

[1128]

## SAMSUN İLİ VEZİRKÖPRÜ İLÇESİNİN HEYELAN VE KAYA DÜŞMESİ DUYARLILIK HARİTALARININ ÜRETİLMESİ

Kıvanç ÇALIŞKAN, Aytek ERSAN, Emre ÇOŞKUNLU, Levent UÇARLI, Emre DOĞRAMACI, Erkin TEKİN, Kemal Gökhan SANCAK

İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İstiklal Mah., 1124. Cad. No:15, 55200, Atakum, Samsun, kivanc.caliskan@afad.gov.tr

### ÖZET

*Bu çalışmada Samsun ili Vezirköprü ilçesinin heyelan ve kaya düşmesi duyarlılık haritaları üretilmiştir. 20 adet 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita ile sınırlı alanda MTA heyelan envanter haritasında bulunan paleoheyelanların yerinde tespiti ve düzeltilmesi ile aktif heyelanların eklenmesi sonrası 155 heyelan analize hazır hale getirilmiştir. Heyelan duyarlılık analizinde yükseklik, eğim, baki, jeoloji, eğrilik ve faya yakınlık parametreleri kullanılmıştır. Kolay ve yaygın kullanımı nedeniyle çalışmada frekans oranı yöntemi tercih edilmiştir. Üretilen duyarlılık haritası çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek derecede duyarlı alanlar olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Heyelan duyarlılık haritasının güvenilirliğini test etmek için heyelan envanterinde yer alan ve kontrol amacıyla analize dahil edilmeyen 32 heyelan alanı duyarlılık haritası ile karşılaştırılmıştır. Üretilen heyelan duyarlılık haritasının kontrol heyelanları ile çok yüksek ve yüksek derecede duyarlı bölgeler bakımından toplamda % 85 uyumlu olduğu tespit edilmiştir. İlçenin kaya düşmesi envanteri, kaya düşmesi kaynak alan tespiti için CBS yazılımı kullanılarak üretilen ve sahada doğruluğu sağlanan alanlar ile arazide tespit edilen ilave alanlardan oluşturulmuştur. Bu alanlar 83 adet kaya düşmesi kaynak alanından ibarettir. Söz konusu 83 adet kaya düşmesi kaynak alanının yayılım zonları literatürde kullanılan 32, 35 ve 38 derecelik enerji çizgisi açıları ile hesaplanmıştır. Bu hesaplamada ayrıca lokal olarak farklı enerji çizgisi açıları da kullanılmıştır. Hesaplanan yayılım zonları toplanarak ilçenin kaya düşmesi duyarlılık haritası üretilmiştir. Üretilen duyarlılık haritası düşük, orta ve yüksek derecede duyarlı alanlar olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Çalışma AFAD tarafından hayata geçirilen Bütünleşik Afet Tehlike Haritalarının Hazırlanması Projesi kapsamında Samsun Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik personelince yürütülmüş olup, bu haliyle Vezirköprü ilçesi için gelecekte yapılacak tehlike ve risk çalışmalarına atalık teşkil etmektedir.*

**Anahtar Sözcükler:** AFAD, Duyarlılık, Heyelan, Kaya düşmesi, Samsun.

### ABSTRACT

## PRODUCTION OF LANDSLIDE AND ROCKFALL SUSCEPTIBILITY MAPS OF VEZİRKÖPRÜ DISTRICT OF SAMSUN

*In this study, landslide and rockfall susceptibility maps of Vezirköprü district of Samsun city were produced. 155 landslide areas have been ready to analyse after in situ determination of paleo-landslides, which are in MTA landslide inventory map, corrections of them in studying area, and adding active landslides, which consists of 20 1:25.000 scaled topographical maps. The elevation, slope, aspect, geology, curvature, and the proximity to fault parameters have been used in the landslide susceptibility analysis. Frequency ratio method has been preferred due to widely and easy using. The areas in the produced landslide susceptibility map has been classified into 5 groups as very low, low, moderate, high, and very high susceptible. 32 distinguished landslide areas, which were not analysed in order to control, located in the landslide inventory have been compared to each other with a view to test the reliability of the produced map. It has been determined that the produced landslide susceptibility map is compatible with the control landslides in a ratio of 85 % in terms of the very high and the high susceptible areas. Rockfall inventory of Vezirköprü has been generated from the areas, which were determined and verified in situ, and produced via GIS software to determine the rockfall source areas. These areas consist of 83 rockfall source areas. Runout zones of this 83 have been calculated with the energy line angles include degree of 32, 35, and 38, which use in literature. Different energy line angles have also been calculated locally. Rockfall susceptibility map has been produced by way of collecting calculated runout zones. The areas in the produced rockfall susceptibility map has been classified into 3 groups as low, moderate, and high susceptible. This study was carried out by technical staff of Governorship of Samsun Provincial Directorate for Disaster and Emergency Management within the scope of Integrated Disaster Hazard Mapping implemented by Prime Ministry Disaster and Emergency Management Authority (AFAD). All in all, this study is constituted a source for hazard and risk studies which will be conducted in Vezirköprü.*

