

**İÇ EGE (ISPARTA-SENİRKENT) BÖLGESİNDE KİTLE HAREKETLERİNE DUYARLI
ALANLARDA TOPRAK DEGRADASYON RİSKİNİN BELİRLENMESİ VE ZARARLARIN
ÖNLENMESİ İÇİN HASSAS BÖLGELERİN CBS DESTEKLİ MODELLENMESİ VE
HARİTALANMASI**

Dr. Çetin Arcak
Ziraat Yüksek Mühendisi

Dr. Şenay Özden
Ziraat Yüksek Mühendisi

Doç. Dr. Yusuf Kurucu
Ziraat Yüksek Mühendisi

Prof. Dr. Ünal Altınbaş
Ziraat Yüksek Mühendisi

Dr. Mustafa Bolca
Ziraat Yüksek Mühendisi

Tevfik Türk
Ziraat Yüksek Mühendisi

ÖZ

Bu çalışma, ülkemizde kitle hareketlerinden oldukça fazla etkilenen Isparta -Senirkent ilçesinde, olayların nedenlerinin saptanması, yayılım alanları ve kitle hareketlerine hassas bölgelerin belirlenmesi için UA ve CBS destekli bir model oluşturulması ve jeomorfolojik temelli toprak haritalarının kitle hareketi nedeniyle degradasyon çalışmalarında da faydalı kartografik araçlar olarak kullanılabilirliğinin ortaya konulması amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada direkt haritalama metodu ve heuristic teknik uygulanmıştır. Direkt metod büyük ölçüde jeomorfolojik yaklaşım gerektirdiğinden, çalışma alanının yarı detaylı jeopedolojik toprak haritası oluşturulmuştur.

Model teşkil etmek üzere, zarar zonlamasına esas olacak risk faktörlerinin belirlenmesi ve zarar şiddet derecelendirmesi için eğim, ana kaya, arazi örtüsü ve taksonomik toprak grupları sınıflandırılmış ve Geomedia 3.0 ortamında sorgulamaya tabi tutulmuştur. Eğim dominant faktör olarak dikkate alınmış ve eğim-litoloji ve eğim-taksonomik toprak grupları arasındaki ilişkiler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu ilişkisel sorgulama sonucu 5 grup oluşturulmuş ve bu grupların arazi kullanımı ile kesişimi sonucu yeni bir katman elde edilmiştir. Söz konusu 4 durağan faktörün bütün kombinasyonları denenmiş ve 26 uygun kombinasyon elde edilmiştir. Söz konusu 26 kombinasyon dosyası azalan degradasyon hassasiyeti gözetilerek sınıflanmış ve şiddetli, çok hassas , orta derecede hassas, az hassas ve sorunsuz alanlar olmak üzere 5 zon yaratılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Direkt method, heuristic teknik, kitle hareketi, degradasyon, jeopedolojik yaklaşım, model.

ABSTRACT

Among geographic regions apt to land slides is Turkey that is liable to very kind of mass movements. The study aimed at generating a GIS and RS aided model which could be very useful tool in estimating mass movements leading to soil degradation and mapping susceptible zones. Within this context, soil map being created expediently was given special emphasis for their usage in degradation studies related to mass movement and provision efforts.

Direct mapping methodology and Heuristic technique were applied in the study. Since direct method requires in a large part geomorphological approach, following a photo-interpretation based semi-detailed soil survey, a geopedological map of the study area was generated. Resulting mass movement features which were tried to delineate on the map are fans originating from mud flows; stone stripes located in relatively shallow gullies; debris and talus forms accruing from the disintegration and the slump of the rock substratum.

For the purpose of determining hazard severity rating and risk factors, stationary factors such as slope steepness, properties of the rock substratum, land cover formations and taxonomic soil groups were used. Aforementioned factors were subjected to a series of queries in Geomedia 3.0. Slope was considered dominant factor and relations between slope-geology and slope-taxonomic soil groups were set out. After a relational query, five groups were generated. These groups were intersected with land cover producing a new layer for a new query. All possible combinations of the four factors were tried and 26 appropriate combinations were obtained. These files were classified in descending order of susceptibility. Finally hazard severity classes were established as follows; very high, high, moderate, low, non or uncertain.

Key Words: Direct method, heuristic technique, mass movement, degradation, geopedological approach, model.

1.GİRİŞ

Ülkemiz jeolojik kıta hareketlerinin (Epirojenik) ve dağ oluşum (Orojenik) olaylarının meydana geldiği bir bölgede yer almaktadır. Bunun sonucu olarak deprem kuşağı içinde kalmakta, ana materyali örten sedimenter oluşumlar genellikle gevşek ve kohezyonlu formasyonlarla temsil edilmektedir. Söz konusu jeolojik koşulların ve iklimin de etkisi ile ülkemiz aktif ve potansiyel heyelanlardan fazlaca etkilenmektedir (Çetin ve ark.1991).

Doğal afetlerin arasında kitle hareketleri en çok karşılaşılan ve en fazla coğrafik dağılım gösterenidir. Sadece heyelan, diğer doğal afetlerden daha fazla can kaybına, ekonomik zarara neden olabilmekte, karayollarını kaplamakta, tarım alanları (sulama ve drenaj sistemleri, ekili ve dikili alanlar), enerji nakil hatları, haberleşme şebekeleri ve yerleşim alanlarını kullanılamaz duruma getirebilmektedir. Kitle hareketlerini tetikleyen etmenler; volkanik, sismik, iklimik ve antropojenik (doğada yapılan çeşitli amaçlı kazı, patlatma, madencilik vb.) faktörler veya faktörler kombinasyonundan oluşmaktadır.

Ülkemizde değişik türlerde kitle hareketi görülen bölgelerin başında Karadeniz, İç Ege ve Doğu Anadolu bölgeleri gelmektedir. Kitle hareketleri; toprak kayması veya heyelan (Landslide), suyla doymuş toprağın eğim yönünde hareketi (Solifluction ve Mudflow), yer çekimi etkisiyle ve taraça benzeri oluşumlarla ortaya çıkan, toprağın eğim aşağı nisbeten yavaş sünme hareketi (Teracette ve Creep) ve çökme (Slump) gibi karakteristiklerle kendini göstermekte ve tarım arazilerinde zararlara yol açarak önemli ölçüde sedimentin açığa çıkmasına da neden olmaktadır.

