



COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHS) KULLANILARAK ANTAKYA (HATAY) ŞEHİRİNDE KÜTLE HAREKETLERİ DUYARLILIĞININ DEĞERLENDİRMESİ

The Mass Movement Vulnerability Evaluation of Antakya (Hatay) City through Geographic Information Systems (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP)

Emre ÖZŞAHİN

*Namık Kemal Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü
ozsahine@hotmail.com*

Abstract

The commonly encountered forms of mass movements, which are classified in various ways, in the world and in Turkey are landslides and rock falls. Various methods have been developed for the vulnerability evaluation of these kinds of movements. Among these methods, the most frequently used ones are the models involving the Analytic Hierarchy Process (AHP) method based on Geographic Information Systems (GIS). This study aimed at evaluating the mass movement vulnerability of Antakya city via GIS and AHP. The significance of the study was that it was conducted within the borders of a densely-populated urban area where 10.423 people lived per square kilometer. The study made use of many data of various kinds obtained from different institutions. The ArcGIS/ArcMap 10.3 package, GIS software, was used for creating factor maps and making image analyses in the present study. A vulnerability map for the mass movements of Antakya city was obtained, and points vulnerable to mass movements in the urban area were determined. It was concluded that there was a low potential for mass movement formation in Antakya city. It was realized that 41% of the urban area had low (35%) and very low (6%) mass movement vulnerability. Those sites with low and very low vulnerability were observed along terraces, where there was low sloping, in the western side of the Asi River in the urban area. However, it should be noted that these sites are also under the risk of flood, overflow, and earthquake. Thus, necessary plans should be made according to the multi-risk map of the city by taking into consideration all possible natural disasters. Carried out by use of GIS based AHP method, the present study provided results consistent with the previous research findings. Thus, the study may be repeated in similar areas.

Keywords: Mass movements, Geographic Information Systems (GIS), Analytic Hierarchy Process (AHP), Vulnerability map, Antakya city (Hatay).

Öz

Çeşitli şekillerde sınıflandırılan kütle hareketlerinin hem Dünya’da, hem de Türkiye’de yaygın olarak görülenleri heyelanlar ve kaya düşmeleridir. Bu tür hareketlerin duyarlılık değerlendirmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar içerisinde en yaygın kullanılanı, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri)’ye dayalı AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemini içeren modellerdir. Bu çalışmada CBS ve AHS

kullanılarak Antakya şehri örneğinde kütle hareketleri duyarlılık değerlendirmesinin yapılması amaçlanmıştır. Bu çalışma, kilometre kareye 10.423 kişinin düştüğü yoğun nüfuslu şehrsel bir alanın sınırları dâhilinde gerçekleştirildiği için önemlidir. Çalışmada materyal olarak farklı kurumlardan alınan çeşitli türdeki birçok veriden yararlanılmıştır. Çalışmadaki faktör haritalarının üretilmesinde ve görüntü analizlerinde CBS yazılımlarından ArcGIS/ArcMap 10.3 paket programı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Antakya şehrinin kütle hareketleri duyarlılık haritası elde edilmiş ve şehir alanındaki kütle hareketlerine hassas noktalar belirlenmiştir. Bu çalışma, Antakya şehrinde kütle hareketleri oluşma potansiyelinin düşük olduğunu göstermiştir. Şehrin % 41'inin düşük (% 35) ve çok düşük (% 6) kütle hareketleri duyarlılığı altında olduğu tespit edilmiştir. Bu sahalar şehrsel alandaki Asi Nehrinin batı kıyısında eğim değerlerinin azaldığı taraça yüzeylerine tekabül etmektedir. Ancak bu alanlarında sel ve taşkın olmak üzere deprem riski altında olduğu da unutulmamalıdır. Bu nedenle yapılacak planlamaların, ilgili bütün doğal afetlerin etkisi göz önüne alınarak üretilen multirisik haritasına göre yapılması gerekmektedir. CBS'ye dayalı AHS yöntemleri kullanılarak yapılan bu çalışmanın daha öncesinde elde edilen bulgularla tutarlı sonuçlar gösterdiği için benzer alanlarda da uygulanabilir olması bakımından tercih edilebileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kütle hareketleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Duyarlılık haritası, Antakya şehri (HATAY).

GİRİŞ

Çeşitli şekillerde sınıflandırılan kütle hareketlerinin gerek Dünya'da gerekse Türkiye'de en yaygın olarak görülenleri, heyelanlar ve kaya düşmeleridir. Hem heyelanlar, hem de kaya düşmeleri neden oldukları can ve mal kaybının yanında insan etkinliklerine de zarar veren çok yaygın jeolojik risklerden birisidir (Özşahin, 2013a). Nitekim Türkiye Ulusal Afet Arşivi (TUAA)'nden alınan verilere göre, Türkiye'de 1970-2012 yılları arasındaki 32 yıllık süre içerisinde 320 kaya düşmesi ve 987 heyelan olmak üzere toplam 1307 kütle hareketi resmi kayıt altına alınmıştır. Bu nedenle tüm doğal afetler içerisinde yaklaşık % 18 paya sahip olan kütle hareketleri, depremlerden sonra ikinci en önemli doğal afet olarak görülmektedir (İldır, 1995). Bütün bu istatistik veriler, Türkiye açısından kütle hareketlerinin önemini oldukça açık bir şekilde göstermektedir (Özşahin, 2013b). Ancak ne yazık ki Türkiye'de kütle hareketleri bakımından duyarlılık arz eden sahaların tespitine ve duyarlılık analizine yönelik çalışmalar henüz tam anlamıyla ortaya konulmuş değildir. Oysa meydana gelebilecek kütle hareketlerinde zararların en asgari düzeyde kalabilmesi için bir takım önlemlerin alınması kaçınılmazdır. Bunların en önceliklisi ise kütle hareketleri bakımından duyarlı olan sahaların tespit edilmesi gelmektedir (Ekinci vd., 2010).

Dünya genelinde kütle hareketleri duyarlılık değerlendirmesi için çeşitli yöntemler

kullanılmaktadır (Das vd., 2013). Bu yöntemler değişkenli istatistiksel teknikler, bilgi tabanlı yapay zekâ uygulamaları, iki değişkenli istatistiksel teknikler ve indeks haritalarının bileşimidir. Bilhassa ilgili yöntemlerden indeks haritalarının bileşimi kütle hareketleri duyarlılık haritalarının üretiminde çok önemlidir. Bu yöntem son yıllarda CBS tekniklerine dayalı yaklaşımlarla uygulanmaktadır (Bhatt vd., 2013). Söz konusu yaklaşımlardan en çok tercih edileni ise AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemini içeren modellerdir. Esmali ve Ahmadi (2003) Germichay havzası (İran), Maryam vd. (2009) Karaj Barajı havzası (İran), Hatamifar vd. (2012) Khoram Abad şehri (İran), İlanloo (2012) Varenge Roud havzası (İran) ve Ebrahimi vd. (2013) Karaj-Chalus yolu ve çevresi (İran) dâhilinde AHS yöntemiyle kütle hareketleri duyarlılık değerlendirmesi yapmışlardır.

Bu çalışmada CBS ve AHS kullanılarak Antakya şehri örneğinde kütle hareketleri duyarlılık değerlendirmesinin yapılması amaçlanmıştır. Çalışma amacı kapsamında; "*Antakya şehrinde kütle hareketlerinin oluşumunda rol oynayan temel parametreler hangileridir? Şehrsel alanın kütle hareketleri açısından duyarlılığı nasıldır? Kütle hareketleri açısından en riskli alanlar nereleridir?*" şeklindeki araştırma sorularına yanıtlar aranmıştır. Çalışma sonucunda Antakya şehrinin kütle hareketleri duyarlılık haritası elde edilmiş ve şehir alanındaki kütle hareketleri açısından hassas noktalar belirlenmiştir. Bu

çalışma, 2014 TÜİK ADNKS (Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi) verilerine göre 223.047 kişi nüfusu olan ve kilometre kareye 10.423 kişinin düştüğü yoğun nüfuslu şehrsel bir alanın sınırları dâhilinde gerçekleştirildiği için önemlidir. Buna mukabil günümüzde 6360 sayılı yasayla 2014 yılı Mart ayından itibaren büyükşehir statüsü kapsamına giren Hatay'da yaşanan idari statü değişikliği sebebiyle yapılacak planlamalara da destek olması bakımından önem taşır. Diğer yandan bu çalışma, hazırlandığı esnada Antakya şehrine dâhil olan yeni mahallelere ilişkin sınır verisi elde edilemediği için daha önceki (2013) mahalle sınırları kapsamında gerçekleştirilmiştir (Tablo 1). Nitekim ilgili sebepten dolayı daha öncesinde Antakya şehrine ait olan bazı mahalleler, büyükşehir belediyesi yasasının uygulamasıyla Defne ilçesine bağlanmıştır (Tablo 1).

ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı, Doğu Akdeniz havzasında, Türkiye'nin güneyinde 36° 05' 22.503" – 36° 10' 39.342" doğu boylamları ile 36° 15' 42.553" – 36° 10' 29.71" kuzey enlemleri arasında yer alan Antakya şehridir. Şehir alanı mücavir alan sınırı dâhil olmak üzere 21.4 km²'dir (Şekil 1).

Türkiye'de doğal afetler nedeniyle tehlike riski altında bulunan şehirlerden birisi de Antakya'dır (Özşahin ve Kaymaz, 2013a; 2013b). Antakya şehri kuruluşundan günümüze kadar çeşitli doğal afetlerin etkisine maruz kalmıştır. Bu doğal afetler; sel ve taşkın, deprem ve kütle hareketleridir (Özşahin, 2010; Özşahin ve Kaymaz, 2015).

Antakya şehrini etkileyen kütle hareketleri; heyelanlar ve kaya düşmeleri olmak üzere iki grupta incelenmektedir (Özşahin, 2010). Şehir alanında kütle hareketleri en fazla Nacar (Habibineccar) Dağı'nın graben tabanına doğru olan yamaçlarında özellikle de Miyosen ve Kretase'ye ait birimlerin bulunduğu sahalarda yaygın olarak görülmektedir. Çalışma alanında özellikle heyelanlar daha çok kumtaşı, kiltası, marn ardalanmalı formasyonların oluşturduğu kırıntılılar ve karbonatların bulunduğu alanlarda (Şekil 2) ve bu formasyonların diğer formasyonlarla dokanaklarının yakınında gözlenmektedir (Ateş

vd., 2004). Zemin özelliklerinin yanında yerel tektonik özellikler ve depremsellik de kütle hareketlerinin oluşumunda etkili olmaktadır (Korkmaz, 2006). Şehir tarihi boyunca meydana gelen birçok deprem sonucunda çeşitli boyut ve türde kütle hareketleri yaşanmıştır (Ateş vd., 2004). Ayrıca Nacar Dağı'nın üzerinde bulunan taş ocakları da özellikle kaya düşmesi türünden hareketleri tetiklemektedir. Bu işletmelerde malzeme sağlamak için kullanılan patlayıcıların sebep olduğu sarsıntılar ve yoğun malzeme alımından kaynaklanan yamaç duyarlılığının bozulması gibi olaylarda, şehir alanını etkileyen kütle hareketlerinin oluşumuna öncülük etmektedir. Nitekim 2008 yılında Nacar Dağı'ndaki taş ocağı işletmelerinin etkisiyle yaşanan kaya düşmesi (Şekil 3), St. Pierre Kilisesi'nin bulunduğu alanda can kaybına yol açmış ve tarihi açıdan çok önemli olan bu kilisenin bir süre ziyarete kapanmasına neden olmuştur. Ayrıca mağara kilisesi olan bu yapının duvarlarında çatlakların oluşumuna da sebebiyet vermiştir (Özşahin, 2010).

MATERYAL VE METOT

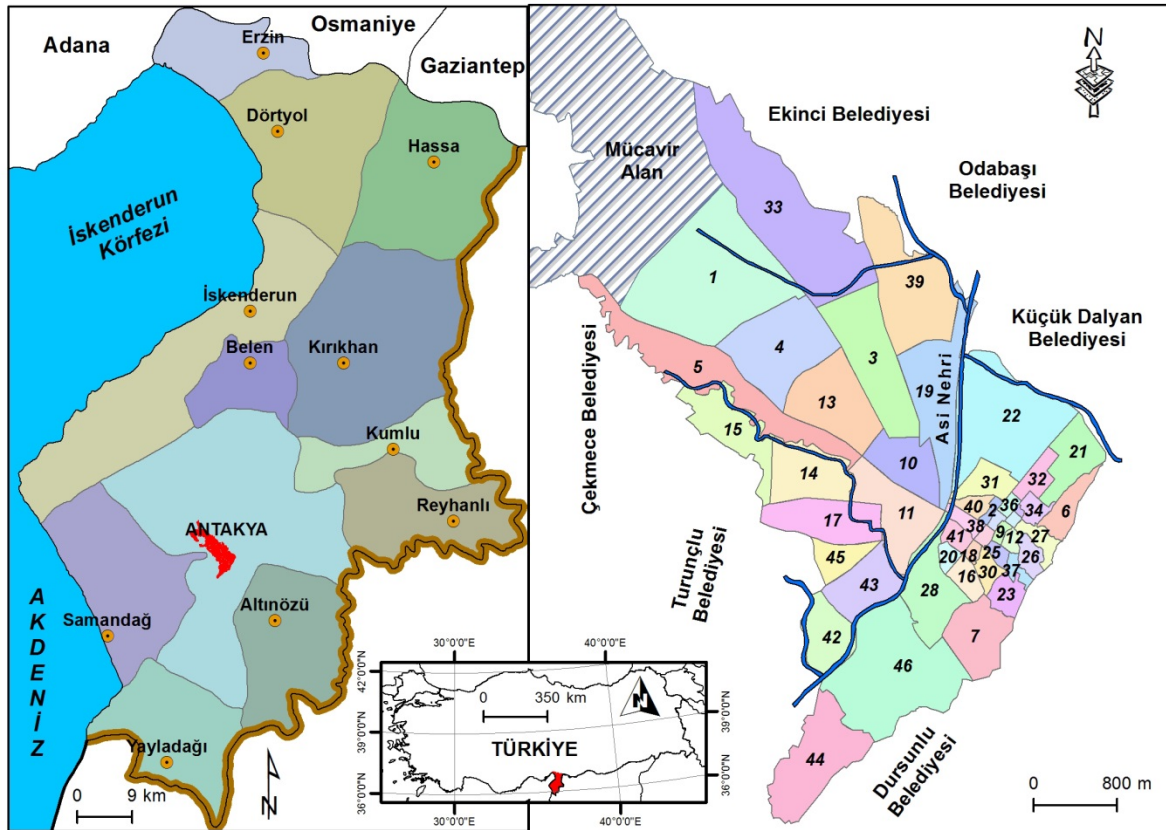
Materyal

Kütle hareketlerine neden olan birçok faktör bulunur. Bu faktörlerin daha doğru bir şekilde tespit edilip, değerlendirilebilmesi için arazi çalışmalarıyla toplanan verilere ihtiyaç vardır (Yalcin, 2008). Bu çalışmada değerlendirilen faktörler, hem envanter çalışmalardan (Duman vd., 2009; Özşahin, 2013c), hem de arazi çalışmaları ile toplanan yersel veriler ışığında saptanmıştır. Bu faktörler, litoloji, fay hatlarına uzaklık, yerçekilleri, eğim, eğim şekli, topografik nemlilik indeksi, bakı, yağış, akarsulara uzaklık, toprak, arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AKAÖ)'dür. Bu faktörlere ait haritaların oluşturulmasında çeşitli kaynaklardan elde edilen farklı veri tiplerinden yararlanılmıştır. Faktör haritalarının oluşturulmasında temel altlık olarak 1/25.000 ölçek oranı esas alınmıştır. Çünkü şehrsel alanlarda başarılı duyarlılık haritalarının elde edilebilmesi için, bu detayda veya daha büyük bir ölçeğin kullanılması uygundur (Cascini vd., 2005). Bunun için topografya haritalarından eğim, eğim şekli, topografik nemlilik indeksi, bakı ve

