1992: 34-37)

KARADENİZ EREĞLİSİ'NİN ZEMİN HAREKETLERİ DUYARLILIK SAHALARININ SINIFLANDIRILMASI VE YÜKSEK RİSKLİ YERLEŞMELERİN ZEMİN STABİLİTE ANALİZİ



Şekil 13- Yüksek Riskli Sahanın Zemin Unsurlarına Ait Üç Eksenli Basınç Diyagramı (Tekar, 1981: 30-31)

### SONUÇ:

Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı “Koşullara Bağlı Ağırlıklı Metot” kapsamında eğim, litoloji, akarsu hatlarına uzaklık, zemin örtüsü ve bakı faktörlerinin dikkate alınarak yapılan analiz sonucunda inceleme alanında beş farklı derecede duyarlılık değerine sahip zemin hareketi riski taşıyan saha tespit edilmiştir. Bu sınıflar, belirtildiği gibi, çok yüksek, yüksek, orta, düşük duyarlı ve duyarsız alanlar olmak üzeredir. Risk taşıyan grupta Bağlık Mahallesi yerleşim merkezi olarak tespit edilmiştir. Arazi çalışmalarımızda Bağlık Mahallesinde önceki yıllarda zemin hareketlerinin söz konusu olduğu ve bu nedenle jeolojik değerlendirmeler yapıldığı da belirlenmiştir. Bu durum kullanılan CBS tabanlı tekniğin ve burada dikkate alınan etkili faktörlerin doğrulanması olarak değerlendirilebilir.

Söz konusu riskli yerleşim merkezinde daha önce gerçekleştirilen jeolojik çalışmaların verilerinden de faydalanılmıştır.

Bu çalışmalarda, riskli sahadaki açılmış derinliği on metreye kadar olan sondaj kuyularından elde edilen ipuçları birtakım bilgilere işaret etmektedir. Bu kuyuların temelinin kumtaşı, çakıltaşı, aglomera gibi nispeten dirençli unsurlardan oluşması ve yeraltısuyunun mevcut olmayışı riskli sahada meydana gelebilecek hareketlerin yüzeysel olabileceği kanaatini etkin kılmaktadır. Yağışların tetikleme ile başlayan süreç, yüzeyledeki ve ara seviyelerdeki kilce zengin ayrılmış tabaka, suyun nüfuz etmesi ile neme doygun hale gelmektedir. Buna bağlı olarak da, güvenlik katsayısı, kritik sınır olan “1” in altına düşerek kayma direnci zayıflama ihtimali ile karşı karşıya kalmaktadır. Yer çekiminin etkisiyle de süreç bir hareket ile sonuçlanmaktadır.

Tüm yamaç boyunca, zeminin üst kısmı (toprak) için yapılan limit-denge analizinin sonucunda güvenlik sayısının en düşük değerinin 2,4 olduğu saptanmıştır (Tablo 10). Buna göre zeminin tü-

münün, bir bütün olarak, hareket etmeyeceği sonucuna varılmıştır.

Yamacın NE kesimine karşılık gelen yüksek kısmında en düşük güvenlik sayısı kuru koşullar için 2,53, suya doymun koşullar için ise 1,8 olarak tespit edilmiştir.

**Tablo 10-** Yüksek Riskli Sahanın SW-NE Yönlü Profili Boyunca Güvenlik Sayısı (F) (Kasapoğlu vd.,1992: 7-9)

Tüm Profil	Profilin Üst Kısmı		Profilin Orta Kısmı		Profilin Alt Kısmı
	Kuru	Suya Doymun	Kuru	Suya Doymun	
2,4	2,53	1,8	2,3	1,67	8,5

Yamacın orta kısımlarında, en düşük güvenlik sayısı kuru koşullar için 2,3, suya doymun koşullar için 1,67, yamacın alt kısımlarında ise en düşük güvenlik sayısı 8,5 olarak tespit edilmiştir. Toprak tabakasının da ince olduğu bu orta ve alt kesimlerde muhtemel bir hareket söz konusu değildir.

Ancak mevcut topografyanın kazılar ve hafriyat yapılarak değiştirilmesi sonucu yeni yamaç geometrileri oluşturulabilir. Bu durumda özellikle kazı derinliği arttıkça güvenlik sayısı değeri düşecek ve risk artacaktır. Yapılan konut alanlarında Erdost Yapı Kooperatifi ve Bağlık Sitesi

Bu kısımda toprak kalınlığının da büyük olduğu göz önünde bulundurulursa, suya doymun koşullarda toprağın, küçük çapta bir harekete maruz kalabileceği söylenebilir.

sahaları örneğinde olduğu gibi, lokal ölçekte hareketler söz konusu olabilecektir.