**Keywords:** AFAD, Landslide, Rockfall, Samsun, Susceptibility.

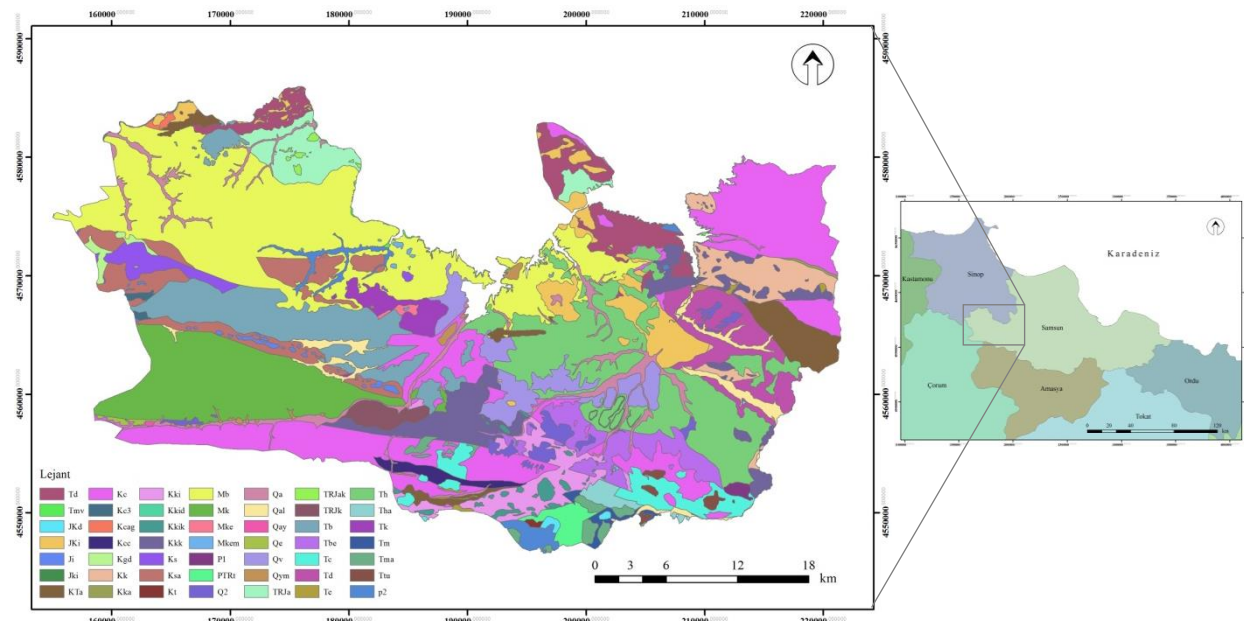
### 1.GİRİŞ

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının (AFAD) 24/06/2015 gün ve 13887 sayılı 2015/5 genelgesi ile 1/25.000 ölçeğinde heyelan, kaya düşmesi ve çığ afetleri için envanter oluşturma ve duyarlılık çalışmalarının yürütülmesi istenmiştir. Bu kapsamda Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığınca verilen

eğitimler ve derlenen kılavuz (AFAD, 2015) eşliğinde Samsun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik personeline il bütününde ilgili çalışmalar yürütülmüş olup, bu çalışmada Vezirköprü ilçesinde yürütülen heyelan ve kaya düşmesi afetlerine yönelik envanter ve duyarlılık çalışmaları özetlenmiştir.

Samsun ilinin afet dağılımı incelendiğinde, en sık karşılaşılan afet türü heyelandır. İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü arşivlerine göre 2010-2016 yılları arasında heyelan afeti için 126 adet jeolojik etüt raporu düzenlenmiştir. Düzenlenen bu raporlardan ilgili mevzuata göre afete maruz bölge (yapı ve ikamete yasaklanmış afet bölgesi) olarak tespit edilen alanların toplamı yaklaşık 300 hektardır. Samsun ili heyelanları daha çok akma şeklinde gözlenmekte olup; yoğunluk, ilkbahar ve sonbahar yağışları sonrasında yaşanmaktadır. Heyelan aktivitesi her dönemde var olsa da, ilde kaya düşmesi afetine nadiren rastlanmaktadır. 2010-2016 yılları arasında kaya düşmesi amaçlı düzenlenen 4 adet jeolojik etüt raporunda yalnızca iyileştirme çalışmaları önerilmiştir.

Samsun il merkezinin 115 km güneyinde bulunan çalışma alanı Vezirköprü ilçesinin yüzölçümü 1.597 km<sup>2</sup> ve nüfusu 97.815'tir. İlçede geniş ormanlık alanlar ve kanyonlar bulunmaktadır. Bununla birlikte ilçenin güney kesiminde bulunan Kuzey Anadolu Fayı doğu-batı doğrultusuyla uzanmaktadır. Triyas-Jura yaşlı Bekirli (Mb) formasyonu, Jura-Kretase yaşlı İnaltı (Jki), Belalan (Jkb), Çağlayan (Kç) Yemişliçay (Ky), Cankurtaran (Kc), Akveren (Kta) ve Atbaşı (Ta) formasyonları, Miyosen-Pliyosen yaşlı Mahmurdağ volkanitleri (Tmv), Köprübaşı (Tkö), Hacılı (Th) ve Bektaş (Tb) formasyonları ile Kuvaterner yaşlı Vezirköprü (Qv) formasyonu bölgenin jeolojisine hakim formasyonlardır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının jeoloji haritası üzerinde gösterimi

## 2. HEYELAN DUYARLILIK ÇALIŞMALARI

İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünce 2011 yılında sayısallaştırılması tamamlanan il-ilçe-köy sınırları, akar-kuru dere ağları, köy-mahalle-ilçe ulaşım ağları, su toplanma havzaları ve köy-mahalle-mezra merkezleri verilerine ek olarak, MTA'dan temin edilen heyelan envanterine altlık teşkil edecek sayısal verilerle çalışmalara başlanmıştır. Söz konusu vektör veriler 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita üzerine atılmış olup, arazi çalışmaları ilçe bazında planlanmıştır.

Samsun iline ait 1/25.000 ölçekli 98 adet münhanileri sayısal pafta ArcMap yazılımı kullanılarak birleştirilmiştir. Duyarlılık haritasına altlık oluşturacak sayısal yükseklik modeli (SYM), bu dosya kullanılarak heyelan duyarlılık haritası için 25x25 m piksel boyutlu olarak üretilmiştir. Vezirköprü ilçesi heyelan duyarlılık analizlerinde kullanılmak üzere; il geneli için üretilen sayısal yükseklik modelinden ilçe sınırı kadar kesme işlemi yapılmıştır. Sayısal yükseklik modelinin projeksiyon sistemi ED50 olduğundan, mevcut tüm vektör verilerin projeksiyon dönüşümleri buna göre yapılmıştır.

