

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) İle Hasret Dağı ve Çevresinin (Elazığ) Erozyon Duyarlılık Analizi

Erosion susceptibility analysis of Hasret Mountain (Elazığ) using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS)

Murat Sunkar^{1*}, Vedat Avcı²

¹Fırat Üniversitesi, İnsani ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Elazığ

²Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Bingöl

Özet: Bu çalışmada, Elazığ'ın doğusunda yer alan Hasret Dağı ve çevresinin erozyon duyarlılık analizi yapılmıştır. Hasret Dağı'nın yapısı temelde magmatik, üst seviyelerde geçirimsiz ve karbonatlı kayalardan oluşmaktadır. Dağın güney bölümü Elazığ Fayı tarafından kesilerek engebeli bir yapı kazanmıştır. Hasret Dağı ve çevresinin iklimi, jeolojik, jeomorfolojik ve bitki örtüsü özellikleri nedeniyle çok şiddetli erozyon yaşanmaktadır. Erozyon sonucu dağlık alanlardan taşınan malzeme, Hasret Dağı güneyinde yerleşme ve tarım alanlarını etkilemektedir. Bu alan dışında, taşınan malzeme Keban Baraj Gölü'nde siltasyona neden olmaktadır. Hasret Dağı ve çevresinde yaşanan erozyonun etkisi ve erozyona duyarlı alanların belirlenmesi amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri kullanılmıştır. Erozyon duyarlılığını belirlemek amacıyla litoloji, eğim, akarsu yoğunluğu, bitki örtüsü ve toprak tekstürü (toprak parlaklığı) analiz edilmiştir. Erozyon üzerinde etkili olan bu faktörler önem derecelerine göre sınıflandırılmış ve ağırlıklı çakıştırma yöntemi kullanılarak erozyon duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Faktör haritalarının çakıştırılması sonucunda elde edilen duyarlılık haritasına göre, Hasret Dağı ve çevresinin % 51'i erozyona karşı yüksek derecede duyarlıdır. Orta derecede duyarlı alanlar % 20, duyarlılığın düşük olduğu alanlar ise % 29'luk orana sahiptir. Bu sonuçlara göre Hasret Dağı ve çevresinde erozyon duyarlılığının yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum dikkate alınarak bölgede devam eden erozyonla mücadele çalışmalarına hız verilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Elazığ, Hasret Dağı, Erozyon, Erozyon Duyarlılığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama (UA)

Abstract: Erosion susceptibility analysis of Hasret Mountain, which is located in the east of Elazığ, was performed in this study. Hasret Mountain is composed of magmatic rocks in the basic and impervious and carbonate rocks in the upper levels. Cut by the Elazığ fault, the southern part of the mountain has a wavelike disposition. Extreme-severity erosions occur due to the climatic, geologic and geomorphologic properties and the vegetation around Hasret Mountain. The materials carried with erosion from mountainsides affect the settlements and agricultural lands in the south of Hasret Mountain. Besides this region, the materials carried cause to siltation in Keban Dam Lake. Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) methods were used to determine the effects of the erosion and erosion sensitive areas that Hasret Mountain and around. Lithology, slope, tributary density, vegetation and soil texture (soil brightness) were analyzed in order to determine the erosion susceptibility. These factors having influence on the erosion were classified according to their levels of significance and an erosion susceptibility map was created with weighted overlay method. Based on the susceptibility map, which were obtained by overlaying factor maps, it was determined that 51% of the