Çalışmanın sonucunda ulaşılan sonuçlardan biri de zemin hareketlerini yağış ve insan faktörlerinin tetiklediğidir. Bu her iki faktör kontrol altına alınırsa zemin hareketi riski de azaltılmış olacaktır. Yağışlar ile oluşacak su, drenaj ve kanal sistemleri ile deşarj edilerek zararı önenebilir. Yamacın üst kısmındaki toprak inceltiler, yer yer köklü ağaçlar dikilebilir ve/veya küçük çapta teraslama yoluna gidilebilir.

#### KAYNAKÇA:

- AYALEW, L. ve YAMAGISHI, H. 2004, "The Application of GIS - Based Logistic Regression For Landslide Susceptibility Mapping In The Kakuda - Yahiko Mountains, Central Japan" *Geomorphology* 45: 1-17.
- CLERICI, A., PEREGO, S., TELLINI, C. ve VESCOVI, P. 2002, "A Procedure for Landslide Susceptibility Zonation by Conditional Analysis Method" *Geomorphology* 43: 349-364.
- DAI, F. C. ve LEE, C. F. 2002, "Landslide Characteristics and Slope Instability Modeling Using GIS, Lantau Island, Hong Kong", *Geomorphology* 42: 213-228.
- 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.
- ERDAŞ, O. 1991, "Bitki Örtüsü ve Özellikle Bitki Kökleri ile Zemin Biyolojisi Arasındaki İlişkilerin Heyelanların Önlenmesi ve Mühendislik Biyolojisi Açısından İncelenmesi", *Türkiye 1. Heyelan Sempozyumu Kitabı*: 109-117, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayını, Trabzon.
- ERGUVANLI, K. 1995, *Mühendislik Jeolojisi*, Seç Yayınevi, İstanbul.
- ERİNÇ, S. 2000, *Jeomorfoloji I*, Der Yayınları, İstanbul.
- GÖKÇEOĞLU, C. ve ERCANOĞLU, M. 2001, "Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler", *Yerbilimleri* 23: 189-206.

*KARADENİZ EREĞLİSİ'NİN ZEMİN HAREKETLERİ DUYARLILIK SAHALARININ SINIFLANDIRILMASI VE YÜKSEK RİSKLİ YERLEŞMELERİN ZEMİN STABİLİTE ANALİZİ*

- GRITZER, L., ANDREW, M., APPINAL, R. ve GUSTER, S. 2001, "Assessing Landslide Potential Using GIS, Soil Wetness Modeling and Topographic Attributes, Poyette River, Idaho", *Geomorphology* 37: 149-165.
- HALİLOĞLU, S. B. 1997, Heyelan Analizinde Kullanılan Yöntemler ve Sayısal Çözümleri, Basılmamış Yüksek Mühendislik Tezi, Trabzon.
- HOŞGÖREN, M. Y. 2004, *Hidrografya'nın Ana Çizgileri I- Yeraltısuları- Kaynaklar- Akarsular*, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- KASAPOĞLU, K. E., AKSOY, H. ve GÖKÇEOĞLU, C. 1992, Karadeniz Ereğlisi Bağlık Mahallesi 29 No'lu Pafta, 58 Ada ve Parsel 7'nin Oluşturduğu Alanın Zemin Stabilitate Etüdü, Basılmamış Rapor, Ankara.
- ÖZAYDIN, K. 2001, *Zemin Mekaniği*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- TEKAR LİMİTED ŞİRKETİ, 1981, Bağlık Sitesi 60 Evler ve Erdost Yapı Kooperatifi Civarında Oluşan Heyelan İle İlgili Zemin Etüt Raporu, TEKAR Limited Şirketi Basılmamış Rapor, Ankara.
- TEMESGEN, B., MOHAMMED, M. U. ve KORME, T. 2001, "Natural Hazard Assessment Using GIS and Remote Sensing Methods, With Particular Reference to the Landslides in the Wondogenet Area, Ethiopia", *Physics and Chemistry of the Earth* 26: 665-675.
- ÜNSAL N. 2001, *İnşaat Mühendisleri İçin Jeoloji*, Gazi Üniversitesi Yayını, Ankara.
- YERGÖK, A. F., AKMAN, Ü., KESKİN, İ., İPEKÇİ, E., MENGİ, H., KARABALIK, N. N., UMUT, M., ARMAĞAN, F., ERDOĞAN, K., KAYMAKÇI, H. ve ÇETİNKAYA, A. 1987, Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi I, Basılmamış MTA Raporu, Ankara.