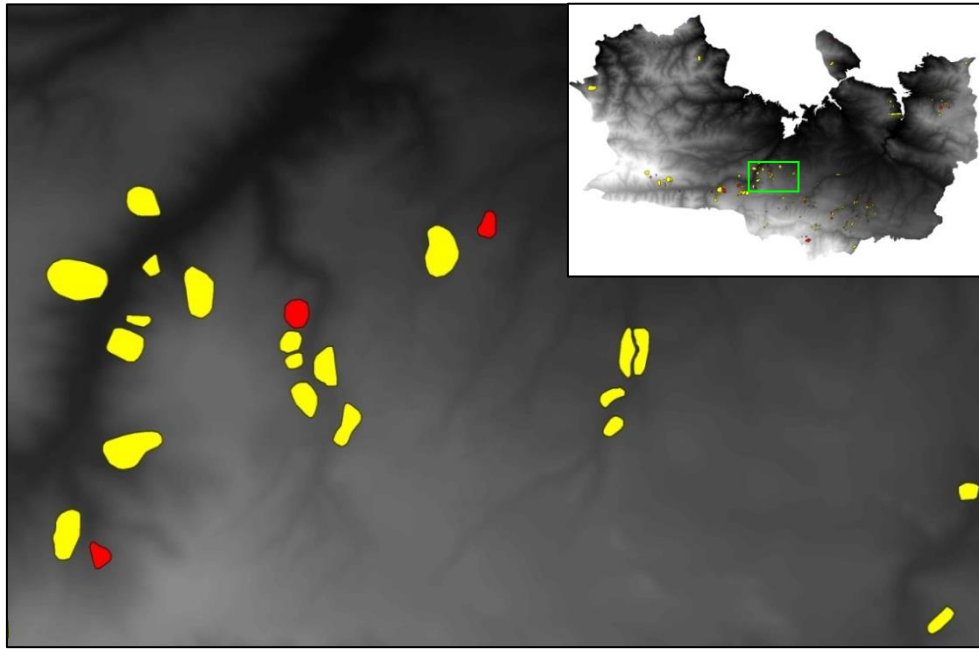
### 2.1. Heyelan Envanteri

Heyelan envanterinin oluşturulması için Vezirköprü ilçesinde görevlendirilen 4 ekip tarafından MTA'dan temin edilen sayısal heyelan envanterinde (yalnızca paleoheyelanlar) bulunan poligonlar yerinde kontrol edilmiştir. Kontroller sırasında heyelan özelliği olmayan heyelan poligonları iptal edilmiş, yerinde fark edilen paleoheyelanlar

ve aktif heyelanlar ise envantere dahil edilmek üzere kaydedilmiştir (Şekil 2). Bununla birlikte bazı poligonlar kesilmiş, genişletilmiş, bölünmüş veya birleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmanın sonucunda ilçeye ait 155 adet heyelan, poligon olarak envantere kazandırılmıştır. Bu 155 heyelan poligonundan 32 adedi (% 20) üretilecek duyarlılık haritasının kontrolü amacıyla farklı bölgelerde seçilerek ayrılmıştır (Şekil 3).



Şekil 2. Arazide tespit edilen heyelan (moloz akması, Küçükkale Mahallesi, 41.051880°K, 35.370760°D)



Şekil 3. Sayısal yükseklik modeli üzerinde analiz (sarı) ve kontrol (kırmızı) heyelanlarının görünümü

## 2.2. Parametreler

Vezirköprü ilçesi heyelan duyarlılık haritasının oluşturulmasında yükseklik, eğim, bakı, eğrisellik, jeoloji ve faya yakınlık parametreleri kullanılmıştır. Bu parametrelerden eğim, bakı ve eğrisellik Vezirköprü ilçe sınırı kadar kesilen sayısal yükseklik modelinden üretilmiştir. Diğer parametreler olan jeoloji ve faya yakınlık, vektör haritadan raster haritaya dönüştürülerek üretilmiştir.

### *Yükseklik*

Üretilen sayısal yükseklik modeli en düşük kottan başlanarak 100 m aralıklarla 17 sınıf olarak yeniden sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflamada 200-1000 m yükseklikler arasındaki bölgeler ilçenin yaklaşık % 70'ine karşılık gelmektedir (Çizelge 1a).

**Eğim**

Sayısal yükseklik modelinden üretilen 0-90 derecelik eğim haritası 5 derece aralıklarla 9 sınıf (0-40 derece arası 8 sınıf ve 40-90 derece arası 1 sınıf) olarak yeniden sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflandırmaya göre, 0-30 derece aralığındaki alanlar birbirine yakın dağılım sergilemektedir. Bununla birlikte, 30 dereceden yüksek eğimli alanlar ilçenin ancak % 5'ine karşılık gelmektedir (Çizelge 1b).

**Baki**

Sayısal yükseklik modelinden üretilen baki haritası ana ve ara yönler olmak üzere 8 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre ilçenin yaklaşık 1/3'lük kısmına ait baki kuzey ve kuzeybatı yönleriyle temsil edilmektedir.

**Eğrisellik**

Sayısal yükseklik modelinden üretilen eğrisellik haritası 6 sınıf olarak ayrılmıştır. Bu sınıflamaya göre ilçenin içbükey ve dışbükey alanların oranları birbirine yakındır.