* İletişim yazarı: M. Sunkar, e-posta: msunkar@firat.edu.tr

Makale Geliş Tarihi: 10.06.2015

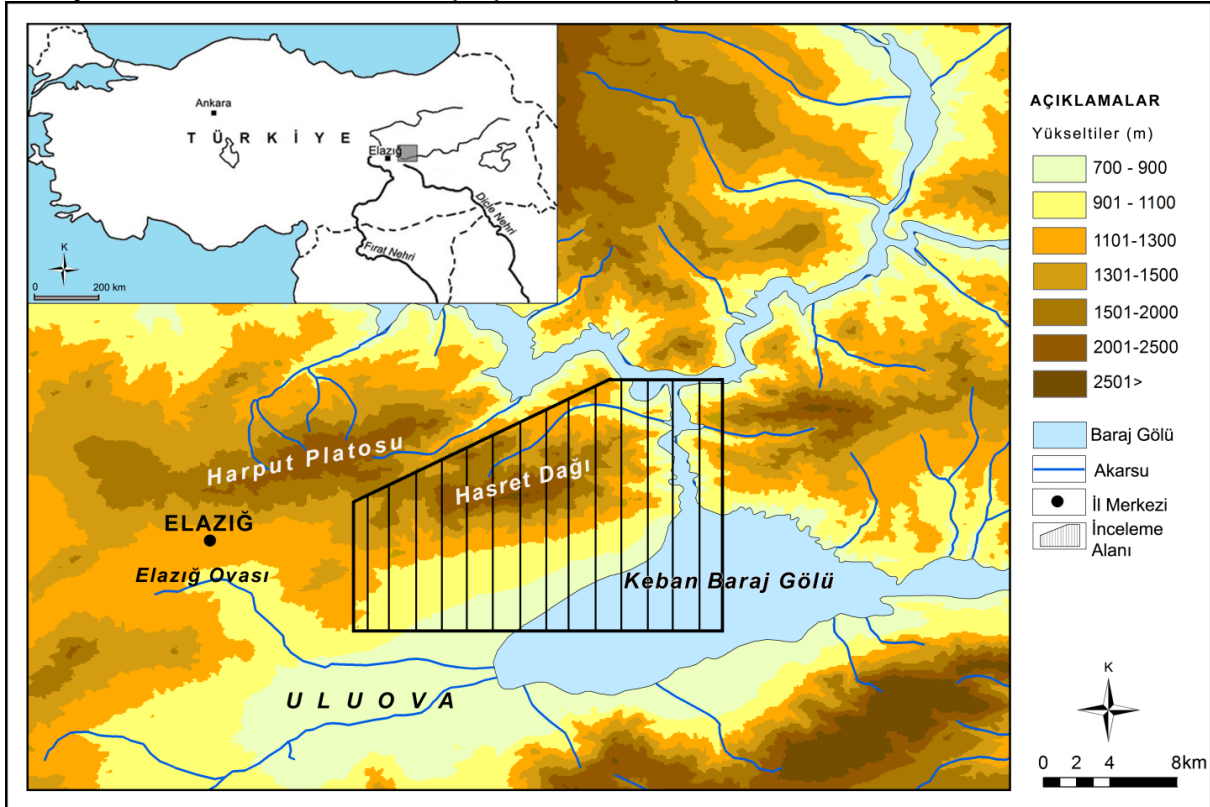
Makale Basıma Kabul Tarihi: 30.12.2015

region around Hasret Mountain was highly sensitive to erosion. The reasonably sensitive areas constitute 20% and low susceptibility areas constitute 29% of the region. It is seen with these results that Hasret Mountain and around is highly sensitive to erosion. Considering this situation, works for combating erosion, which continues currently in the region, must be sped up.

Keywords: Elazığ, Hasret Mountain, Erosion, Erosion Susceptibility, Geographic Information Systems (GIS), Remote Sensing (RS)

1. Giriş

Jeolojik ve jeomorfolojik açıdan doğal erozyon, yeryüzünün şekillenmesinde önemli bir süreçtir. Ancak, bu doğal süreçte beşeri faaliyetlerin devreye girmesi ile erozyon hızlanarak tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir. Hasret Dağı ve çevresinde de doğal ve beşeri faktörler nedeniyle yaşanan erozyon çevre için büyük risk oluşturmaktadır. Elazığ'ın doğusunda yer alan Hasret Dağı, KD-GB doğrultusunda uzanmakta olup, güney yamaçları Elazığ Fayı tarafından kesilmiştir (Şekil 1). Bu dağlık kütle, faylanma sonucu yükselmiş ve kuzeye doğru çarpılmıştır. Uluova'nın kuzeydoğusunda kalan bu kütle, çevresiyle birlikte Elazığ genelinde çok şiddetli erozyonun yaşandığı alanların başında gelmektedir. Sahanın bu özelliğinin detaylandırılması ve erozyon risk durumunun belirlenmesi amacıyla CBS ve UA kullanılarak bu çalışma hazırlanmıştır.