Tablo 1. Antakya şehrinin mahalleleri ve mahalle nüfusları (2014)*Table 1.* District populations and district of Antakya city

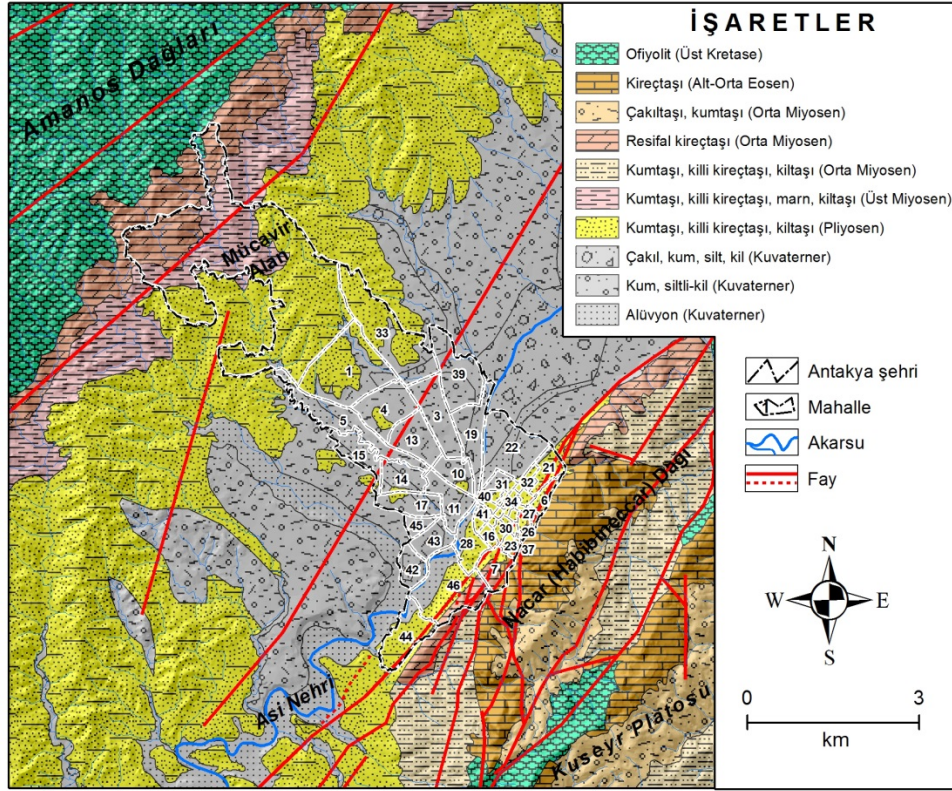
ANTAKYA İLÇESİ						DEFNE İLÇESİ					
No	Mahalle Adı	Nüfus	No	Mahalle Adı	Nüfus	No	Mahalle Adı	Nüfus	No	Mahalle Adı	Nüfus
1	Akasya	24.963	13	Emek	11.023	25	Kantara	964	35	Şehitler	629
2	Akbaba	169	14	Esenlik	9.734	26	Karaali Bölüğü	1.919	36	Şeyhali	742
3	Akevler	14.259	15	Esentepe	6.488	27	Kardeşler	1.585	37	Şirince	1.335
4	Aksaray	9.681	16	Fevzi Çakmak	1.296	28	Kışla Saray	5.360	38	Ulucamii	741
5	Altınçay	9.333	17	Gazi	8.537	29	Kocaabdi	349	39	Ürgen Paşa	17.286
6	Aydınlıkevler	2.297	18	Gazi Paşa	514	30	Kuyulu	1.488	40	Yeni Camii	163
7	Bağrıyanık	3.980	19	General Şükrü Kanatlı	9.207	31	Meydan	887	41	Zenginler	884
8	Barbaros	482	20	Güllü Bahçe	450	32	Orhanlı	1.431	42	Akdeniz	3.417
9	Biniciler	620	21	Hacı Ömer Alpagot	6.520	33	Saraykent	12.457	43	Armutlu	8.461
10	Cebrail	10.492	22	Haraparası	473	34	Sofular	932	44	Aşağıokçular	4.314
11	Cumhuriyet	7.404	23	Havuzlar	1.263		Toplam	27.372	45	Elektrik	4.922
12	Dutdibi	866	24	İplik Pazarı	461				46	Sümerler	12.269
	Toplam	84.546		Toplam	55.966					Toplam	55.163
GENEL TOPLAM						223.047					

Kaynak: TÜİK ADNKS, 2014



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası (Mahalle adları için Tablo 1'e bakınız)

Figure 1. Location map of study area



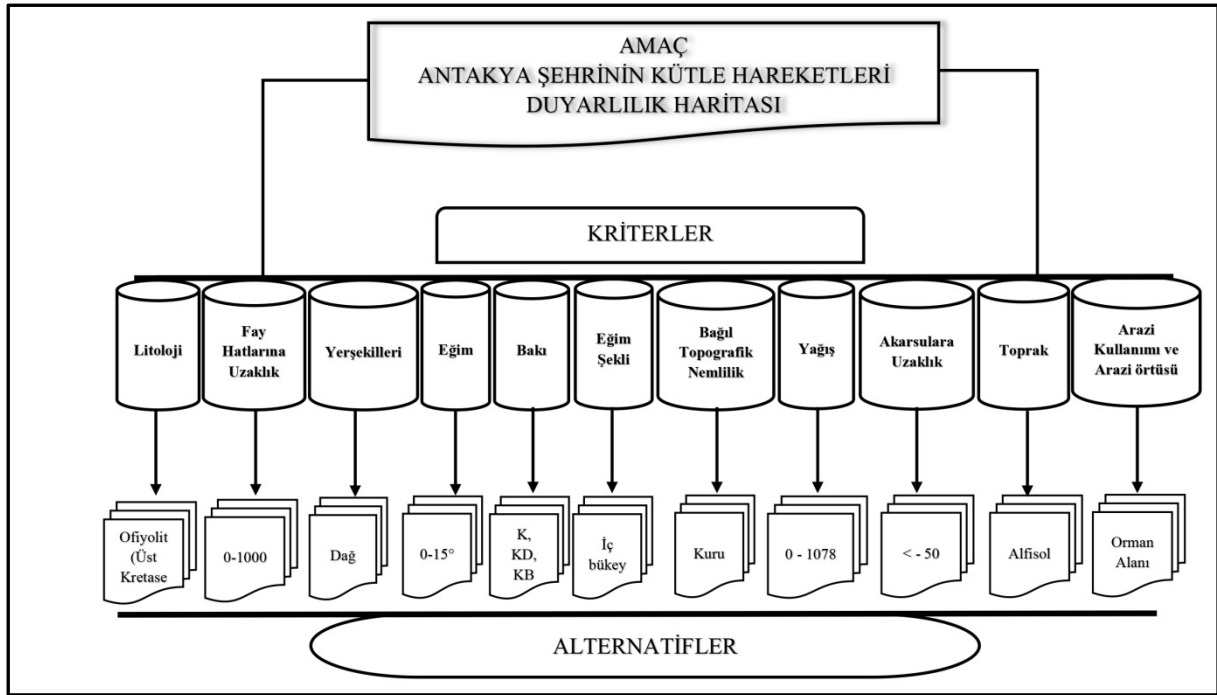
Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Ateş vd., 2004 ve Herece, 2008'den değiştirilerek)
Figure 2. Geology map of study area (Changed from Ateş et al., 2004 and Herece, 2008)



Şekil 3. Çalışma alanında meydana gelmiş kütle hareketi (2008 yılında meydana gelen kaya düşmesi)
Figure 3. A mass movement that occurred in the study area (Rockfall occurred in 2008)

akarsulara uzaklık faktörleri, Ateş vd. (2004)'den litoloji ve fay hatlarına uzaklık, Özşahin (2010) yerçekimleri ve T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'ndan da toprak ile arazi kullanımı ve arazi örtüsü faktörlerine ait haritalar elde edilmiştir. Yağış faktörü ise T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel

Müdürlüğü'nden tedarik edilen yağış istatistiklerinin jeostatistiksel olarak düzenlenmesiyle oluşturulmuştur. Çalışmadaki faktör haritalarının üretilmesinde ve görüntü analizlerinde ArcGIS 10.3 CBS yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 4. Çalışmanın Analitik Hiyerarşi Süreci aşamaları
Figure 4. The stages of Analytic Hierarchy Process of this study

Tablo 2. Önem ölçeği (Saaty 1980; 2008)

Table 2. Scale of Importance

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit önem
3	Orta derecede önemli olması
5	Kuvvetli düzeyde önemli
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli
9	Son derece önemli
2, 4, 6, 8	İki faaliyet arasında kalan ara değerler

Tablo 3. Ölçek katsayıları belirlenen kriterler ve yüzde önem ağırlıkları
Table 3. Scale coefficients specified criteria and percentage the importance weights

Kriterler	Ağırlık (%)	Alternatifler	Ağırlık (%)
Litoloji	0.311	Ofiyolit (Üst Kretase)	0.051
		Kireçtaşı (Alt-Orta Eosen)	0.093
		Çakıltası, kumtaşı (Orta Miyosen)	0.332
		Resifal kireçtaşı (Orta Miyosen)	0.051
		Kumtaşı, killi kireçtaşı, kıltaşı (Orta Miyosen)	0.022
		Kumtaşı, killi kireçtaşı, marn, kıltaşı (Üst Miyosen)	0.022
		Kumtaşı, killi kireçtaşı, kıltaşı (Pliyosen)	0.022
		Çakıl, kum, silt, kil (Kuvaterner)	0.235
		Kum, siltli-kil (Kuvaterner)	0.235
		Alüvyon (Kuvaterner)	0.235
Fay hatlarına uzaklık (m)	0.033	0-1000	0.069
		1000.01 - 2000	0.112
		2000.01 - 3000	0.225
		3000.01 - >	0.593
Yerçekilleri	0.058	Dağ	0.059
		Plato	0.104
		Ova	0.456
		Yamaç	0.036
		Taraça	0.196
		Birikinti yelpazesi	0.057
		Yamaç döküntüsü	0.057
Heyelan	0.036		
Eğim (Derece)	0.193	0-15°	0.556
		15-25°	0.219
		25-35°	0.112
		35-45°	0.064
		45°->	0.049
Bakı (Yönler)	0.034	K (K, KD, KB)	0.048
		G (G, GD, GB)	0.218
		D	0.112
		B	0.068
		Düz	0.555
Eğim şekli	0.082	İç bükey	0.234
		Düz	0.650
		Dış bükey	0.116
Bağıl Topografik nemlilik	0.034	Kuru	0.650
		Nemli	0.234
		Islak	0.116
Yağış (mm)	0.123	< - 1078	0.386
		1078.01 - 1132	0.225
		1132.01 - 1186	0.140
		1186.01 - 1240	0.093
		1240.01 - 1294	0.066
		1294.01 - 1348	0.050
		1348.01 - >	0.040

Tablo 3 devam

Kriterler	Ağırlık (%)	Alternatifler	Ağırlık (%)
Akarsulara uzaklık (m)	0.028	< - 50	0.049
		50.01 - 100	0.064
		100.01 - 150	0.112
		150.01 - 200	0.219
		200.01 - >	0.556
Toprak (Taksonomi Sınıflandırması)	0.028	Alfisol	0.234
		Entisol	0.650
		İnceptisol	0.116
Arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AKAÖ)	0.077	Orman alanı	0.463
		Çalılık alan	0.196
		Zeytin	0.093
		Mera	0.051
		Bağ-Bahçe Alanı	0.067
		Tarım alanı	0.036
		Yerleşim alanı	0.093

Metot

Çalışmada yöntem olarak AHS'den yararlanılmıştır. Çünkü bu yöntem sadeliği, kolay kullanılabilirliği ve anlaşılabilir bir metot olması nedeniyle çok kriterli karar verme metotları arasında sıkça başvurulan bir tekniktir (Saaty, 1980). Gerçekten de Yalçın (2007) AHS'nin esas olarak elemanlarının ikili karşılaştırmasından elde edilen önceliklere dayalı bir ölçüm metodu olduğunu belirtmiş ve bu yüzden ilgili yöntemi karmaşık çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan teknikler içerisinde en çok tercih edilenlerinden birisi olarak değerlendirmiştir (Yalçın, 2007).

Çalışmamızda AHS'nin uygulanması, SCB Associates Ltd. tarafından geliştirilen AHS Template (Microsoft Excel versiyonu) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikle çalışma amacı belirlenmiş ve bu amaç doğrultusunda seçimi etkileyen kriterler ortaya konmuştur (Şekil 4).

Daha sonra bu kriterler göz önüne alınarak alternatifler belirlenmiş ve hiyerarşik bir yapı kurulmuştur (Scholl vd., 2005; Ying vd., 2007). Karşılaştırmalı karar verme ve tercih matrisinin oluşturulması safhasında ilk aşamada tespit edilen parametreler Saaty (1980) tarafından ortaya konan önem ölçeğine (Tablo 2) göre karşılaştırılmıştır ve bu ölçek yardımıyla 1 ile 9 arasında

derecelendirilmiştir (Saaty, 1994). Daha sonra AHS Template programı kullanılarak ölçek katsayıları belirlenen kriterlerin ve alternatiflerin yüzde önem ağırlıkları tutarlılığı geçerli olacak bir şekilde saptanmıştır (Tablo 3). Tutarlılığın geçerliliği ise, tutarlılık indeksi ve oranının hesaplanmasıyla kontrol edilmiştir. A matrisinin tutarlılık oranının hesaplanmasında aşağıdaki işlemler uygulanmıştır (Shrestha vd., 2004).

$$CR = CI / RI$$

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

Burada; CR: Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio), CI: Tutarlılık İndeksi (Consistency Index), RI: Rastgele İndeks (Random Index) değerlerini simgelemektedir. Buna göre tutarlılık oranı (CR) genellikle % 10 veya daha küçükse matrisin tutarlı olduğu kabul edilmektedir (Wind ve Saaty, 1980; Saaty vd., 2003). Ayrıca en büyük öz değer matris boyutuna eşit ise ($\lambda_{max} = n$) karşılaştırma matrisi tutarlı olarak ifade edilir (Shrestha vd., 2004; Arslan, 2010).

Son aşamada ise elde edilen ağırlık değerleri, vektör veri formatındaki faktör haritalarına işlenmiştir. Daha sonra bu faktör haritaları, 10x10 m çözünürlüğünde raster tabanlı grid haritalara dönüştürülmüş ve CBS yardımıyla analiz edilmiştir. Analiz sonucunda kütle hareketleri duyarlılık haritası elde edilmiştir. Duyarlılık haritasındaki sonuçlar; Çok düşük, Düşük, Orta,

Yüksek ve Çok yüksek olmak üzere Bhatt vd. (2013) tarafından kullanılmış olan beş seviyeye göre sınıflandırılmıştır.

BULGULAR

Antakya şehrinde kütle hareketlerinin oluşumunda rol oynayan temel parametreler vardır. Bu parametreler litoloji, fay hatlarına uzaklık, yerçekilleri, eğim, eğim şekli, bakı, bağlı topografik nemlilik, yağış, akarsulara uzaklık, toprak ile arazi örtüsü ve arazi kullanımı (AKAÖ)'dir.

Litoloji

Litoloji, kütle hareketlerinin oluşumunda belirleyici özelliklerdendir. Antakya'da kütle hareketleri daha çok Miyosen ve Kretase'ye ait jeolojik formasyonların bulunduğu alanlarda yaygın olarak görülmektedir (Şekil 2). Çalışma alanında gerçekleşen kütle hareketleri daha çok kumtaşı, kiltası, marn ardalanmalı formasyonların oluşturduğu kırıntılılar ve karbonatların bulunduğu alanlarda ve bu formasyonların diğer formasyonlarla sınırlarında tespit edilmiştir (Ateş vd., 2004). AHS sonuçlarına göre litoloji faktörünü % 4 tutarlılık oranı gösterir.