Heyelan bölgelerinin coğrafi dağılımı, Ana Kaya-Toprak-Eğim-Arazi Kullanım kombinasyonu tarafından tayin edilmektedir. Bu bağlamda toprak, öncelikle fiziksel ve mekanik özellikleri olmak üzere kitle hareketine duyarlılık derecesini belirlemede önemli rol oynamaktadır. Toprak, sadece kitle hareketi için şartları oluşturan bir faktör olmayıp, aynı zamanda yol açtığı kitle hareketleriyle tahrip olan, korunması gerekli ana doğal kaynaktır. (Lopez ve Zinck 1991).

2. MATERYAL ve METOD

Yarı detaylı olarak yürütülen toprak etüt ve haritalama çalışmasında, belirlenen 13 toprak profili ve bu profillerden horizon esasına göre alınan toprak örnekleri materyal olarak kullanılmıştır. Çalışmada kartografik materyal olarak 1991 yılına ait 1/35 000 ölçekli hava fotoğrafları ve Landsat TM 5 uydu görüntüsünden yararlanılmıştır.

2.1. Araştırma yeri, jeoloji ve topraklar

Araştırma alanı Isparta ili Senirkent, Uluborlu ve Eğirdir hattını içine alan yaklaşık 300 km² alanı kapsamaktadır. Çalışma sahasını oluşturan ana jeolojik formasyonlar Jura ve Kretase yaşlı neritik, pelajik kireç taşları ve mikrobreşler, Paleosen-Eosen filişli serileri, Triyas dolomitleri, Kuvaterner yaşlı genç alüviyal depozitler ve Konglomeratik birimlerle karakterize olmuştur. Bu formasyonlarla uyumlu olarak jeolojik ana özdek üzerinde Typic ve

Vertic Xerofluvent, Typic Xerortent, Typic ve Lithic Xerochrept, Calcic Haploxeralf, Typic Durixerpt ve Lithic Rhodoxeralf, Haploxeroll ve Xerothent'ler oluşmuştur

2.2. İklim

Senirkent ve Uluborlu ilçelerinin bulunduğu Isparta ili, Akdeniz ılıman iklimi ile İç Anadolu karasal iklimi arasındaki geçit bölgesinde yer almaktadır. Bu nedenle bölgede daha çok karasal iklim hüküm sürmektedir (yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı), ancak Torosların güneyindeki çukur yerlerde ılıman akdeniz iklimi (yazlar kurak ve sıcak, kışlar ılık ve yağışlı) görülmektedir. Toroslara doğru yükselti arttıkça bu ılımanlık yerini daha serin ve yağışlı bir ortama bırakır. Bu kısımlarda yıllık ortalama yağış 1250 mm civarındadır. Torosların kuzey yamaçlarından daha içeri doğru yağış gittikçe azalmakta ve 600 mm. civarına düşmektedir. Bölgede genel olarak yağış ve nemlilik, denize yakınlık, yükselti ve engebeliliğe bağlı olarak değişmektedir (Köy Hizmetleri, 1994).

2.3. Metod

Kitle hareketi zarar zonlaması amacıyla Direkt Haritalama Metodu seçilmiş ve Heuristic Teknik uygulanmıştır. Direkt Haritalama Metodu büyük ölçüde jeomorfolojik yaklaşım gerektirdiğinden, çalışma alanının jeopedolojik haritası oluşturulmuştur. Çalışmanın genel değerlendirme aşamasında; tüm araziye kapsayan bir inceleme ve uydu görüntüsü ile hava fotoğraflarının yorumlanması, arazinin jeomorfoloji ve morfodinamizma yönünden değerlendirilmesi ve arazi lejandının geliştirilmesi, ikinci aşamada ise çalışma alanına ait tematik haritaların (eğim, litoloji, jeopedoloji, arazi kullanım) temini veya oluşturulması ve morfodinamik özellikler ile birlikte toprak, topoğrafya gibi karakteristiklerin dikkate alınması suretiyle foto-yorum haritası üzerinde belirlenen örnek alanlardaki detaylı etüt çalışması ile bu alanlardan elde edilen bulguların tüm alana ekstrapolasyonu yer almıştır. Örnek alanları temsil eden tipik profillerde fiziksel, kimyasal, mekanik ve minerolojik analizler yapılmış, çalışmanın değerlendirme kısmında ise modelde kullanılacak girdilerin (tematik haritaların) overlay analizleri ve sorgulamaları yapılarak ve kitle hareketi zarar zonlamasına esas olacak risk faktörleri belirlenmiştir.

Çalışma alanına ait 1/35 000 ölçekli 26 adet pankromatik hava fotoğrafı uydu görüntüsü, jeoloji ve topoğrafik haritalardan yararlanmak suretiyle stereoskop altında yorumlanmış, jeomorfolojik foto-yorum haritası ve lejandı oluşturulmuştur. Foto-yorum haritasında belirlenen örnek alanlarda 13 adet profil, genetik horizon esasında tanımlanarak örneklenmiştir. Yarı detaylı olarak yürütülen bu çalışmada haritalama ünitesi olarak 'arazi şekli' kullanılmıştır.

Toprakların morfolojik özelliklerinin belirlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla toprak profilleri Soil Survey Staff (1975) ve USDA (1998)'e göre incelenmiş ve tanımlanmıştır.

2.3.1. Jeopedolojik yaklaşım:

Kitle hareketleri ile ilgili tahmin ve önlem çalışmalarında kullanılabilecek olan ve model çalışma için gerekli parametrelerin temin edildiği jeopedolojik harita ve lejandın

oluşturulmasında çalışma alanının jeomorfolojisi ön planda tutulmuş ve çalışmada haritalama ünitesi olarak "arazi şekli" kullanılmıştır. Her bir haritalama ünitesini teşkil eden taksonomik toprak kompozisyonları tanımlanmıştır. Uygulanan jeomorfoloji ağırlıklı metodolojide; çalışma alanı önce en geniş ünite olan arazi tiplerine göre ayrılmış (Dağ, Ova, Plato, Piedmont), daha sonra her bir arazi tipi kendi içinde rölyef, litoloji ve en küçük homojen birim olarak da arazi şekillerine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma alanında belirlenen morfolodinamik özellikler de tespit edildiği arazi tipinin, arazi şekli kategorisi içinde değerlendirilmiştir.