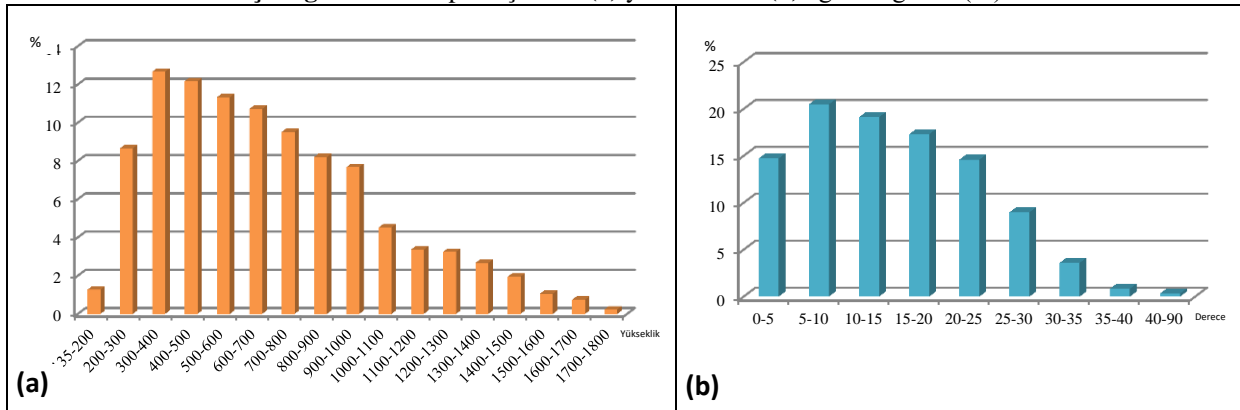
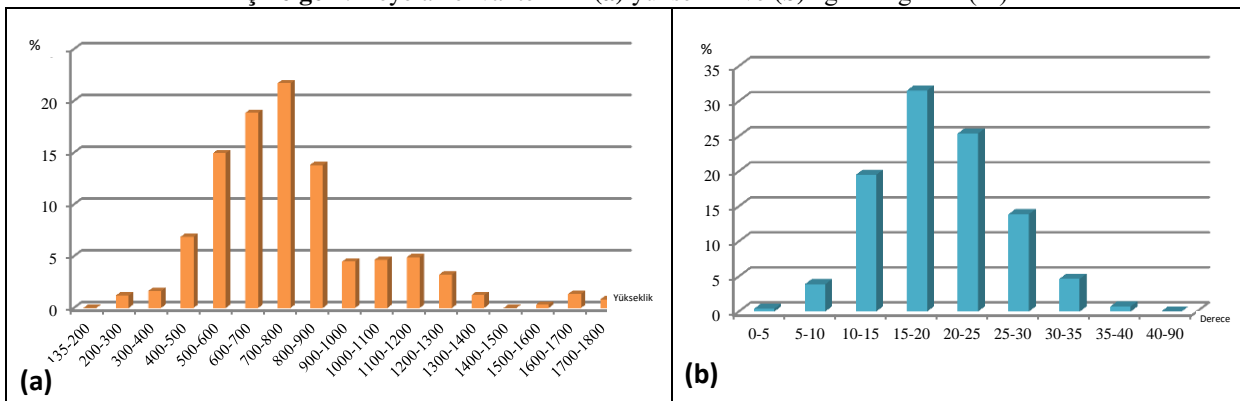
**Jeoloji**

Jeoloji haritası, AFAD Başkanlığından temin edilen vektör formatlı il geneli jeolojisi haritasında Vezirköprü ilçe sınırı içinde kalan 49 sınıf jeolojik katmanının raster formatına çevrilmesiyle üretilmiştir.

**Faya yakınlık**

İlçenin güneyinde bulunan Kuzey Anadolu Fayı'nın heyelanları tetikleyebileceği düşünüldüğünden bu parametrenin analizde kullanılması uygun bulunmuştur. Vektör olan fay haritasından, raster formatlı faya yakınlık haritası üretilmiştir. Bu harita 1000 m aralıklarla 28 sınıf olarak yeniden sınıflandırılmıştır.

155 adet poligondan oluşan heyelan envanterinin yükseklik dağılımı incelendiğinde; heyelanların 500-900 m yükseklikler arasında kaldığı görülmüştür (Çizelge 2a). Ayrıca heyelan envanterinin eğim dağılımı incelendiğinde; heyelanların daha çok 10-30 derece eğimler arasında bulunduğu görülmüştür (Çizelge 2b). Heyelan envanterinin baki dağılımı incelendiğinde; heyelanların yarısından fazlası kuzey ve kuzeyle ilişkili yönlerle temsil edilmektedir.

**Çizelge 1. Vezirköprü ilçesinin (a) yükseklik ve (b) eğim dağılımı (%)****Çizelge 2. Heyelan envanterinin (a) yükseklik ve (b) eğim dağılımı (%)****2.3. Heyelan Duyarlılık Analizleri**

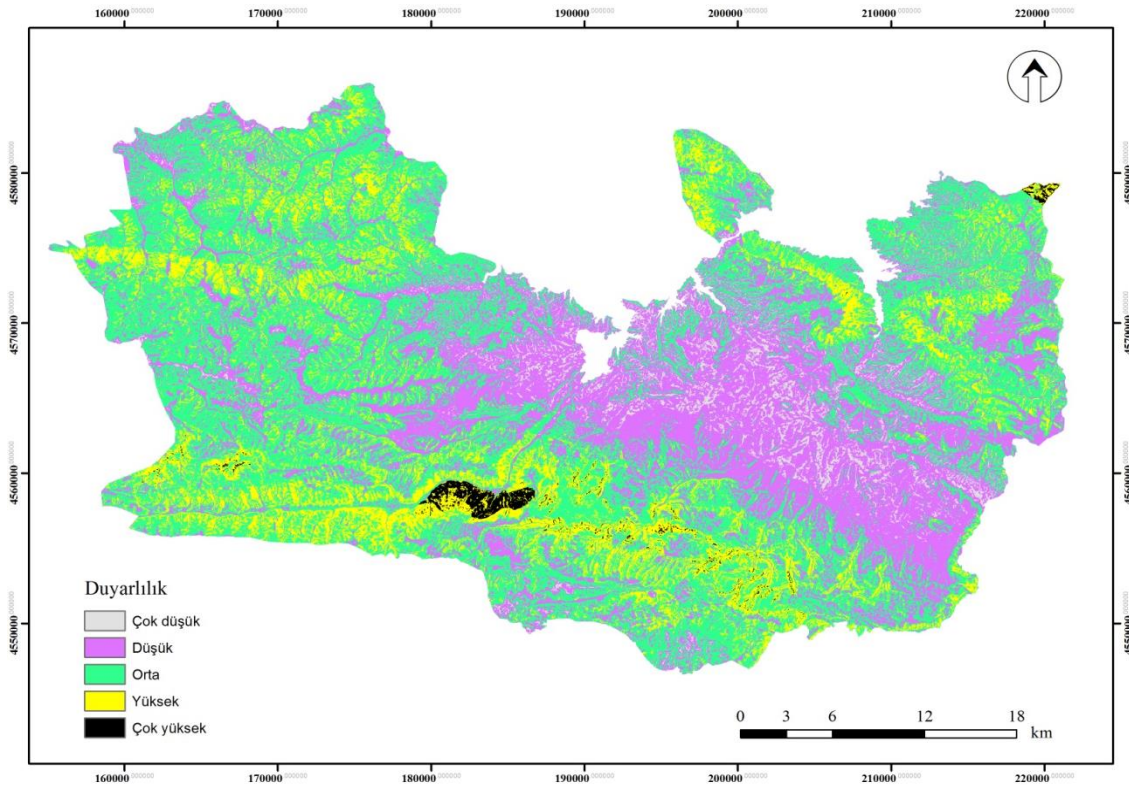
Analizlerde yaygın ve kolay kullanımı nedeniyle frekans oranı yöntemi kullanılmıştır (Akgün vd., 2008; Avinash & Ashamanjari, 2010; Dağ & Bulut, 2012; Mirnazari vd., 2014; Tazik vd., 2014; Akıncı & Kılıçoğlu, 2015)