Şekil 1. Hasret Dağı ve çevresinin (Elazığ) lokasyon haritası.

Hasret Dağı'nın yapısı temelde magmatiklerden (granit, granodiyorit, diyorit, diyabaz, bazalt, andezit), üstte ise karasal kırıntılar (konglomera, kumtaşı, marn) ve karbonatlardan oluşmaktadır (Turan ve diğ., 1995). Elazığ üzerinden gelip bir kolu Harput Platosu güneyinden diğer kolu Hasret Dağı güneyinden geçen fay, Palutoğlu ve Tanyolu (2006) tarafından Elazığ Fayı olarak adlandırılmıştır. Hasret Dağı'nın güney yamaçlarını kesen faylar, bu yamaçlarda deformasyona neden olarak ayrışma ve taşınma süreçlerini hızlandırmıştır. Özellikle andezitlerin yüzeylediği alanlarda, kayaçlar eksfoliyasyon sonucunda şiddetli erozyona neden olmaktadır (Sunkar ve Bağcı, 2014).

Fiziksel yollarla ayrışan malzemelerin çoğu, mevsimlik akarsular tarafından taşınmaktadır. Hasret Dağı ve çevresinde vadi yoğunluğunun arttığı alanlarda erozyon şiddetinin de arttığı görülmektedir.

Hasret Dağı (Kartal Tepe, 1724 m) ile güneyinde yer alan Uluova arasında ortalama 800-900 m yükselti farkı bulunmaktadır. Ovanın bu bölümü, kaynağını Harput Platosu ve Hasret Dağı'ndan alan akarsuların oluşturduğu piedmont ovası özelliğindedir. Doğu bölümü Keban Baraj Gölü suları altında kalan Uluova, kuzey ve güney kenarlarında faylarla sınırlandırılmış, eski bir senklinal özelliğine sahiptir. Ova batıdan doğuya doğru az eğimli olup Kuvaterner'deki çökmelerle son şeklini almıştır (Akkan, 1972; Şengün, 2012). Ovadın dağlık alana geçişte yüksek eğimli fay diklikleri bulunmaktadır. Faylı yapı nedeniyle dağın güneye bakan yamaçlarında eğim 45°'yi geçmektedir.

Hasret Dağı'nın yukarıda açıklanan jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri ve yörede sürdürülmekte olan mera hayvancılığı nedeniyle doğal bitki örtüsü tahrip edilmiştir. 29 Mayıs 2014 Landsat 8 uydu görüntüsünden elde edilen Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) değerlerine göre, çalışma alanının büyük bir kısmı bitki örtüsü açısından çok fakirdir. Bu genel durum nedeniyle, geçmişten günümüze doğru erozyonun şiddeti artmıştır. Hasret Dağı güneyinde çok geniş ve kalın dolgulardan oluşan yelpazeler, bu durumun sonucudur.