2.3.2.Model oluşturma:

Kitle hareketi zarar zonlamasına esas olacak risk faktörlerinin belirlenmesi ve şiddet derecelendirmesi amacıyla durağan faktörler, degradasyon hassasiyeti azalan sıra gözetilerek aşağıdaki şekilde sınıflara ayrılmıştır.

Toprak	Litoloji	Eğim(%)	Arazi kullanım
Typic Xerofluvent (Tfx)	Alüviyal	0-8	Sulu tarım+Bahçe
Typic Haploxeralf (Lh)	Kolüviyal-Alüviyal	8-30	Kuru Tarım
Typic Haploxerept (Th)	Kolüviyal	30-50	Orman
Typic Xerorthent (Tx)	Dolomit	50+	Maki-Funda(Sey.bağ+nadas)
Lithic Xerorthent (Lx)	Konglomera		Zayıf Mera
Lithozolik (Ltz)	Kireç Taşı-filiş		Çıplak Kaya

Toprak hassaslık derecelendirmesinde; her bir arazi şeklinin (haritalama ünitesinin) taksonomik kompozisyonu içindeki ağırlıklı olan toprak grubu seçilmiş ve toprağın pedolojik oluşum süreci ile alt grup özellikleri dikkate alınmıştır.

Litolojik derecelendirmede; jeolojik materyalin degradasyona karşı direnci, yukarıda belirtildiği şekilde azalan sıra dahilinde sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmada, değişik orijinli kireç taşları (pelajik, neritik ve kırmızı kireç taşı) aynı grup içinde toplanmış ve bu formasyon içindeki minör litolojik birimler söz konusu ana formasyonun içinde değerlendirilmiştir.

Eğim gruplarının hassasiyet derecelendirmesinde; diğer ülkelerdeki benzer amaçlı yapılan çalışmalarda kullanılan eğim aralıkları gözetilmiştir.

Arazi kullanım derecelendirmesi için; bölgedeki yaygın kullanım şekilleri Landsat TM 5 uydu görüntüsü yardımıyla belirlenmiş ve bölge koşullarında diğer faktörlerle birlikte vejetasyonun toprağı koruma yeteneği dikkate alınarak sınıflar teşkil edilmiştir. Söz konusu dört parametre için oluşturulan dosyalarda ilişkisel sorgulamalar yapılarak parametrelere göre zarar şiddet derecelendirmesi gerçekleştirilmiş ve kitle hareketi zarar zonları yaratılmıştır.

2.4. Laboratuvar analizleri

Tipik toprak profillerinin fiziksel, kimyasal, mekanik ve minerolojik analizleri ve arazi bulgularının doğrulanması amacıyla her bir profilden alınan toprak örnekleri gölgede

kurutulup 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve analizlere hazırlanmıştır. Söz konusu örneklerin laboratuvar analizlerinden;

Hacım Ağırlığı : Çelik silindirlerle alınan bozulmamış örneklerde Black (1965) 'e göre belirlenmiştir.

Tarla Kapasitesi ve Solma Noktası (%) : 1/3 (4,83 PSİ) ve 15 atmosfer (220 PSİ) basınç altında, basınçlı tabak kullanılarak belirlenmiştir (USDA, 1954).

Yarayışlı Su (%) : Tarla kapasitesindeki % su ile solma noktasındaki % su farkından hesaplanmıştır (Black, 1956).

Na ve K: Amonyum Asetat tuzları ile elde edilen ekstraktının alevli spektrofotometrede okunması sonucu saptanmıştır (Kelley, 1951).

Ca+Mg: Katyon değişim kapasitesinden değişebilir Na ve K iyonlarının çıkarılması ile hesaplanmıştır (Kelley, 1951).

K.D.K. (me/100gr): Alevli spektrofotometre okuması ile Jakson (1967)'e göre belirlenmiştir.

Kil Mineral Tanımlanması: Toz Kırınımı Yöntemiyle Bırak eşitliğinden yararlanılarak JSDXS4 x-ray difraktometresinde belirlenmiştir (Tributh, 1967).

pH : Jakson (1967)'de belirtilen esaslara göre su ile doymun toprakta cam elektrodlu pH metre ile belirlenmiştir.

Toplam Tuz (%) : Su ile doymun toprakta elektriksel direnç ölçülerek saptanmıştır (Soil Survey Staff, 1951).

Kireç (%): Scheibler kalsimetresi ile tayin edilmiştir (Schlichting, 1966).

Tane Büyüklüğü Dağılımı : Hidrometre yöntemine göre yapılmış ve bünye üçgeninden yararlanılmıştır (Black, 1965).

Nem Tayini (%): Nemli toprak örneklerinin 110°C'lik sıcaklıkta kurutulması ve gravimetrik olarak saptanmasıyla belirlenmiştir (USDA, 1954).

Organik Madde (%): Organik karbonun konsantrasyonu bilinen oksidasyon çözeltisi ile oksidasyonu ve bu çözeltideki sarfiyat miktarına göre tayin edilmiştir (Black, 1965).

İskelet Analizi: Toprak örneklerinin 2 mm'lik elekten ıslak eleme yöntemine göre yıkanarak eleğin üst tarafında kalan 2 mm'den büyük fraksiyonun gravimetrik olarak belirlenmesiyle saptanmıştır (Soil Survey Staff, 1951).

Likit Limit (LL) : Casa Granda aleti ile belirlenmiştir (Sower, 1965).

Plastik Limit (PL) : Üç mm çapında çubuk haline getirilen nemli toprağın dağılmaya başaldığı andaki nem içeriğinin ölçülmesiyle belirlenmiştir (Sower, 1965).

Plastiklik İndeksi (PI) : Likit limit ve plastik limit arasındaki sayısal farktan hesaplanmıştır (Bowles, 1970).

Aktivite Tayini: Plastisite indisinin kil yüzdesine oranlamasıyla hesaplanmıştır (Tuncer, 1984)

3.BULGULAR VE TARTIşMA

3.1. Bulgular

Model alışma için gerekli sayısal parametrelerin sağlandığı jeopedolojik harita Geo-Media 3.0 ortamında sayısallaştırılmıştır (şekil 3.1). Diğer kartografik girdilerden; Taksonomik Toprak Gruplarını gösteren harita söz konusu pedolojik haritadan elde edilmiştir Sayısal arazi modeli (SAM), Harita Genel Komutanlığından temin edilen 1/ 25 000 ölçekli sayısal eř yükseklik verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Model için eğim haritası ise jeopedolojik haritadan ekstrakt edilmiştir. Arazi kullanım haritası, 1998 Ağustos ayına ait Landsat 5 TM görüntüsünün 4,5,3 band kombinasyonu kullanılarak oluşturulmuştur.