Frekans oranı, bir olayın gerçekleşme olasılığının gerçekleşmeme olasılığına oranı şeklinde tanımlanmaktadır (Lee, 2005). 123 adet heyelan poligonunun analiz işlemleri için formülize edilmiş frekans oranı tablosu hazırlanmıştır. Tabloda daha önceden hazırlanan 6 adet parametrenin alandaki piksel sayıları bulunmaktadır. Analizde kullanılacak heyelanların her parametreye ait ilgili aralıklardaki pikselleri de heyelanlı piksel sayısı olarak tabloya işlenmiştir. Çizelge 3'te sayısal yükseklik modeli için düzenlenen frekans oranı tablosu örneği verilmektedir. Tablonun puan sütunundaki her aralığın frekans oranı 100 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Bu puanlar yeniden sınıflandırılmış raster haritalar üzerine yazılarak frekans haritaları oluşturulmuştur. Son düzenlemeyle mevcut bulunan 6 adet parametreye ait haritalar matematiksel olarak toplanmıştır. Toplanan bu haritanın 86-477 puan aralığında kaldığı görülmüştür. Buradan; üretilen duyarlılık haritasında heyelana en duyarlı bölgenin puanının maksimum 477, en duyarlı bölgenin puanının da minimum 86 olduğu anlaşılmaktadır. Oluşturulan duyarlılık haritası çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere 5 sınıfta yeniden sınıflandırılmıştır. Böylece Vezirköprü ilçesi için hedeflenen heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir (Şekil 4).

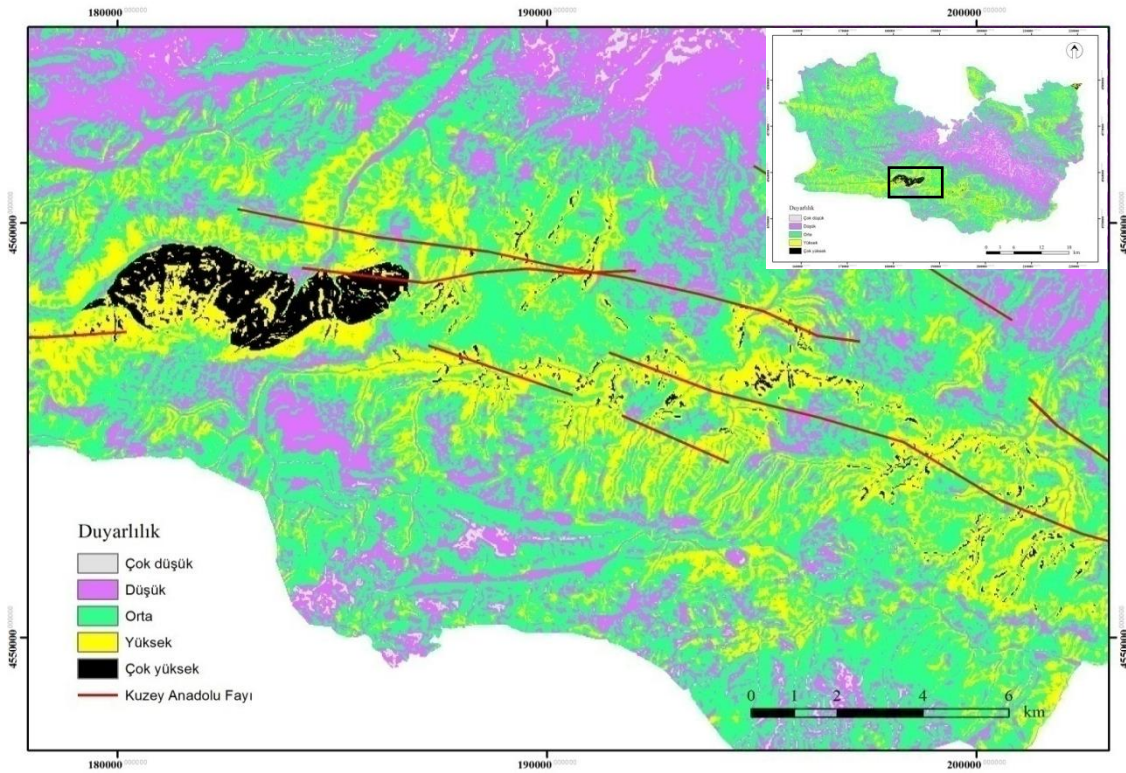
**Çizelge 3.** Sayısal yükseklik modeli için HP; heyelanlı piksel, AP; alandaki piksel sayısı, THP; toplam heyelanlı piksel sayısı, TP; toplam piksel sayısı, FR  $((HP/THP)/(AP/TP))$ ; frekans, NFR; frekans oranı ve P; puan.