Doğal erozyon, yer şekillerinin oluşumu açısından önemli bir olay olmasına karşın, toprak erozyonu doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Erkal, 2012). Toprak erozyonu ise en fazla su ve rüzgarın etkisiyle, toprak örtüsünün olduğu yerden aşındırılarak başka alanlarda biriktirilmesidir. Her yıl su ve rüzgarla meydana gelen toprak erozyonu, Dünya'da ve Türkiye'de önemli miktarda toprak kaybına neden olmaktadır (Mater, 2004). Toprak erozyonu kurak ve yarı kurak bölgelerde daha şiddetli gerçekleşmekle birlikte, özellikle insanın etkisiyle diğer iklim bölgelerinde de şiddetli erozyon yaşanabilmektedir. Hatalı tarım yöntemleri, aşırı ve bilinçsiz otlatma, ormanların tahribi gibi faaliyetler, erozyon ile toprak kaybını hızlandıran beşeri faaliyetlere örnektir. Toprağın insan yaşamındaki önemi dikkate alındığında, bu problemin insanlar için ciddi bir sorun olduğu görülmektedir.

Toprak oluşumunda anakaya, iklim, topoğrafya ve bitki örtüsü etkilidir (Mater, 2004; Atalay, 2008). Arazi kullanımı, aşırı otlatma, gübreleme ve arazi yönetimi gibi dış etkenler ise toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemektedir. Yanlış arazi kullanımı ve hatalı tarımsal üretim yöntemleri erozyonu hızlandırmaktadır. Erozyon miktarı ve şiddeti üzerinde topoğrafya şartları, drenaj alanı, vejetasyon çeşidi, tipi ve yüzeyi, iyi gelişmiş yüzeysel drenajın varlığı ya da yokluğu ve jeolojik tabakaların özellikleri etkili olmaktadır (Mater, 2004). Toprak kaybı üzerine ana materyalin (jeoloji ve toprak), eğim, bakı ve arazi kullanımının etkileri yabancı araştırmacılar tarafından farklı çalışmalarda detaylı incelenmiştir (Andre ve Anderson, 1961; Weaver, 1991).

Hasret Dağı ve çevresinde geniş alanlarda erozyon ilerleyerek anakaya erozyonuna dönüşmüş durumdadır. Anakaya erozyonu sonucunda taşınan malzemeler çevredeki tarımsal arazilerin üzerini örterek, bu alanlarda uzun süreli zirai faaliyetleri engellemektedir. Marnlı ve killi litoloji nedeniyle oyuntu (gully) erozyonunun önemli boyutlara ulaştığı Hasret Dağı ve çevresinde drenaj yoğunluğu oldukça yüksektir. Şiddetli erozyon sonrasında taşınan sedimentler dere yataklarının dolmasına ve sonrasında sel ve taşkınların oluşumuna neden olmaktadır. Bu durum dikkate alınarak daha önce Hasret Dağı güneyinde yaşanan sel ve taşkınların çevresel etkileri Sunkar ve Bağcı (2014) tarafından incelenmiştir. Sunkar (2014) bu alanda sel ve taşkın oluşumunda litolojik özellikler üzerinde değerlendirmeler yapmıştır. Bu çalışmalarda, Hasret Dağı ve çevresinde sel ve taşkın oluşumunda diğer faktörlerin dışında yaşanmakta olan şiddetli erozyonun ön planda olduğu görülmüştür. Sonuçta, Hasret Dağı'nda yaşanan şiddetli erozyonla taşınan malzeme, bu dağın güneyindeki tarımsal arazilerin üzerine örtmektedir. Bu genel durum dışında erozyonla taşınan sedimentlerin bir bölümü dere yataklarında biriktirilerek vadilerin su taşıma kapasitesini düşürmektedir. Her iki durumda da şiddetli yağışlar sonucunda görülen sel ve taşkınlar yerleşme, tarım arazileri, bağ ve bahçe alanlarını etkileyerek, büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Sahanın bu özel durumu dikkate alınarak, erozyon duyarlılık durumunun belirlenmesi için CBS ve UA teknolojileri de kullanılarak bu çalışma