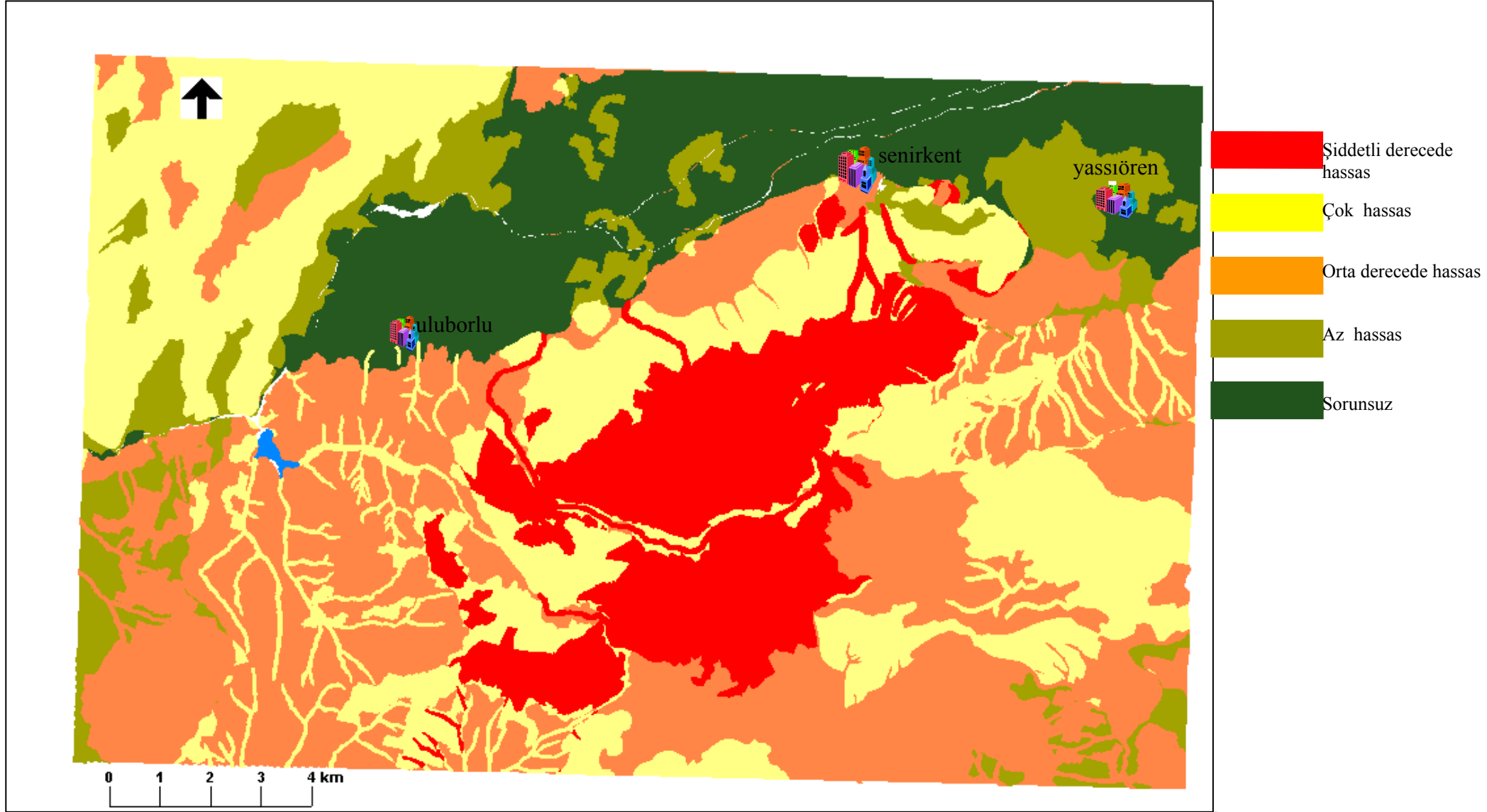
LEJAND						
ARAZİ TİPİ (LAND DSCA PE)	RÖLYEF	LİTOLOJİ	ARAZİ ŞEKLİ (LAND FORM)	TAKSONOMİK TOPRAK KOMPOZİSYONU	EĞİM (%)	SEMBOL
Dağ (Dg)	Escarpment	Dolomit	Cliff	Litozolik-Lithic Xerorthent	50-70	Dg 111
			Debris Talus	Typic Xerorthent	5-15	Dg 112
			Cliff + Talus	Lithic Xerorthent	50-60	Dg 113
	Vales	Dolomit	Gali	Lithozolik	50-60	Dg 211
		Filiş	Gali	Typic Xerorthent	50-60	Dg 221
		Neritik Kireç Taşı	Depresyon	Typic Haploxeralf %30 Lithic Haploxeralf %50 Lithic Rhodoxeralf %20	3-10	Dg 231
	Antiklinal Ridge	Filiş	Cliff + Talus	Lithic Xerorthent	40-50	Dg 311
			Front Side Scarp	Litozolik-Lithic Xerorthent- rock outcrop	50-60	Dg 321
			Back Side Scarp	Lithic Xerorthent	60-70	Dg 322
			Talus	Typic Xerorthent	30-40	Dg 323
			Gali	Lithozolik	50-60	Dg 324
		Neritik Kireç Taşı	Front Side	Litozolik-Lithic Xerorthent- rock outcrop	30-40	Dg 331
			Back Side	Lithic Xerorthent	30-40	Dg 332
			Erosional Surface	Lithic Xerorthent %70 Lithic Haploxeralf %30	10-15	Dg 333
			Gali	Lithozolik	30-35	Dg 334
	Denuded Antiklinal Ridge	Pelajik Kireç Taşı + Kırmızı Mikrit + Silisli Kireç Taşı+ Filiş	Structural Surface	Lithic Xerorthent %80 Lithic Haploxeroll %20	20-30	Dg 411
			Cliff + Talus	Lithic Xerorthent	40-50	Dg 412
			Talus	Typic Xerorthent	30-40	Dg 413
Piedmont (Pi)	Dissected Glacis (Depositional)	Koluviyal (Kır. Mikrit+ Opak Kireç Taşı + Kireç Çamuru + Mikrobreş)	Medial / Frontal	Typic Haploxerept	3-10	Pi 111
	Glacis	Koluviyal (Pelajik Kireç Taşı + Kırmızı Mikrobreş + Kireç Taşı)	Apical	Typic Haploxerept %20 Typic Xerorthent %80	15-20	Pi 211
			Frontal-stone stripe	Typic Xerorthent	30-45	Pi 212
	Glacis Teras	Koluviyal (Filiş)	Tread	Typic Xerorthent %80 Typic Xerochrept %20	3-8	Pi 311
	Birikinti Konisi (Fan)	Kolüvyum+Alüvyum (Pel. Kireç Taşı + Kireç Taşı + Kır. Mikrobreş)	Konveks Eğim	Typic Xerorthent % 60 Lithic Xerorthent % 40	3-8	Pi 411
		Kolüvyum +Alüvyum (Dolomit + Kireç Taşı)	Konveks Eğim (Distal)	Lithic Xerorthent % 70 Typic Xerofluent % 30	3-6	Pi 421
		Kolüvyum+Alüvyum(Filiş+ Kong.+Moloz+Çakıl Taşı+Mikrobreş+ Pel.Kir.Taşı)	Konveks eğim	Typic Xerorthent %70 Typic Durixerept %30	2-4	Pi 431
		Alüvyum +Kolüvyum (Kireç Taşı)	Konveks eğim	Typic Xerorthent	5-10	Pi 441
	Vales	Pelajik Kireç Taşı+ Kırmızı Mikrobreş+ Kireç Taşı	Gali	Lithozolik	30-40	Pi 511
Plato (Pl)	Mesa	Kireç Taşı	Structural Surface	Lithic Xerorthent	20-30	Pl 111
Ova (Ov)	Lower Teras (Alçak Teras)	Alüvyum	Overflow Mantle	Typic Xerofluent	1-3	Ov 111
	Middle Teras (Orta teras)	Alüvyum	Overflow Basin	Calcic Haploxeralf %10 Vertic Xerofluent %20 Typic Xerofluent %70	1-3	Ov 211
Tepe (Tp)	Dissected High Hills (Parçalı yüksek tepeler)	Filiş	Zirve – Sırt Kompleks	Typic Xerorthent	25-35	Tp 111
		Konglomera + Çakıl Taşı + Moloz	Zirve – Sırt Kompleks	Lithic Xerorthent	15-20	Tp 121
	Vales	Filiş	Gali	Typic Xerorthent	20-30	Tp 211
		Konglomera + Çakıl Taşı + Moloz	Gali	Lithozolik	20-30	Tp 221
	Low Hills- Senklinal Vadi	Filiş	Slope-Facet Kompleks	Typic Xerorthent %80 Lithic Haploxeroll %20	8-20	Tp 311