SYM (YÜKSEKLİK)	SINIF	HP	AP	THP	TP	FR	NFR	P
135-200	1	2	31947	17517	2516383	0.008993	0.002028	0
200-300	2	201	217836			0.132551	0.029886	3
300-400	3	353	318742			0.159093	0.035870	4
400-500	4	1390	306234			0.652046	0.147014	15
.	.	.	.			.	.	.
.	.	.	.			.	.	.
1700-1800	17	180	5830	4.435279	1.000000	100		

Üretilen heyelan duyarlılık haritası incelendiğinde % 15'lik kısmın çok yüksek ve yüksek derecede duyarlı alanlarla temsil edildiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, duyarlılık haritasının kontrol için ayrılan 32 adet heyelan ile çok yüksek ve yüksek derecede duyarlı alanlar bakımından toplamda % 85 uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Kuzey Anadolu Fayı'nın geçtiği hat boyunca çok yüksek ve yüksek derecede duyarlılığa sahip alanların yoğunluğu göze çarpmaktadır (Şekil 5).



Şekil 4. Vezirköprü ilçesi heyelan duyarlılık haritası



Şekil 5. Kuzey Anadolu Fayı çevresinde heyelan duyarlılığı

### 3.KAYA DÜŞMESİ DUYARLILIK ÇALIŞMALARI

Kaya düşmesi duyarlılık haritasına altlık oluşturacak sayısal yükseklik modeli, il geneli için 30x30 m piksel boyutlu olarak üretilmiştir. Vezirköprü ilçesi kaya düşmesi duyarlılık analizlerinde kullanılmak üzere; il geneli için üretilen sayısal yükseklik modelinden ilçe sınırı kadar kesme işlemi yapılmıştır. Belirli bir eğimin üzerindeki alanların kaya düşmesi açısından potansiyel aktif kaynak alan olarak değerlendirilebileceği göz önüne bulundurulduğunda; kaynak alanların sınır eğimi sayısal yükseklik modelinin çözünürlüğüne bağlı olarak değişmektedir. Kaya düşmesi kaynak alanlarının sınır eğiminin belirlenmesi için Eşitlik 1'den yararlanılmaktadır (Dorren & Seijmonsbergen, 2003; Troisi vd., 2008).

$$\alpha = 55 \times RES^{-0.075} \quad (1)$$

Burada  $\alpha$ ; kaynak alanlar için sınır eğim değeri,  $RES$ ; sayısal yükseklik modelinin çözünürlüğüdür. Bu çalışmada Vezirköprü ilçesi kaya kaynak alanlarının belirlenmesi için 30x30 m piksel sayısal yükseklik modelinden yararlanıldığından 42.6 derece sınır eğim açısı kullanılmıştır. Bu açı dikkate alınarak eğim haritası 2 sınıf olarak yeniden sınıflandırılmış, 0-42.6 derece aralığındaki piksellere -1, 42.6-90 derece aralığındaki piksellere (potansiyel kaya kaynak alanı) ise 1 değeri atanmıştır.

#### 3.1.Kaya Düşmesi Envanteri

Hesaplama sonucu belirlenen kaya kaynak alanlarının gerçekte kaya niteliğinde olup-olmadığının tespiti ve nispeten daha düşük eğimde olduğundan hesaplama ile belirlenemeyen ancak mevcutta kaya kaynak alanı olabilecek alanların tespiti yerinde arazi gözlemleriyle yapılmıştır (Şekil 6). Yapılan bu çalışmanın sonucunda ilçeye ait 83 adet kaya düşmesi kaynak alanı envantere kazandırılmıştır.

Kaya düşmesi kaynak alanlarının yükseklik dağılımı incelendiğinde 1000 m kotuna kadar olan kaya düşmesi kaynak alanları (55 adet), envanterin % 66'sına karşılık gelmektedir (Çizelge 4a). Bununla birlikte 42.6-60 derece aralığında bulunan kaya düşmesi kaynak alanları (63 adet), envanterin % 76'sına karşılık gelmektedir (Çizelge 4b). Ayrıca kaya düşmesi kaynak alanlarının bakı dağılımının tüm yönlerde birbirine yakın değerlerde olduğu gözlenmiş, öncü olarak kuzeybatı yönlü kaya düşmesi kaynak alanlarının (15 adet) envanterin % 18'ine karşılık geldiği görülmüştür. Öte yandan, % 48'lik oranıyla dış bükey kaya düşmesi kaynak alanları (40 adet) envantere hakim eğriselliği vermektedir. Kaya düşmesi kaynak alanlarının jeolojik formasyonlar ile ilişkisi incelendiğinde; envanterin % 64'lük kısmının Jura-Kretase yaşlı İnaltı formasyonu (Jki) üzerinde (53 adet) bulunduğu gözlenmiştir. Kaya düşmesi kaynak alanlarının kayaç sınıflaması ile ilişkisi incelendiğinde; envanterin % 57'lik kısmının (47 adet) neritik kireçtaşı niteliğinde olduğu gözlenmiştir.