hazırlanmıştır. Erozyon duyarlılık özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak ülkemizde farklı alanlarda farklı araştırmacılar tarafından çok sayıda benzer çalışmalar yapılmıştır (Cürebal ve İkinci, 2006; İkinci, 2005; Tombuş ve Ozulu, 2007; Akgün, 2007; Karabulut ve Küçükönder, 2008; Karaburun ve diğ., 2009; Sönmez ve diğ., 2013; Kızılelma ve Karabulut, 2014). Bu çalışmaların bir bölümünde doğrudan RUSLE yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak erozyon duyarlılığının değerlendirmesine yönelik literatürde çok sayıda çalışma vardır. Bu çalışmaların büyük bölümünde RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) yöntemi kullanılmıştır (Cürebal ve İkinci, 2006; İkinci, 2005; Karaburun ve diğ., 2009). RUSLE yöntemi, Amerika Birleşik Devletleri, Tarım Bakanlığı tarafından geliştirilmiş olup, tarımsal araştırmalar yapan birimler tarafından erozyon modeli olarak geniş alanlarda kullanılmaktadır (Chen ve diğ., 2007; Park ve diğ., 2011).

Erozyon kompleks bir süreç olup, etki derecesi farklı yağış, toprak, topoğrafya ve bitki örtüsü şartlarından etkilenmektedir. Bu nedenle, erozyon duyarlılığını belirlemek amacıyla, her faktörün ağırlık değerinin değerlendirilmesi gereklidir. Ağırlık değerlerinin belirlenmesine yönelik olarak birkaç farklı yöntem uygulanmaktadır. Bunlar, Uzman Puanlama, Analitik Hiyerarşi Süreçleri (AHP) ve Temel Bileşen Analizi (PCA) yöntemleridir. Bu yöntemlerin içerisinde de Analitik Hiyerarşi yöntemi en fazla kullanılan yöntemdir (Li ve diğ., 2007; Xiong ve diğ., 2007). Bu yöntem, karmaşık sorunların çözümünde, karmaşayı azaltmak için basit ve anlaşılır hiyerarşik bir yapı oluşturma temeline dayanmaktadır (Zhang ve diğ., 2013). Analitik Hiyerarşi yönteminde, her faktör için objektif olarak ağırlık değeri atanarak kullanılmaktadır. Ağırlık değerlerinin atanmasındaki bu objektiflik nedeniyle, erozyon duyarlılığının belirlenmesinde bu yöntemin daha uygun olacağı düşünülerek kullanılmıştır. Bu yöntem, Uzman Puanlama yöntemiyle de uyumlu çalıştığı için ayrıca avantajlı görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında, erozyon duyarlılığının belirlenmesi amacıyla, erozyonu etkileyen litoloji, eğim, akarsu yoğunluğu, bitki örtüsü, arazi kapallık durumunu yansıtan NDVI değerleri ve toprak parlaklığı (soil brightness) faktörleri, ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle analiz edilmiştir. Erozyon duyarlılığında kullanılan bu parametre haritalarının oluşturulması amacıyla, sahaya ait 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları, jeoloji haritaları, DEM ve uydu görüntüleri temin edilmiştir.

Hasret Dağı ve çevresinin litolojik özelliklerini belirlemede, bu alanda yapılan jeoloji çalışmaları ve Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA) tarafından hazırlanan 1/500.000 ölçekli jeoloji haritaları referans olarak kullanılmıştır. Hasret Dağı ve çevresindeki litolojik birimler sade ve geniş alanlarda aynı birimlerden oluşmaktadır. Bu alanda yüzeyleyen litolojik birimler, 1/500.000 ölçekli haritada rahat gösterilebildiği için bu ölçek tercih edilmiştir.

Sayısal topografya haritalarından (DEM) elde edilmiştir. DEM'den de Hasret Dağı ve çevresinin eğim haritası oluşturularak, eğim sınıfları belirlenmiştir. Bu sınıflandırmada morfolojiyi temsil eden değerler kullanılmıştır.