Alana ait Litho-geomorfik üniteleri belirten harita, MTA tarafından üretilen 1/ 25 000 ölçekli jeoloji haritalardan sayısallaştırılmış ve jeopedolojik harita içinde entegre edilerek kullanılmıştır. Foto-yorum ile belirlenen ve arazi çalışmalarıyla mekansal dağılımları kesinleştirilerek haritalanan başlıca kitle hareketleri; çamur akıntıları (Mudflow) ve neticesinde oluşan birikinti konileri; kopma ve çökme (Slump) ve bunun sonucunda meydana gelen debris-talus formları ile eğim aşağı, birbirine paralel düzgün uzun hatlar şeklindeki nispeten sığ galilerde taş ve kaya fragmentlerin toplanmasıyla ortaya çıkan taş şeritleri (Stone stripe) dir. Türkçe olarak tam karşılığı bulunamadığı veya anlamı tam olarak verememesi nedeniyle, Lejand'da kısmen yer yüzü şekillerine ait orjinal terminoloji kullanılmıştır.

Çalışmanın model oluşturma aşamasında; toprak, jeoloji ve eğim verileri bir dosya altında toplanmış ve 3 faktör için tek bir katman oluşturulmuştur. Oluşturulan bu katmanda, kitle hareketine duyarlılık özellikleri dikkate alınarak sorgulamalar yapılmıştır. Söz konusu sorgulamada, eğim dominant faktör olarak göz önünde bulundurulmuş ve jeoloji ile taksonomik toprak gruplarıyla ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkisel sorgulama sonucu 5 grup elde edilmiş ve bu 5 grubun arazi kullanım katmanı ile kesişimi (intersection) sağlanarak, kesişimle elde edilen yeni katmanda tekrar sorgulama gerçekleştirilmiştir. Bu sorgulama ile arazi kullanım şeklinin kitle hareketi zarar derecelendirmesindeki etkisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Dört faktörün (toprak, jeoloji, arazi kullanım ve eğim) olası tüm kombinasyonları denenerek 26 adet uygun kombinasyon elde edilmiş, diğer bir ifade ile 26 adet sorgulama dosyası oluşturulmuştur. Bu sorgulama dosyaları, kendi içinde azalan hassasiyet gözetilerek sınıflandırılmış ve yapılan sorgulama sonunda; şiddetli derecede hassas, çok hassas, orta derecede hassas, az hassas ve sorunsuz alanlar olmak üzere 5 zon yaratılmıştır (Şekil 3.2.).

3.2. Tartışma

Araştırma alanı topraklarının kireç içeren dolomit, filiş, kireçtaşı, alüvyum ve konglomeratik ana özdekler üzerinde olduğundan kireç kapsamları pedon boyunca artan bir dağılım göstermektedir. Söz konusu jeolojik oluşumların fiziksel aşınmaları yoğun olmasına karşın kimyasal başkalaşimleri yavaştır. Diğer taraftan, jeolojik materyalin dikey atımlı konumları, bu birimleri atmosferik etkenlere karşı daha duyarlı bir duruma getirmekte, yağmur ve kar sularının kayaca penetrasyonu, donma-çözülme ve ısınma-soğuma gibi fiziksel ve mekanik proseslerin hızlanmasına neden olmaktadır. Bölgede kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonatlı kalsit ve dolomit minerallerinin yoğunluğu, yıllık ortalama yağışın düşük oluşu ve ayrışma ortamı tepkimesinin (pH) sürekli bazik olması kimyasal ayrışmayı yavaşlatmaktadır. Benzer şekilde, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının yoğunluğu ayrışma ürünleri ile tepkimeye girerek toprak pH'sını durağan olarak 7'nin üstünde tutmaktadır. Çalışma alanındaki jeolojik oluşumların kuvars mineralini içermesi de kimyasal ayrışmanın