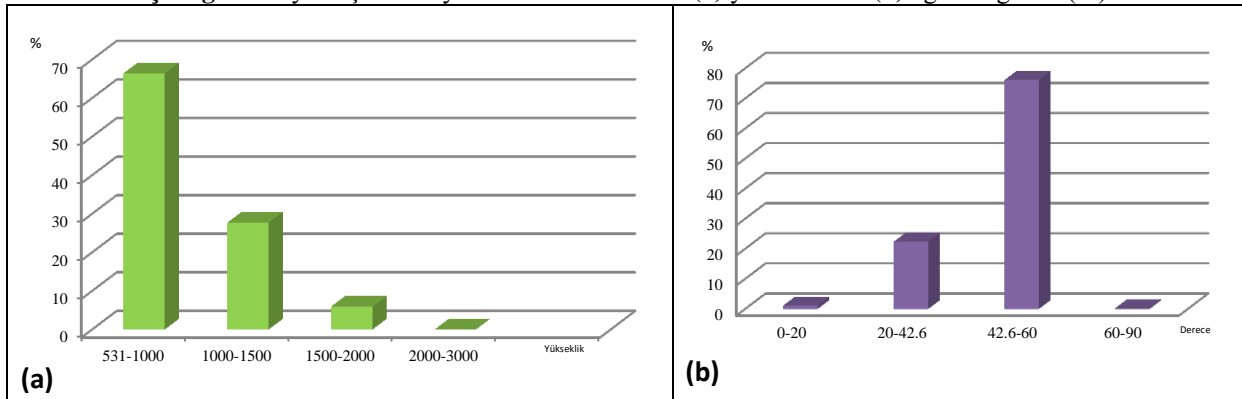


**Şekil 6.** Arazide tespit edilen kaya düşmesi kaynak alanı (Kabalı Mahallesi, 41.216860°K, 35.569098°D)

### 3.2.Kaya Düşmesi Duyarlılık Analizleri

Kaya düşmesi duyarlılık analizlerinde kaya bloğunun enerjisi ile menzil mesafesi (yayımlı zon) arasında bir ilişki olduğunu kabul eden ve literatürde enerji çizgisi açısı olarak da bilinen yaklaşımdan yararlanılmıştır (Capons vd., 2009). Bu ampirik yaklaşımın kullanılabilmesi için Conefall yazılımı ile literatürde belirlenen 32, 35 ve 38 derecelik enerji çizgisi açıları girdi olarak kullanılmıştır (Aksoy & Ercanoğlu, 2006; Jaboyedoff & Labiouse, 2011). Bu açılar aynı zamanda sırasıyla, yüksek, orta ve düşük kaya düşmesi duyarlılığını ifade etmektedir. Arazi çalışmaları sırasında Kaplancık Mahallesi civarında düşmüş kayalar olduğundan yalnızca bu bölgeye özel 28 derecelik açıyla da hesaplama yapılmıştır. Tüm açılarla yapılan hesaplama sonucu ortaya çıkan raster formatlı yayılım zonları, kaya düşmesi kaynak alanlarının yayılım zonlarını ifade etmektedir. Bu zonlar matematiksel olarak toplanmış ve zonlar üzerine kaya düşmesi kaynak alanları eklenerek Vezirköprü ilçesi kaya düşmesi duyarlılık haritası oluşturulmuştur (Şekil 7a). Haritada ilçenin kuzeydoğusunda bulunan Türkmen ve Kaplancık mahalleleri civarında kaynak alanların yoğunluğu göze çarpmaktadır (Şekil 7b-7c). Analize giren 83 adet kaya düşmesi kaynak alanının yayılım zonu bakımından pikselleri incelendiğinde; ilçenin düşük derecede kaya düşmesi duyarlılığı % 22, orta derecede kaya düşmesi duyarlılığı % 18 ve yüksek derecede kaya düşmesi duyarlılığı % 60 oranında hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.** Kaya düşmesi kaynak alan envanterinin (a) yükseklik ve (b) eğim dağılımı (%)



## 4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

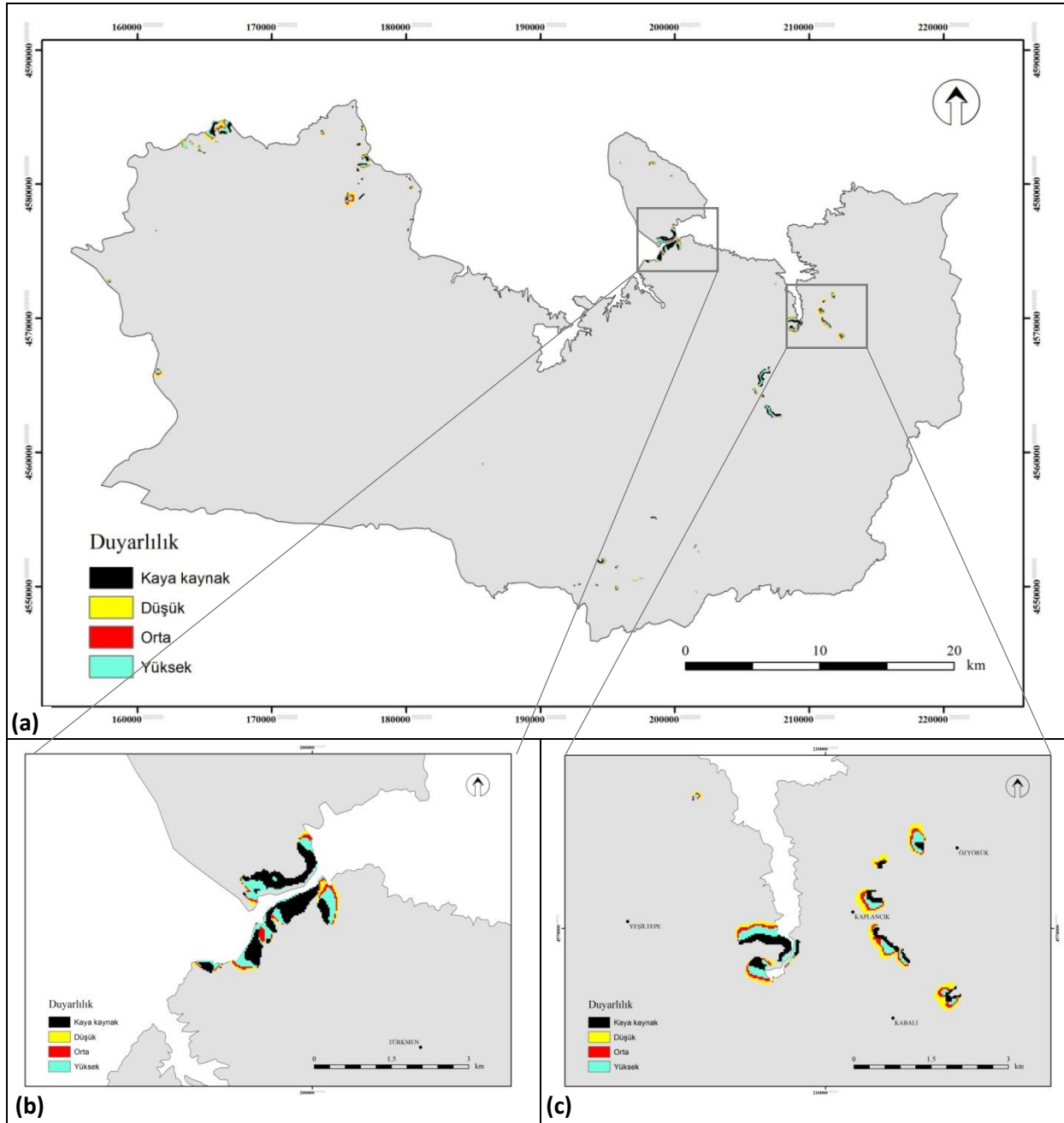
Bu çalışma; AFAD tarafından hayata geçirilen Bütünleşik Afet Tehlike Haritalarının Hazırlanması Projesi kapsamında Samsun Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik personelince büro ve arazi aşamalarıyla Haziran-Aralık 2015 tarihleri arasında yürütülmüş olup, Vezirköprü ilçesi için gelecekte yapılacak tehlike ve risk çalışmalarına altlık teşkil etmektedir.