Akarsu (drenaj) yoğunluğunu belirlemede kullanılmak üzere 1/25.000 ölçekli sayısal topografya haritaları üzerinden sürekli ve mevsimlik akarsular çizilmiştir. Sonrasında bu akarsular, ArcGIS 10.1 Spatial Analysis-Line Density Tool'u ile analiz edilerek akarsu yoğunluğu elde edilmiştir (km²/km). Drenaj yoğunluğu, havzaların akarsular tarafından yarıma oranını göstermektedir (Verstappen, 1983). Bu değer, havzanın akarsular tarafından yarıma derecesini gösterdiği için vadi yoğunluğunu da temsil etmektedir. Drenaj Yoğunluğu (D_d); Horton (1932;1945) tarafından üretilmiş olup en önemli morfometrik parametrelerden biridir.(1).

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad (1)$$

D_d : Drenaj yoğunluğu,

$\sum L$: Toplam drenaj uzunluğu (km),

A: Havza alanını (km²) göstermektedir.

Bitki örtüsü özelliklerini belirlemek amacıyla, 29 Mayıs 2014 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsünden (http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php) Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) çıkarılarak değerlendirilmiştir (2).

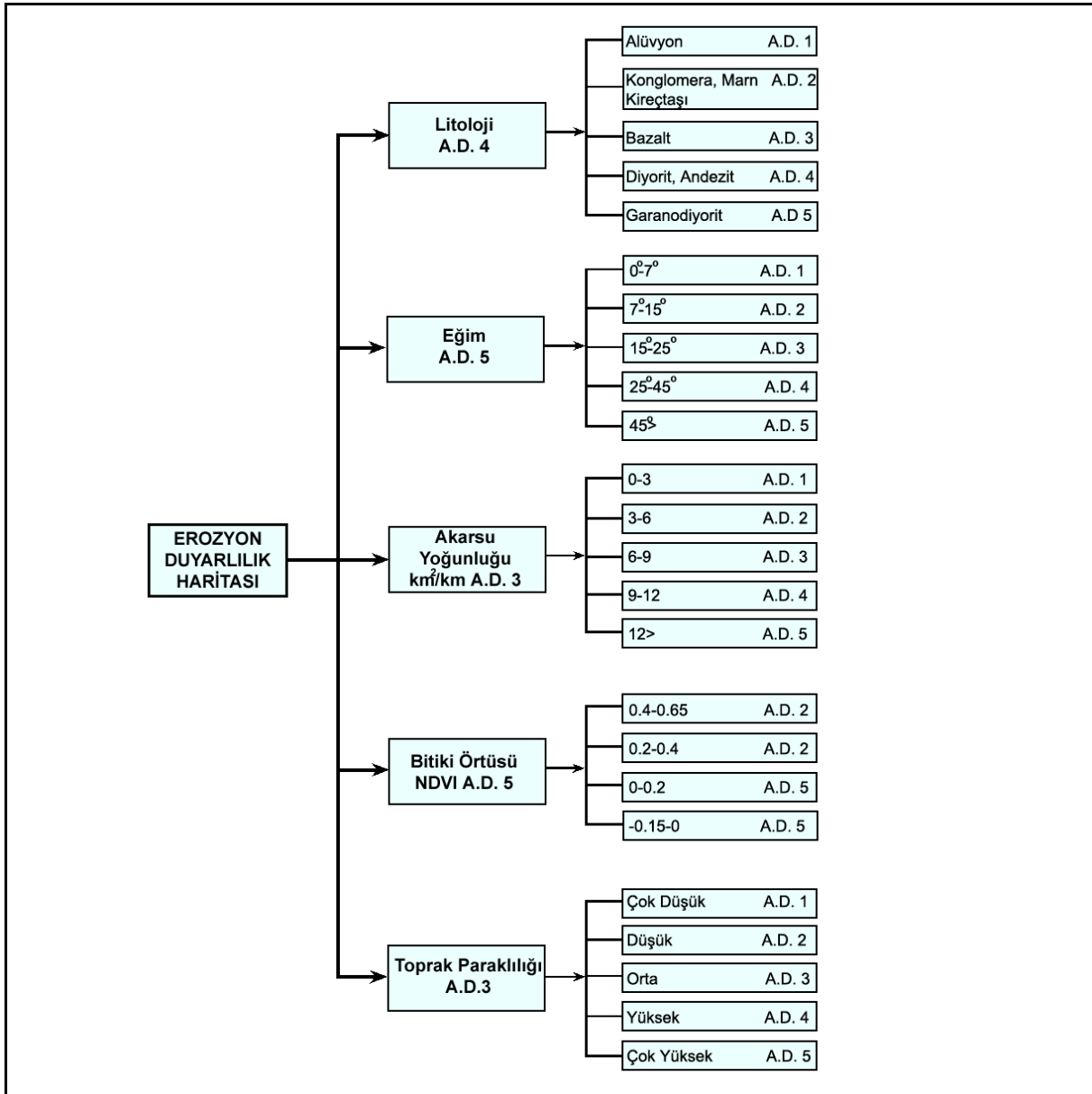
$$NDVI = \frac{Band5 - Band4}{Band5 + Band4} \quad (2)$$