Fay hatlarına uzaklık (m)

Faylardan uzaklık da kütle hareketlerinin oluşumunda etkili bir faktördür. Plaka tektoniğine göre çalışma alanı Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve Kıbrıs-Antakya Transform (KAT) fayı tarafından sınırlandırılan Anadolu, Arabistan ve Afrika levhaları arasında yer almaktadır. Bu nedenle çalışma alanı aktif fayların kontrolü altında şekillenen bir sahada bulunmaktadır (Özşahin, 2014). Şehirsel alanda bulunan bu faylar (Şekil 2), kütle hareketlerinin oluşumunu tetiklemektedir (Korkmaz, 2006). Zira şehir tarihi boyunca meydana gelen birçok deprem sonucunda çeşitli boyut ve türde kütle hareketleri yaşanmıştır (Ateş vd., 2004). Şehirsel alandaki faylardan uzaklık Vahidnia vd. (2009) tarafından yapılan ayırım dikkate alınarak 1000 m olarak sınıflandırılmıştır. AHS sonuçlarına göre bu kriterin tutarlılık oranı % 6'dır.

Yerçekilleri

Yerçekilleri, kütle hareketleri duyarlılık değerlendirmesinde çok önemli bir parametredir (Varnes, 1984). Çeşitli türden yerçekillerinin görüldüğü çalışma alanında, yamaçlar ve fosil heyelan sahaları kütle hareketlerinin oluşumuna en müsait alanlardır. Yerçekilleri kriteri, AHS sonuçlarına göre % 6 tutarlılık oranına sahiptir.

Eğim

Topografyanın eğim durumu kütle hareketlerinin oluşumunu denetleyen ve kontrol eden ana parametrelerden birisidir. Bu parametrenin etkisi Bijukchhen vd. (2013) ve Kayastha vd. (2012; 2013) tarafından açıklanan eğim sınıflandırmasına göre irdelenmiştir. Çalışma alanında eğim değerleri arttıkça kütle hareketlerinin oluşma olasılığı artmaktadır. AHS sonuçlarına göre eğim faktörünün tutarlılığı, % 7'dir.

Eğim şekli

Topografyanın eğim şekli kütle hareketlerinin ortaya çıkmasında etkili rol oynamaktadır. Zira yamaçların içbükey ve dışbükey olma özelliği hem mikroklimatik şartları hem de toprak özelliklerini etkilemesi açısından önemlidir. Örneğin; dışbükey yamaçlarda eğim içbükey yamaçlara göre daha fazladır. Bu nedenle suyun hızlı hareketi nedeniyle dışbükey yamaçlarda toprak nemi göreceli olarak düşüktür (Mater, 1998). CBS yazılımı ile yapılan analizlerde pozitif değerler dışbükey yerçekillerini, negatif değerler içbükey yerçekillerini ve sıfıra yakın değerler ise düz alanları göstermektedir (Zeuberger ve Thorne, 1987; Moore vd., 1991). Yamaçların düz, içbükey ve dışbükey özellikleri "plan eğrilik derecesi" dâhilinde tespit edilmiştir. Sonucun sınıflandırılması sırasında $\pm 0,1$ kritik değer olarak alınmıştır (Tağıl, 2006). Bu faktör % 4 tutarlılık oranı sunmaktadır.

Topografik nemlilik indeksi

Topografik nemlilik indeksi de kütle hareketlerinin oluşumunu etkilemektedir (Nefeslioglu vd., 2008; Das vd., 2013). Topografyanın yüzey akış modeline bağlı olarak ne kadar ıslak olduğunu gösteren bağlı topografik nemlilik indeksi arazinin kuru, nemli ve ıslak olup olmadığı hakkında bilgi verir (Tağıl, 2006). Buna göre arazinin ıslaklık

derecesinin arttığı bölgeler, kütle hareketlerinin oluşumu bakımından daha aktiftir. Bağlı topografik nemlilik çalışma alanının akış yönü ve akış yoğunluğu değerleri kullanılarak, bağlı topografik nemlilik indeks formülüne (1) göre hesaplanmıştır (Parker, 1982; Grayson vd., 1992; Mitsova vd., 1996). Yüksek pozitif değerler daha nemli, düşük negatif değerler ise daha kuru olan yerleri göstermektedir. AHS sonuçlarına göre topografik nemlilik indeksi, % 4 tutarlılık oranına sahiptir.

Bakı

Kütle hareketleri duyarlılık haritalarının hazırlanmasında etkili bir faktör olarak değerlendirilen (Guzzetti vd., 1999; Nagarajan vd., 2000) bakı; güneşlenme süresi, yağış vs. gibi etkenlere etki ederek kütle hareketlerinin oluşmasını kontrol etmektedir (Dai vd., 2001; Cevik ve Topal, 2003; Suzen ve Doyuran, 2004; Komac, 2006; Yalcin, 2008). Bu sebepten dolayı çalışma alanındaki ana yönler göre kütle hareketleri duyarlılığı nemliliğin daha yüksek olduğu kuzeye ve batıya bakan yönlerde daha da artmaktadır. Bakı kriteri, AHS sonuçlarına göre % 7 tutarlılık oranı gösterir.

Yağış (mm)

Yıllık ortalama yağış, kütle hareketleri duyarlılık analizlerinde önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Kayastha vd., 2013). Çalışma alanı için bu faktörün etkisi 100 m yükseklikte yer alan Antakya Meteoroloji İstasyonunun 1975-2010 yıllarına ait iklim verileri kullanılarak tespit edilmiştir. Yağış haritası Schreiber (1904) tarafından önerilen her 100 metre'de 54 mm yağışın artması ilkesi göz önünde bulundurularak geliştirilen formül yardımıyla oluşturulmuştur. AHS sonuçlarına göre bu faktörün tutarlılık oranı % 4'tür.

Akarsulara uzaklık (m)

Akarsulardan uzaklık yamaçlardaki materyalin doygunluk derecesini ve yamacın durağanlığını kontrol eden önemli bir parametredir (Yalcin, 2008). Akarsular yamaç erozyonu veya malzemenin alt kısmını nemlendirmek suretiyle yamaç stabilitesini olumsuz bir şekilde etkileyerek kütle hareketleri duyarlılığını artırır (Gokceoglu ve Aksoy, 1996; Dai vd., 2001; Saha vd., 2002;

Cevik ve Topal, 2003; Yalcin, 2005). Çalışma alanında akarsulardan uzaklık faktörünün etkisi Yalcin (2008) tarafından belirtilen beş farklı buffer alanı oluşturularak elde edilmiştir. Kütle hareketleri duyarlılığı en fazla ilk 150 m buffer zonunda görülmektedir. Bu kriterin tutarlılık oranı % 8'dir.

Toprak

Topraklarda tane büyüklüğü, dizilişi ve türlerine göre kütle hareketlerinin oluşumunda etkin rol oynamaktadır (Gökceoglu ve Aksoy, 1996; Ekinci, 2011). Bu bakımdan çalışma alanındaki topraklara duyarlılık değerleri Kitutu vd. (2009) tarafından belirtilen toprak tekstür sınıflarına göre atanmıştır. Entisoller yakın bir geçmişe ait alüvyal materyaller üzerinde olduklarından ve çalışma alanında daha çok vadi tabanlarında yer aldıkları için çok düşük duyarlılıktadır. Alfisoller kireçtaşlarındaki karbonatların yıkanarak uzaklaşması ve geriye kilin kalması nedeniyle killi veya killi balçık bünyede oldukları için orta duyarlılıktadır. İnceptisoller gelişimlerinin başlangıç aşamasında ve daha çok killi ana materyal üzerinde olduklarından dolayı yüksek duyarlılıktadır (Efe, 2010; Atalay, 2011). AHS sonuçlarına göre bu faktör, % 4 tutarlılık oranına sahiptir.