Şekil 3.2. Çalışma Alanına Ait Kitle Hareketi Zarar Zon Haritası

hızı üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Kil fraksiyonu toprağın en aktif ögesi olduğundan, fiziksel olarak toprağın davranış biçimine veya dinamizmine doğrudan etki etmektedir. Killer koloidal bir görünüm sergiler ve bu bağlamda kolloidlerle ilgili bütün özellikleri yansıtır. Killer boşluk oranı yüksek, yoğun kohezyonlu, düşük içsel sürtünmeli, plastik, yavaş fakat çok sıkışan özellik sergiler, bu da geçirgenliğin düşmesine neden olur. Killer, dipol yapıdaki su moleküllerinin H^+ ini yüzeylerinde adhezyon kuvvetiyle tutarlar ve sonuçta kil %' lerine bağlı olarak (en yüksek % 43, ortalama % 25 kil dağılımı) su içeriği yoğunlaştıkça hacımsal olarak genişler, toprak plastik ve yapışkan bir özellik kazanır ve dış etkenlere karşı kırılmadan şeklini korumaya çalışır. Su içeriği tarla kapasitesi veya üzerine çıktığında böyle topraklar akıcı (viskoz) duruma geçer ve arazi eğimine bağlı olarak eğimin bitim veya değişim noktalarına doğru hareket ederek taşınır. Başka bir ifadeyle, toprağın içerdiği su ve kendi ağırlığı ona bir ivme kazandırır. Araştırma topraklarının Atterberg limitleri olarak tanımlanan özelliklerinden Likit limit değeri % 32.17-46.73, Plastik limit değeri % 27.81-37.79 ve Plastiklik endeksi % 0.92-8.94, aktiviteleri ise 0.08-0.38 arasında değişim göstermektedir. Likit limit ve plastik limit değerleri oldukça yüksek olup bu özellik doğrudan toprağın mühendislik parametrelerini oluşturan aktif kil minerallerinden kaynaklanmaktadır. Likit limit ve plastik limitlerine bağlı olarak saptanan plastiklik indeksi oldukça düşüktür ve bu durum araştırma topraklarının doğal şişme kapasitesinin düşüklüğünü göstermektedir. Buna koşut olarak da toprağın geçirgenlik kapasitesinin doğal olarak azalmasıdır. Benzer şekilde aktivite değerlerinin düşük oluşu kil minerallerinin niceliği ile minerallerin tipine bağlıdır. Genel olarak, saptanan aktivite verileri kaolinit ve illit killerinin aktivite verilerine benzerlik göstermektedir. Atterberg limitlerinin yüksek olduğu toprak örneklerinde, bu özelliği gösteren kil minerallerinin başat olması yanında, kil minerallerinin levha şeklindeki yapısal özelliği, kristalleşme dereceleri, yüzey alan genişliği, tabakalanma durumları, değişim kompleksindeki değişebilir katyonların cinsi ve içeriği ile humusun killerle oluşturduğu organo-mineral yapının özellikleri doğrudan etkilidir.

Araştırma bölgesinde örneklenen topraklarda, X- ışını difraktogram eğrilerine göre kil minerallerinin ortalama içeriği; % 35.87 illit, %35.23 kaolinit, % 18.21 montmorillonit, % 6.92 vermikulit veya klorit şeklinde dağılım göstermektedir. Bu verilere göre kil minerallerinin dağılımı; illit>kaolinit> montmorillonit> vermikulit veya klorit sırasını izlemektedir. Montmorillonit grubu kil mineralleri, diğer kil tiplerine göre daha küçük çap aralığına sahiptir. Söz konusu mineralin, toprak haritasında Pi 212 ve Pi 211 sembolü haritalama ünitesini temsil eden pedonlarda yaklaşık 80 cm. derinlikte yoğunlaştığı gözlemlendiğinden, toprak matriksinin en küçük tanecik çaplı fraksiyonu olan bu mineralin, mekaniksel olarak aşağı taşındığı ve bu derinlikte toprak kütlelerinin hareketini kolaylaştıracak kayma yüzeylerini oluşturduğu düşünülmektedir. Nitekim, Senirkent yerleşim alanının hemen üst kodunda açılan profilin, C₃ (64-88cm.) ve C₄ (88+cm.) horizonlarında en yüksek LL, PL, PI ve kil aktivite değerleri ile montmorillonit dağılımı elde edilmiştir. İllit ve kaolinit grubu kil minerallerinin profilde heterojen bir dağılımı gözlenmesine rağmen, bazı derinliklerde kil transferi söz konusudur ve bu kısımlarda bir

pedotranslokasyon' dan söz edilebilir. Benzer şekilde, toprağın mekanik veya mühendislik parametresi olarak kabul edilen atterberg limit değerlerinin yüksek olması, montmorillonit kil mineralinin yüzey alan genişliği ve kristalleşme derecesinin oldukça yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Aktivite verileri ise % 35 civarında bir oran ifade eden ve toplam kil mineral tipinin % 71 'ini oluşturan kaolinit ve illit minerallerinin bir özelliği olarak yansımaktadır. Söz konusu illit minerali genel olarak potasyumlu primer minerallerin ayrışma ürünleri şeklinde ortaya çıkarken, kaolinit sedimenter orijinli arazinin birikim sürecinde taşınmıştır. Kil minerallerinin kristalleşme dereceleri vermikulit-klorit hariç tutulursa, oldukça iyi olup keskin pik'ler göstermiştir.