Toprak parlaklığı için Landsat 8 Uydu görüntüsüne Tasseled Cap Dönüşümü uygulanmıştır (Kauth ve Thomas, 1976). Bu dönüşüm için Baig ve diğerleri (2014) tarafından üretilmiş olan aşağıdaki formül kullanılmıştır (3). Dönüşüm sonrasında Parlaklık indeksinden toprak grupları ince tekstürden kaba tekstüre doğru sınıflandırılmıştır.

$$TPI = 0.3029 \times B2 + 0.2786 \times B3 + 0.4733 \times B4 + 0.5599 \times B5 + 0.508 \times B6 + 0.1872 \times B7 \quad (3)$$

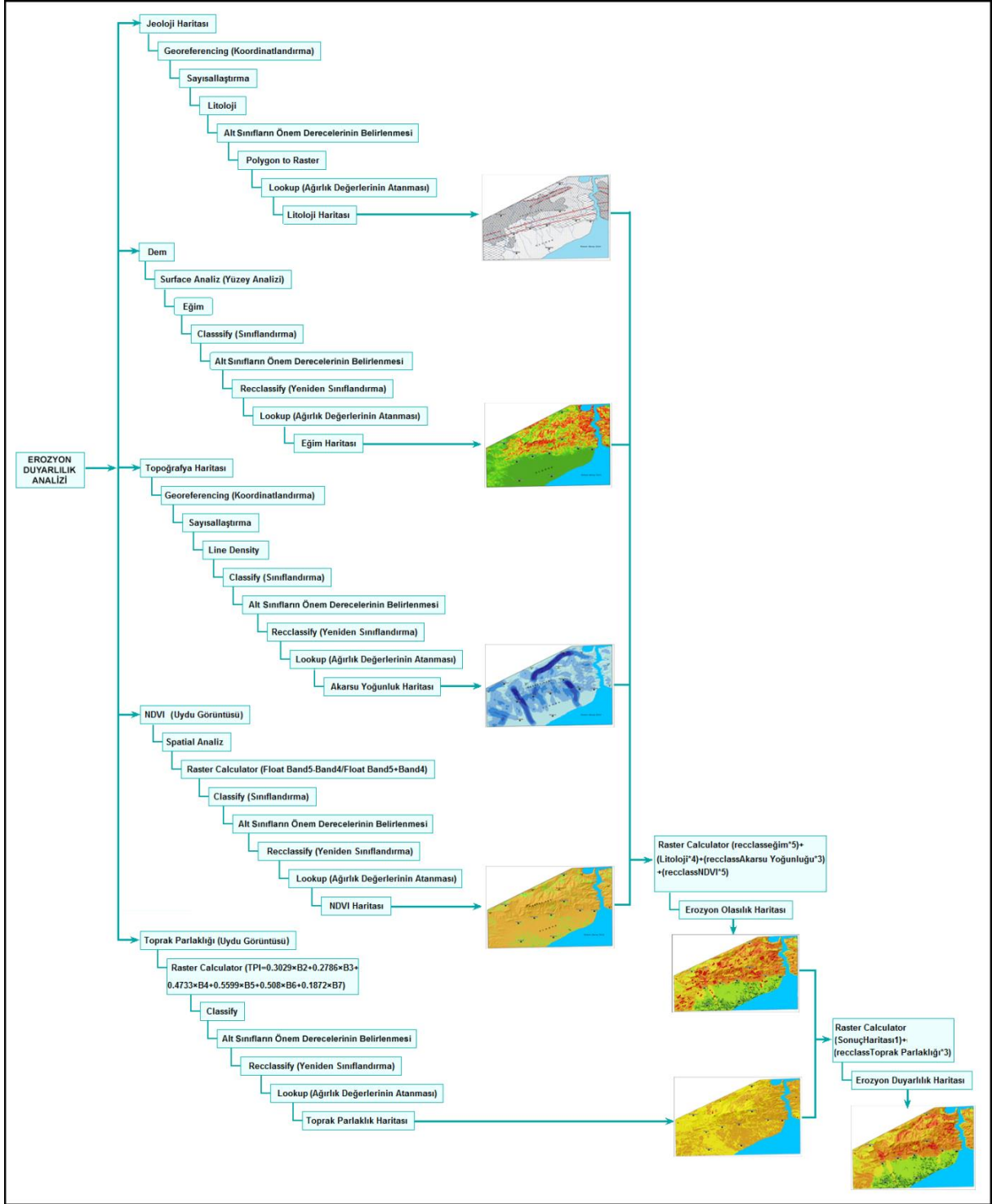
Hasret Dağı ve çevresinde görülen şiddetli erozyon üzerinde litolojik özellikler, eğim, akarsu yoğunluğu, bitki örtüsü ve toprak özellikleri etkili olmaktadır. Şüphesiz bu alanda yaşanmakta olan erozyon üzerinde iklim faktörünün etkisi de büyüktür. İklim faktörü akarsu yoğunluğunu etkilemesi bakımından önemlidir. Faktör haritalarının oluşturulmasından sonra her faktör haritasında yer alan sayısal verilerin anlamlandırılması ve standart bir ölçüde gruplandırılması amacıyla ağırlık değerleri atanmıştır (Şekil 2). Ağırlık değerlerinin atanmasında her parametre harita içerisindeki değerlerin erozyona etki dereceleri dikkate alınarak Uzman puanlaması yapılmıştır. Ağırlık değerlerinin belirlenmesinde arazi gözlemleri referans alınarak, parametre haritalarının histogram değerleri sınıflandırmaya tabii tutulmuştur.