Frekans oranı yöntemi kullanılarak üretilen heyelan duyarlılık haritasının kontrol heyelanları ile çok yüksek ve yüksek derecede duyarlı bölgeler bakımından toplamda % 85 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Oluşturulan kaya düşmesi duyarlılık haritasına göre kaya kaynak alanlarının bilhassa yoğunlaştığı kanyon bölgelerinde yüksek derecede kaya düşmesi duyarlılığının baskın olduğu görülmüştür.

Düşük derecede kaya düşmesi duyarlılığının ilgili kaya kaynak alanlarına ait yayılım zonlarının en uç noktalarını temsil ettiği aşikardır. Bu alanlar aynı zamanda muhtemel yerleşim yerlerini etkileyebilecek olduğundan gelecekte yapılması planlanan tehlike çalışmalarında durumun göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Analiz süreçleri ve üretilen duyarlılık haritalarının benzer çalışmalara ve çalışmacılara katkı vermesi beklenmektedir.



Şekil 7. (a) Vezirköprü ilçesi kaya düşmesi duyarlılık haritası, (b) Türkmen Mahallesi kaya düşmesi kaynak alanları ve (c) Kaplancık Mahallesi kaya düşmesi kaynak alanları

## TEŞEKKÜR

Heyelan ve kaya düşmesi envanter ve duyarlılık çalışmalarının tüm teknik ve idari aşamalarında göstermiş olduğu ilgi ve destekleri için Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Planlama ve Zarar Azaltma Daire Başkanı Sn. Erkan KOPARMAL'a müteşekkirimiz.



## KAYNAKLAR

- Akgün, A., Dağ, S., Bulut, F.**, 2008, Landslide Susceptibility Mapping for a Landslide-Prone Area (Fındıklı, NE of Turkey) by Likelihood Frequency Ratio and Weighted Linear Combination Models, *Environmental Geol.*, 54 (6), 1127-1143.
- Akıncı, H.; Kılıçoğlu, C.**, 2015, Atakum (Samsun) İlçesinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi, *Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu*, 3-5 Eylül 2015, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Aksoy, H.; Ercanoğlu, M.**, 2006, Determination of the Rockfall Source in an Urban Settlement Area by Using a Rule-based Fuzzy Evaluation, *Nat. Hazard Earth Syst. Sci.*, 6, pp. 941-954.
- AFAD**, 2015, Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması, Heyelan-Kaya Düşmesi Temel Kılavuz, Ankara.
- Avinash K.G.; Ashamanjari, K.G.**, 2010, A GIS and Frequency Ratio Based Landslide Susceptibility Mapping: Aghnashini River Cathment, Uttara Kannada, India, *International Journal of Geomatics and Geosciences*, Volume 1, 3, pp. 343-354.
- Capons, R., Vilaplana, J.M., Linares, R.**, 2009, Rockfall Travel Distance Analysis bu Using Empirical Models, Sola d'Andorra la Vella, Central Pyrenees, *Natural Hazards Earth System Science*, 9, 2107-2118.
- Dağ, S.; Bulut F.**, 2012, Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasına Bir Örnek: Çayeli (Rize, KD Türkiye), *Jeoloji Mühendisleri Dergisi*, 36-1, 35-62.
- Dorren, L.K.A.; Seijmonsbergen, A.C.**, 2003, Comparison of Three GIS-based Models for Predicting Rockfall Runout Zones at a Regional Scale, *Geomorphology*, 56(1-2), p. 49-64.
- Jaboyedoff, M.; Labiouse, V.**, 2011, Technical Note: Preliminary Estimation of Rockfall Runout Zones, *Nat. Hazard Earth Syst. Sci.*, 11, pp. 819-828.
- Lee, S.**, 2005, Application of logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing data, *Int. J. Remote Sens.*, 26: pp. 1477-1491.
- Mirnazari, J., Ahmad, B., Mojaradi, B., Sattari, F.**, 2014, Using Frequency Ratio Method for Spatial Landslide Prediction, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 7(15), pp. 3174-3180.
- Tazik, E., Jahantab, Z., Bakhtiari, M., Rezaei, A., Alavipanah, S.K.**, 2014, Landslide Susceptibility Mapping by Combinin the Three Methods Fuzzy Logic, Frequency Ratio and Analytical Hierarchy Process in Dozain Basin, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-2/W3. pp. 267-272.
- Troisi, C., Berger, F., Dorren, L.**, 2008, Protection de la viabilite alpine, *PROVIALP Project Report*, interrag Illa 200-2006 Alpes Latines n 165, ARPA/Cemegref.