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AKAÖ)

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AKAÖ) özellikleri kütle hareketlerinin oluşumunda çok önemli belirleyici parametrelerdendir (van Westen vd., 2003; Komac, 2006; Intarawichian ve Dasananda, 2010; Kayastha vd., 2013). Bu parametreye göre arazi kullanımı ve arazi örtüsünün yoğunluğuna göre kütle hareketlerinin oluşma olasılığı farklılaşmaktadır (Bhatt vd., 2013). Nitekim arazi kullanımı ve arazi örtüsünün yoğunluğunun arttığı sahalarda kütle hareketlerinin oluşma olasılığı azalırken, ilgili yoğunluğunun azaldığı sahalarda kütle hareketlerinin oluşma olasılığının arttığı ileri sürülmüştür (Yalcin, 2008). Arazi kullanımı ve arazi örtüsü kriteri, AHS sonuçlarına göre % 6 tutarlılık oranı gösterir.

Analiz ve Tartışma

CBS temelli AHS yöntemine göre kütle hareketleri duyarlılık analizinin yapıldığı bu çalışma sonucunda, Antakya şehrinde kütle hareketleri

oluşma potansiyelinin düşük olduğu anlaşılmıştır. Şehir alanının % 41'inin düşük (% 35) ve çok düşük (% 6) kütle hareketleri duyarlılığı altında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4). Bu sahalar şehrsel alandaki Asi Nehrinin batı kıyısında yükselti, yağış ve eğim değerlerinin azaldığı taraça yüzeylerine karşılık gelmektedir (Şekil 5). Kütle hareketleri duyarlılığının yüksek ve çok yüksek olduğu alanlar sırasıyla % 21 ve % 4 oranında olup, daha çok şehrsel alandaki yamaç araziler (Amanos ve Nacar Dağı) üzerinde yayılış göstermektedir (Şekil 5; Şekil 6). Nitekim Özşahin (2013c) Hatay ilinde kütle hareketleri riskinin en yüksek olduğu lokasyonların yamaç araziler olduğunu ileri sürmüştür. Aslında ilgili sahalar yükselti ile eğim değerlerinin büyük ve aynı zamanda arazinin faylarla sıkça parçalandığı kesimlere tekabül eder. Yine bu mekânlarda yükselti artışına bağlı olarak yağış değerleri fazladır. Orta değerlerde kütle hareketleri duyarlılığı ise % 34 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4). Bu duyarlılık sınıfına Asi Nehrinin doğusunda ve eğim değerlerinin azaldığı batı kesimdeki yamaç arazilerde rastlanmaktadır (Şekil 5).

Tablo 4. Kütle hareketleri duyarlılık sınıflarının alansal dağılışı

Table 4. The areal distribution of sensitivity classes and values of mass movements

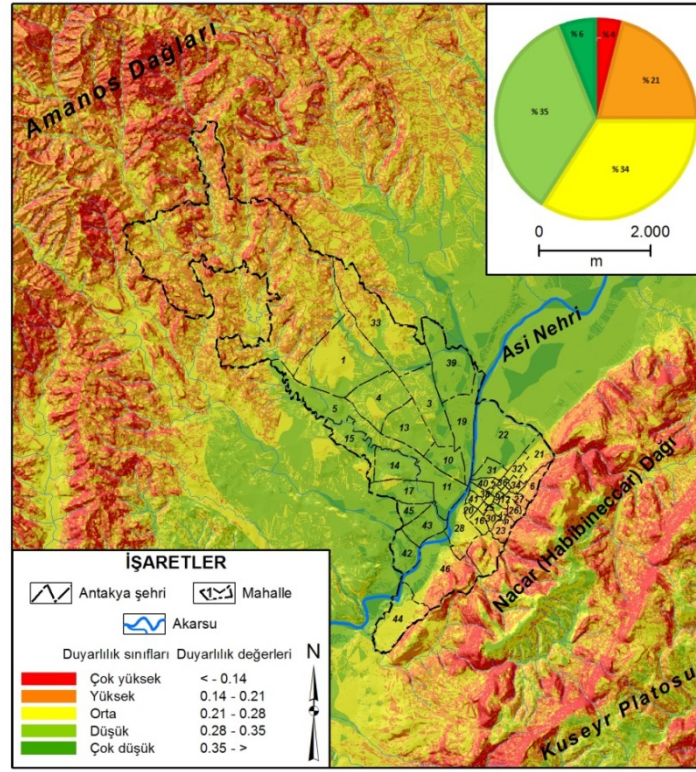
Duyarlılık sınıfları	Duyarlılık değerleri	ALAN	
		ha	%
Çok düşük	0.35 - >	140	6
Düşük	0.28 - 0.35	743	35
Orta	0.21 - 0.28	726	34
Yüksek	0.14 - 0.21	446	21
Çok yüksek	< - 0.14	85	4
TOPLAM		2140	100

Bu çalışmada uygulanan kütle hareketleri duyarlılık analizi ve değerlendirme sonuçları, önceki bulguları desteklemiştir. Zira Özşahin (2010) kütle hareketleri açısından özellikle şehrsel alandaki yamaç arazilerin risk altında olduğunu belirtmiştir. Değerliyurt (2013) bu türden hareketlerin Nacar Dağı'nın yamaçlarına karşılık gelen alanda ve şehrin yeni geliştiği mücavir alanda yoğunlaşmakta olduğunu vurgulamıştır. Özşahin ve Kaymaz (2015) ise şehrin yamaç

arazilerinin kütle hareketleri tehlikesi taşıdığı için yerleşime uygunluk bakımından problemli sahalar olduğuna dikkat çekmişlerdir. Gerçekten de analiz sonucunda elde edilen duyarlılık haritasında, şehrsel alanda eğim değerlerinin arttığı yamaç arazilerde kütle hareketleri riskinin daha yüksek olduğu bulgusuna erişilmiştir (Şekil 5).

Elde edilen sonuçlar, Antakya şehrinin doğal afetler açısından planlanmasında yeni gelişeceği sahaların tespitinde önemli bir adımdır. Çünkü Klimes ve Escobar (2010) kütle hareketleri duyarlılık haritalarının gelecekteki arazi kullanım planlaması için bir rehber olacağını, Das vd. (2013) ise kütle hareketleri duyarlılık haritalarının geleceğe yönelik planlamalar için önemli olduğunu belirtmiştir. Düşük oranda kütle hareketleri riski olduğu saptanan Antakya şehrinin en güvenilir sahaları, Asi Nehrinin batı yakasında eğimin azaldığı kesimlerdir. Ancak bu alanların da taşkın ve deprem riski altında olduğu (Özşahin, 2010) gerçeği unutulmamalıdır. Bu nedenle gerçekleştirilecek planlamaların, yörede etkili olabilecek bütün doğal afetlerin etkisi göz önüne alınarak oluşturulan multirisk haritasına göre uygulamaya konulması gerekmektedir.

Çalışma sonuçlarına istinaden kütle hareketleri duyarlılık analizi çalışmalarında CBS temelli AHS yönteminin sağlıklı ve kullanılabilir sonuçlar verdiği bir kez daha vurgulanmıştır. Keza Komac (2006) benzer yöntem ve teknikler kullanılarak hazırlanan kütle hareketleri zarar haritalarının doğru sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Vahidnia vd. (2009) AHS'nin farklı yöntemlerle korelasyonu neticesinde doğru ve kullanılabilir veriler üretildiğini açıklamışlardır. Yalcin (2008) AHS yönteminin diğer bazı yöntemlere göre çok daha gerçekçi sonuçlar verdiğini ifade etmiştir. Bhatt vd. (2013) AHS ile hazırlanan kütle hareketleri duyarlılık haritalarının güvenli bir şekilde kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Hakikaten yüksek ve çok yüksek duyarlılık değerlerinin dağılışıyla daha önce kütle hareketlerinin görüldüğü alanların örtüşmesi, öne sürülen bu düşüncelerin ehemmiyetini bir kat daha arttırmaktadır.