Çalışma alanını oluşturan arazilerin eğimli oluşu doğal aşınımı artırırken, bölgenin kurak-yarı kurak iklimik özelliği de toprak oluşumunu olumsuz yönde etkilemekte ve sonuçta nisbeten sıg bir solum tabakası (en fazla 53cm) ve yüzey horizonu (8cm) ortaya çıkmaktadır. Tarla kapasitesi en yüksek Pi 211 ünitesini temsil eden S2 simgeli profilin B₂₂ horizonunda saptanmış olup, bu durum horizontdaki kil %'si yanında, üç tabakalı kristal üniteye sahip olan ve montmorillonit gibi genişleyen yapı özelliği gösteren vermikulit kil mineralinin yoğun olduğunu göstermektedir. Buna bağlı olarak da tarla kapasitesi ve solma noktası yüksek olarak belirlenmiştir. Toprak örneklerindeki toplam porozite ve KDK değerleri kil miktarına bağlı olarak artış göstermekte ve en yüksek KDK değeri S1 simgeli profilin AC horizonunda (22.81 me/100gr), porozite ise S2 numaralı profilin yüzey horizonunda (% 49.81) tesbit edilmiştir. Toprağın özgül ağırlığı, içerdiği organik madde ile primer ve sekonder minerallerin (humus ve ortoklas, plajioloklas, kalsit ve kil mineralleri) kapsamına bağlı olarak 2.29-2.80 g/cm³ arasında değişim gösterir. Analiz edilen toprak örneklerinde bu değerler 2.50-2.70 g/cm³ arasında belirlenmiştir. S1 simgeli profilde %13.25-25.88 arasında saptanan % nem içeriği hariç tutulursa, diğer altı pedonda iskelet yoğunluğu nedeniyle nem %'si düşük bulunmuştur.

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz dünyada en fazla kitle hareketine maruz kalan bölgeler arasındadır. Bu nedenle, çalışmada izlenen metodoloji ile; a) kitle hareketleri ile ilgili çalışmalarda jeomorfolojik yaklaşımın, b) diğer bölgelerde uygulanabilir bir modelin, toprak faktörünü de dikkate alarak oluşturulmasının önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Araştırma birbirinden bağımsız olmamakla birlikte a) jeomorfolojik yaklaşımı gözetken jeopedolojik harita ve lejand b) model oluşturma, şeklinde iki ayrı kısım olarak düşünülebilir.

Çalışmada ortaya konulmak istenen model, kitle hareketi tipini gözetmeksizin, potansiyel faktörleri; eğim, jeoloji, arazi kullanım ve toprak özelliklerini dikkate alarak risk altındaki hassas zonları ortaya koymaktadır. Durağan faktörler olarak tanımlanan söz konusu unsurları aktive eden etmenler tektonik, volkanik, antropojenik ve iklimik olaylar olarak sınıflandırılmaktadır. Çalışma alanında ise kitle hareketlerini tetikleyen etmen iklimin yağış ögesidir. Senirkent'te 1996 yılında meydana gelen ve çok büyük can ve mal kaybına neden

olan çamur akıntısı (mudflow), sıcaklığın mevsim normallerinin çok üstünde seyrettiği 18 Temmuz günü, gller bölgesindeki aşıı buharlaşma ile ısınan nemli havanın atmosferi doygun hale getirmesi ve ani soğuması sonucu, 17.20-19.42 saatleri arasında Senirkent zerine 27.8mm, Kapı dağına ise 60mm olmak üzere düşen çok ekstrem yağış neticesinde gerçekleşmiştir.

Kitle hareketleri diğer bazı dođa olayları gibi yer yüzünün yeniden şekillenmesinde rol oynamaktadır. Jeopedolojik yaklaşıım, kitle hareketlerinin etkisiyle oluşan yer yüzü şekillerini de haritalama imkanı verdiğinden, oluşan kitle hareketi tipinin de anlaşıłmasına olanak sağlamaktadır (şekil 4.1.). Nitekim, alışma alanına ait jeopedolojik haritada kitle hareketleri ile şekillenen arazi formları: Çamur akıntıları ile vcoda gelen birikinti konileri, nispeten dar galilerde kaya ve yamaç molozu malzemenin yer çekimi ile sürüklenip yuvalanması ile oluşan tař şeritleri ve çökme ve kopmalar sonucu meydana gelen debris ve talus formları olarak gösterilmiştir. Diđer taraftan, zemine ait fiziksel, kimyasal, mekanik ve minerolojik analizlerle desteklenen bu tür bir yaklaşıımın, olayların nedeninin anlaşıłmasında, yorumlanmasında ve müstakbel kitle hareketlerinin tahminlerinde yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Söz konusu edilen bu iki kısım çalışma, farklı perspektiflerden ele alındığında; a)her biri ayrı, b)birbirini kalibre eden, c)birbirini tamamlayacak şekilde değerlendirilebilen, nitelikte olduğu söylenbilir. Son belirtilen ifade (c) erevesinde olay ele alındığında; model, Senirkent zerindeki arazilerin orta derecede hassas zon içinde kalmasına rağmen, yerleşim birimini tehdit eden unsurun daha st kotlardaki şiddetli derecede hassas gali ve zirvelerden geldiği yorumunun yapılmasına imkan vermektedir. Jeopedolojik harita ve analiz değerleri ise, Senirkent civarındaki orta derecede hassas alanlarda 80 cm'den sonra montmorillonit tipi kil birikimi bulunduğuna ve bu alandaki toprakların yüksek PL ve LL değerlerine sahip olduğuna işaret ederek yağış ve galilerle taşınan su yüküne ve arazinin eğimine bağlı olarak zemindeki doğal su içeriğinin plastik limite (PL) ulaşması halinde kayma, likit limite (LL) erişmesi durumunda ise akma olaylarının başlaması için uygun şartların mevcudiyetine dikkat çekmektedir (Tarhan, 1991).