Şekil 5. Kütle hareketleri duyarlılık sınıflarının dağılış haritası (Mahalle adları için Tablo 1'e bakınız)
 Figure 5. The distribution map of sensitivity classes and values of mass movement



Şekil 6. Çalışma alanında kütle hareketleri riski olan yerlerin görünümü
 Şekil 6. View of the areas with risk of mass movements in the study area

Son olarak bilhassa şehrsel alanlarda gerçekleştirilen kütle hareketleri duyarlılık analizlerinin büyük ölçekli olarak tasarlanmaları mutlaka dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Antoniou ve Lekkas (2010) her mekanın farklı koruma önlemlerine ihtiyaç duyduğu için detaylı çalışmaların yapılması gerekliliğinin altını çizmişlerdir. Santi vd. (2013) kütle hareketlerine yönelik planlamalarda parameterlerin seçiminin ve oranlamasının çok önemli olduğu için detay ölçekte çalışılması gerektiğini zikretmişlerdir. Bu çalışmada yerleşim alanlarının planlanmasına yönelik çalışmalarda kullanılması tavsiye edilen (Dağ, 2007; Yüksel, 2007) 1/25.000 ölçek oranının esas alınmış ve böylece analiz düşük ölçekli bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

SONUÇ

Çalışma sonuçları, Antakya şehrinde kütle hareketlerinin oluşma potansiyelinin düşük olduğu göstermiştir. Şehir alanının % 41’inde düşük (% 35) ve çok düşük (% 6) kütle hareketleri duyarlılığı altında olduğu tespit edilmiştir. Bu sahalar şehrsel alanda Asi Nehrinin batı kıyısında eğim değerlerinin azaldığı taraça sahalarında

izlenmektedir. Ancak bu sahalarında sel ve taşkın olmak üzere deprem riski altında olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle yapılacak planlamaların, ilgili bütün doğal afetlerin etkisi göz önüne alınarak üretilen multirisk haritasına göre dizayn edilmesi daha doğru bir adım olacaktır.

Olası tehlike ve risk değerlendirmelerinin temel girdi parametresini oluşturan duyarlılık haritalarının uygun yaklaşımlar ile kullanılması durumunda, bilhassa şehrsel alanlardaki kütle hareketleri risk yönetimi ve zarar azaltma çalışmalarında başarılı bir şekilde kullanılabileceği anlaşılmıştır. Sonuç olarak, CBS’ye dayalı AHS yöntemleri kullanılarak yapılan bu çalışmanın daha öncesinde elde edilen bulgularla tutarlı sonuçlar gösterdiği için benzer alanlarda da uygulanabilir olması bakımından tercih edilebileceği anlaşılmıştır.

NOT

Bağlı topografik nemlilik indeksi “ $(([FA]+1) / ([E]+1)).\text{Log}$ ” ilgili formül doğrultusunda hesaplanmıştır. Burada; akış yoğunluğu (FA) belirli bir hücreden ne kadar su kütlelerinin aktığını, eğim (E) ise ne kadar hızlı suyun aktığını gösterir.

REFERANSLAR

- Antoniou, A. A., Lekkas, E. 2010. “Rockfall susceptibility map for Athinios port, Santorini Island, Greece”. *Geomorphology* **118**, 152-166.
- Arslan, E. T. 2010. “Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemiyle Strateji Seçimi: Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinde Bir Uygulama”. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* **15** (2), 455-477.
- Atalay, İ., 2011. *Toprak Oluşumu, Sınıflandırması ve Coğrafyası*. Meta Yayıncılık, İzmir.
- Ateş, Ş., Keçer, M., Osmançelebioğlu, R., Kahraman, S. 2004. *Antakya (Hatay) İl Merkezi ve Çevresinin Yerbilim Verileri*, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Jeoloji Etütleri Dairesi Derleme Raporu No: 10717, Ankara.
- Bhatt, B. P., Awasthi, K. D., Heyojoo, B. P., Silwal, T., Kafle, G. 2013. “Using Geographic Information System and Analytical Hierarchy Process in Landslide Hazard Zonation”. *Applied Ecology and Environmental Sciences* **1** (2), 14-22.
- Bijukchhen, S. M., Kayastha, P., Dhital, M. R. 2013. “A comparative evaluation of heuristic and bivariate statistical modelling for landslide susceptibility mappings in Ghurmi-Dhad Khola, east Nepal”. *Arabian Journal of Geosciences* **6**, 2727-2743.

- Cascini, L., Bonnard, Ch., Corominas, J., Jibson, R., Montero-Olarte, J. 2005. *Landslide hazard and risk zoning for urban planning and development*. In: Hungr, O., Fell, R., Couture, R., Eberhardt, E. (Eds.), *Landslide Risk Management*. Taylor and Francis, London.
- Cevik, E., Topal, T. 2003. "GIS-based landslide susceptibility mapping for a problematic segment of the natural gas pipeline, Hendek (Turkey)". *Environmental Geology* **44**, 949-962.
- Dağ, S. 2007. *Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dai, F. C., Lee, C. F., Li, J., Xu, Z. W. 2001. "Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong". *Environmental Geology* **43** (3), 381-391.
- Das, H. O., Sonmez, H., Gokceoglu, C., Nefeslioglu, H. A. 2013. "Influence of seismic acceleration on landslide susceptibility maps: a case study from NE Turkey (the Kelkit Valley)". *Landslides* **10**, 433-454.
- Değerliyurt, M. 2013. *Antakya'da Doğal Afet Risk Analizi ve Yönetimi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Duman, T. Y., Çan, T., Olgun, Ş., Nefeslioğlu, H. A., Durmaz S., Hamzaçebi, S., Elmacı, H., Çörekçioğlu, Ş. 2009. *1/500 000 ölçekli Türkiye Heyelan Envanteri Haritası Hatay Paftası*. MTA Özel Yayınlar Serisi -24, Ankara.
- Ebrahimi, L., Servati, M. R., Kardavani, P., Moshiri, R. 2013. "Mass movements Hazard Zonation with Analyzing Hierarchy Process (AHP) Method (Karaj-Chalus Road- of Kandovan – Chalus)". *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* **5** (6), 579-584.
- Efe, R. 2010. *Biyocoğrafya*. MKM Yayıncılık, Bursa.
- Ekinci, D. 2011. *Zonguldak-Hisarönü Arasındaki Karadeniz Akaçlama Havzasının Kütle Hareketleri Duyarlılık Analizi*. Titiz Yayınları, İstanbul.
- Ekinci, D., Özşahin, E., Özer, A. 2010. "Kütle Hareketleri Duyarlılık Haritalarının Oluşturulmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknolojilerinin Kullanımı". *III. Ulusal Jeolojik Uzaktan Algılama (JEOUZAL 2010) Sempozyumu (4-5 Kasım 2010) Bildiri Özleri Kitabı*, 20-22, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.
- Esmail, Y., Ahmadi, H. 2003. "Using GIS & RS in Mass Movements Hazard Zonation –A Case Study in Germichay Watershed, Ardebil, Iran". *Disaster Management Map India Conference 2003, GISdevelopment.net*, 1-5.
- Gokceoglu, C., Aksoy, H. 1996. "Landslide susceptibility mapping of the slopes in the residual soils of the Mengen region (Turkey) by deterministic stability analyses and image processing techniques". *Engineering Geology* **44**, 147-161.
- Grayson, R. B., Moore, I. D., McMahon, T. A. 1992. "Physically based hydrologic modeling: 1. A terrain-based model for investigative purposes". *Water Resources Research* **28** (10), 2639-2658.
- Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., Reichenbach, P. 1999. "Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy". *Geomorphology* **31**, 181-216.
- Hatamifar, R., Mousavi, S., Alimoradi, M. 2012. "Landslide hazard zonation using AHP model and GIS technique in Khoram Abad City". *Geography and Environmental Planning Journal* **23** (3), 43-60.
- Herece, E. 2008. *Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Ilanloo, M. 2012. "Mass movements Hazard Zonation with Analyzing Hierarchy Process (AHP) Method (Case Study: Varenge Roud basin)". *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* **4** (016), 1159-1165.
- Ildır, B. 1995. "Türkiye'de Heyelanların Dağılımı ve Afetler Yasası İle İlgili Uygulamalar". *İkinci Ulusal Heyelan Sempozyumu*, s.: 1-9.,Adapazarı.
- Intarawichian, N., Dasananda, S. 2010. "Analytical Hierarchy Process for Landslide Susceptibility Mapping in Lower Mae Chaem Watershed, Northern Thailand". *Suranaree Journal of Science and Technology* **17** (3), 277-292.
- Kayastha, P., Dhital, M. R., De Smedt, F. 2012. "Landslide susceptibility mapping using the weight of evidence method in the Tinau watershed, Nepal". *Natural Hazards* **63**, 479-498.
- Kayastha, P., Dhital, M. R., De Smedt, F. 2013. "Evaluation of the consistency of landslide susceptibility mapping: a case study from the Kankai watershed in East Nepal". *Landslides* **10**, 785-799.
- Kitutu, M. G., Muwanga, A., Poesen, J., Deckers, J. A. 2009. "Influence of soil properties on landslide occurrences in Bududa district, Eastern Uganda". *African Journal of Agricultural Research* **4** (7), 611-620.
- Klimes, J., Escobar, V. R. 2010. "A landslide susceptibility assessment in urban areas based on existing data: an example from the Iguana Valley, Medellin City, Colombia". *Natural Hazards and Earth System Sciences* **10**, 2067-2079.
- Komac, M. 2006. "A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia". *Geomorphology* **74** (1-4), 17-28.
- Korkmaz, H. 2006. "Antakya'da Zemin Özellikleri ve Deprem Etkisi Arasındaki İlişki". *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafya Araştırma ve Uygulama Merkezi Coğrafi Bilimler Dergisi* **4** (2), 47-63.
- Maryam, I., Ebrahim, M., Servati, M. R. 2009. "Mass Movements Hazard Zonation With Analyzing Hierarchy Process (AHP) Method (Case Study:Karaj Dam Basin)". *Journal of Physical Geography* **2** (5), 85-95.
- Mater, B. 1998. *Toprak Coğrafyası*. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Mitasova, H., Hofieka, J., Zlocha, M., Iverson, L. R. 1996. "Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS". *International Journal of Geographic Information Systems* **10**, 629-641.
- Moore, I. D., Grayson, R. B., Landson, A. R. 1991. "Digital terrain modeling: A review of hydrological, geomorphological and biological applications". *Hydrological Processes* **5**, 3-30.
- Nagarajan, R., Roy, A., Vinod Kumar, R., Mukherjee, A., Khire, M. V. 2000. "Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon regions". *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* **58**, 275-287.
- Nefeslioglu, H. A., Duman, T. Y. , Durmaz, S. 2008. "Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey)". *Geomorphology* **94** (3-4), 401-418.
- Özşahin E. 2014. "Kuseyr Platosu'nun (Hatay) Jeomorfolojik Özellikleri". *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi* **1**, 121-147.
- Özşahin E., Kaymaz, Ç. K. 2013a. *Antakya ve Erzurum Kentlerinin Jeomorfolojik Özelliklerinin Kentsel Ekoloji Penceresinden Analizi*. Kuramdan Uygulamaya Yerel Yönetimler ve Kentsel Politikalar,

- Editörler: Yakup Bulut, Veysel Eren, Sedat Karakaya, Abdullah Aydın, s.: 779-788, Pegem Akademi, ISBN: 978-605-364-618-1, Ankara.
- Özşahin E., Kaymaz, Ç. K. 2013b. "Afet Kültürünün Değerlendirilmesine Bir Örnek: Antakya Şehri". 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, s.: 1-8, 25-27 Eylül 2013, MKÜ-HATAY.
- Özşahin E., Kaymaz, Ç. K. 2015. "CBS ve AHS Kullanılarak Doğal Çevre Bileşenleri Açısından Kentsel Mekânın Yerleşime Uygunluk Analizine Bir Örnek: Antakya (Hatay)". *Doğu Coğrafya Dergisi* **20** (33), 111-134.
- Özşahin, E. 2010. "Antakya'da (Hatay) Yer Seçiminin Jeomorfolojik Özellikler ve Doğal Risk Açısından Değerlendirilmesi". *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* **13/23**, 1-16.
- Özşahin, E. 2013a. *Kütle Hareketleri ve Türkiye*. Prof. Dr. Asaf Koçman'a Armağan, (Editör: Prof. Dr. Ertuğ ÖNER), Ege Üniversitesi Yayınları Edebiyat Fakültesi Yayın No: 180, s.: 225-249, İzmir.
- Özşahin, E. 2013b. "Türkiye'de Yaşanmış (1970-2012) Doğal Afetler Üzerine Bir Değerlendirme". 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, s.: 1-8, 25-27 Eylül 2013, MKÜ-HATAY.
- Özşahin, E. 2013c. "CBS Kullanılarak Hatay İli Heyelan Duyarlılık Analizi". *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi* **4** (1), 47-59.
- Parker, A. J. 1982. "The topographic relative moisture index: an approach to soil moisture assessment in mountain terrain". *Physical Geography* **3**(2), 160-168.
- Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York, McGrawHill.
- Saaty, T. L. 1994. "How to make a decision: the analytic hierarchy process". *Interfaces* **24**, 19-43.
- Saaty, T. L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *The International Journal of Quality and Service Sciences* **1**, 83-98.
- Saaty, T. L., Vargas, L. G., Dellman, K. 2003. "The Allocation of Instangible Resources: The Analytic Hierarchy Process and Linear Programming". *Socio-Economic Planning Sciences* **37**, 169-189.
- Saha, A. K., Gupta, R. P., Arora, M. K. 2002. "GIS-based landslide hazard zonation in the Bhagirathi (Ganga) valley, Himalayas". *International Journal of Remote Sensing* **23** (2), 357-369.
- Santi, P. M., Russell, C. P., Higgins, J. D., Spriet, J. I. 2009. "Modification and statistical analysis of the Colorado Rockfall Hazard Rating System". *Engineering Geology* **104**, 55-65.
- Scholl, A., Manthey, L., Helm, R., Steiner, M. 2005. "Solving Multiattribute Design Problems with Analytic Hierarchy Process and Conjoint Analysis: An Empirical Comparison". *European Journal of Operational Research* **164**, 760-777.
- Schreiber, P. 1904. "Über die Beziehungen zwischen dem Niederschlag und der Wasserführung der Flüsse in Mitteleuropa". *Meteorologische* **21**, 441-452.
- Shrestha, R. K., Alavalapati, J. R. R., Kalmbacher, R. S. 2004. "Exploring the Potential for Silvopasture Adoption in South-central Florida: an Application of SWOT-AHP Method". *Agricultural Systems* **81**, 185-199.
- Suzen, M. L., Doyuran, V. 2004. "Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information systems: a method and application to Asarsuyu catchment, Turkey". *Engineering Geology* **71**, 303-321.
- Tağil, Ş. 2006. "Kazdağı Milli Parkında Arazi Örtüsü Organizasyonunu Kontrol Eden Jeomorfometrik Faktörler: Bir CBS Yaklaşımı". *Coğrafi Bilimler Dergisi* **4** (2), 1-11.

- TUİK ADNKS (Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi) 2014. *Hatay ili Mahalle nüfusları*. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., Alimohammadi, A., Hosseinali, F. 2009. "Landslide Hazard Zonation Using Quantitative Methods in GIS". *International Journal of Civil Engineering* 7, 176-189.
- van Westen, C. J., Rengers, N., Soeters, R. 2003. "Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment". *Natural Hazards* 30 (3), 399-419.
- Varnes, J. D. 1984. *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. United Nations Educational, France.
- Wind, Y., Saaty, T. L. 1980. "Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process". *Management Science* 26 (7), 641- 658.
- Yalçın, A. 2005. *An investigation on Ardesen (Rize) region on the basis of landslide susceptibility*. PhD Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey (in Turkish).
- Yalçın, A. 2008. "GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations". *Catena* 72, 1-12.
- Yalçın, A. 2007. "Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin ve CBS'nin Kullanımı". *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 22 (3), 1-14.
- Ying, X., Zeng, G-M., Chen, G-Q., Tang, L., Wang, K-L., Huang, D-Y. 2007. "Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality-A case study of Hunan Province, China". *Ecological Modelling* 209 (2-4), 97-109.
- Yüksel, N. 2007. *Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı heyelan duyarlılık haritalarının oluşturulmasında istatistiksel yöntemlerin ve yapay sinir ağlarının kullanılması: Kumluca-Ulus (Bartın) Bölgesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zeveloff, L. W., Thorne, C. R. 1987. "Quantitative analysis of land surface topography". *Earth Surface Processes and Landforms* 12, 47-56.