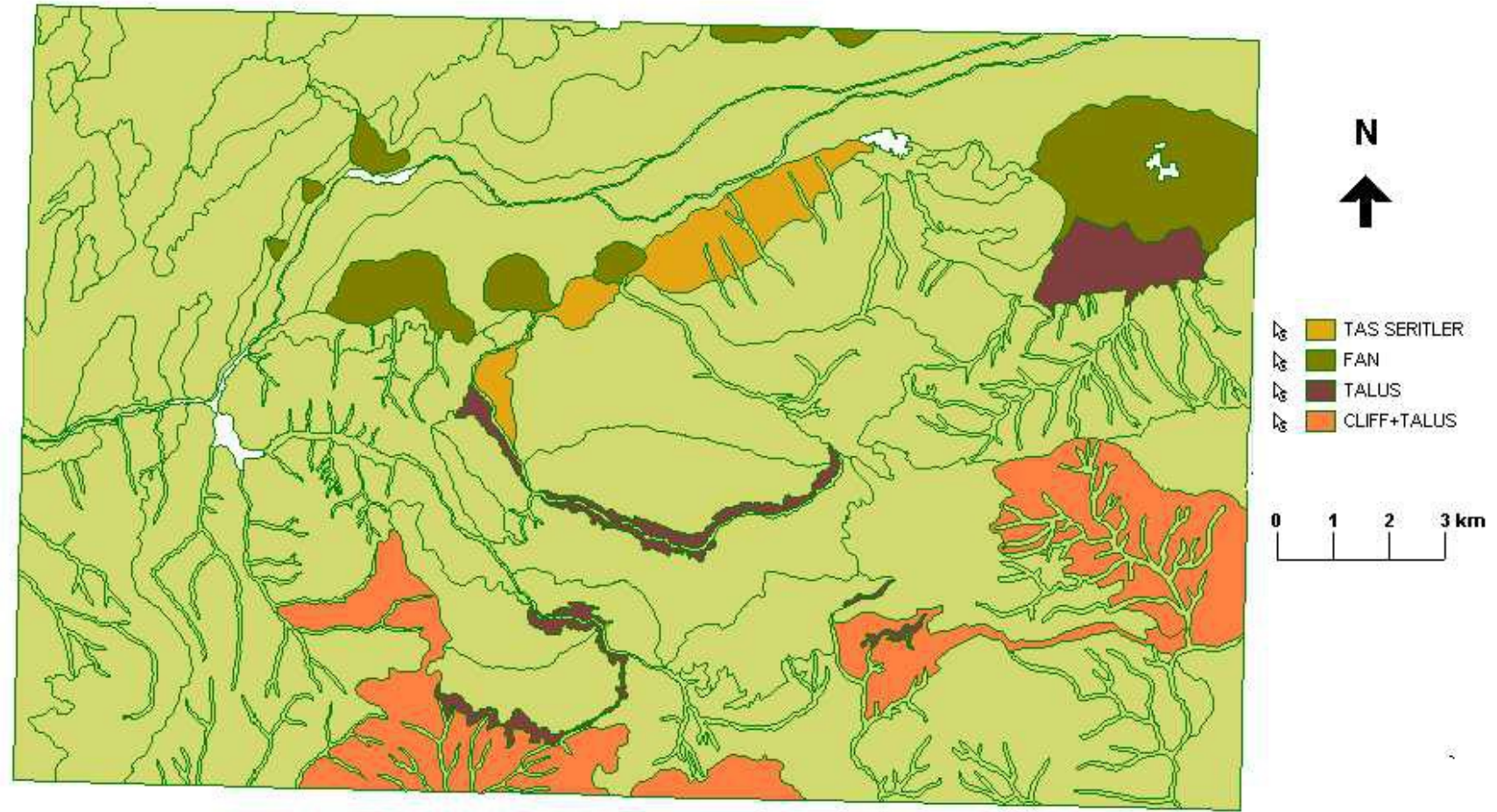
Yukarıda ifade edilen kitle hareketlerinin etkisini azaltmak amacıyla Senirkent zerindeki ana galide planlanan enerji kırıcı şutlarla birlikte yerleşim birimlerinin üzerine isabet etmeyen ancak, tarım alanlarına zarar veren benzer arazi şekillerinde de aynı önlemlere ilave olarak diğer tedbirlerin alınması (şev stabilitesini sağlayan mühendislik ve agronomik önlemler) ve bölgede ağlandırma çalışmalarına önem verilmesi gerekmektedir.

5.KAYNAKLAR

- AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ. 1995. Senirkent Çamur Çıgı Etüt Raporu, Geçici İskan Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ. 1996. Senirkent Çamur Çıgı Etüt Raporu II, Geçici İskan Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- BLACK, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part 1-2, American Soc. Agro., Inc., Publisher Madison. Wisconsin. USA.
- BOUYOUCOS, G.J., 1962. Hydrometer Method Improved For Making Particle Size Analysis of Soil. Agri. Jour.54.
- BOWLES, J.E. 1970. Engineering Properties of Soils and Their Measurement. Mc Graw-Hill Book Company. New York.
- ÇETİN, F., ULUKAN, B., AKSOY, S., 1991. Karayollarında Şev Kaymaları ve Önlemler, Türkiye 1. Ulusal Heyelan Sempozyumu, Sayfa 72, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- JACKSON, M.L.1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- KELLEY, W.P. 1951. Alkaline Soils. Their Formation, Properties and Reclamation. Reinhold Publishing Corporation, New York. USA.
- KÖY HİZMETLERİ GN.MD. 1994. Isparta İli Arazi Varlığı, İl Rapor No: 32. Başbakanlık Köy Hiz. Gn. Md. Etüt ve Proje Dairesi. Ankara.
- LOPEZ, J. H., and ZINCK, A.J. 1991. GIS-Assisted Modelling Of Soil induced Mass Movement Hazards, A Case Study Of The Upper Coello River Basin, Tolima, Colombia. ITC Journal pp 202-220. The Netherlands.
- SCHLICHTING. E., H.P. BLUME. 1966. Bodenkundliches Practicum. Verlag Paul Parey. Hamburg.
- SOIL SURVEY STAFF. 1951. Soil Survey Manuel. U.S. Department of Agriculture. Handbook, No: 18, U.S. Government Printing Office, Washington.
- SOIL SURVEY STAFF. 1975. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Soil Cons. Service. U.S. Department of Agriculture. Handbook. No: 436.
- SOWER, G.T. 1965. Consistency In C.A. Black (ed). Methods of Soil Analysis Part1. Agronomy 9.
- TARHAN, F. 1991. Doğu Karadeniz Bölgesi Heyelanlarına Genel Bir Bakış. Türkiye 1. Ulusal Heyelan Sempozyumu. Sayfa 38, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- TRIBUTH, H., 1967. Die Bedeutung der Erweiterten Ton Fraktionierung Für die Genauere Kennzeichnung des Mineralbestandes und Seiner Eigenschaften. Aus dem Institut Für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus Liebig-Universität, Giessen, S. 32-34.
- TUNCER, E. R. 1984. Kil Minerallerinin Mühendislikteki Yeri. II. Ulusal Kil Sempozyumu Bildirileri, Çukurova Üniversitesi, Adana.

USDA. 1954. U.S. Salinity Lab. Staff. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. U.S. Dept. of Agriculture. Handbook, No: 60, P-107.

USDA. 1998. Keys to Soil Taxonomy. U.S. Department of Agriculture. Natural Resources Cons. Service. Eight Edition.



Şekil 4.1. Çalışma alanında belirlenen kitle hareketi tipleri