Toprak parlaklığı dışında kalan litoloji, eğim, akarsu yoğunluğu ve NDVI parametreleri önce ağırlık değerine göre sınıflandırmaya tabii tutulmuş ve parametre haritaları oluşturulmuştur. Bu işlemlerden sonra erozyon çalışmalarında kullanılan toprak parlaklığı parametresi, uydu görüntüleri üzerinden yapılan sınıflandırmaya göre belirlenmiştir (Şekil 3). Toprak parlaklığının düşük olduğu alanlarda kaba tekstürlü, yüksek olduğu alanlarda ise ince tekstürlü topraklar görülmektedir. Bu genel verilerden hareketle toprak parlaklığının düşük olduğu alanlarda, hızlı ayrışma ve yüksek erozyon görülmektedir. Parlaklığın yüksek olduğu alanlarda agregatlaşma ve birikim ön planda olduğundan erozyon düşüktür. İnce ve kaba malzemenin farklı yansıtma özelliği dışında, şiddetli erozyonla ana kayanın yüzeylediği alanlarda da yansıtma değerleri düşük çıkmıştır. Toprak parlaklığının erozyon üzerindeki etkisi değerlendirilirken bu özellikler dikkate alınmıştır.



Şekil 2. Erozyon duyarlılık analizlerinde kullanılan parametreler ve ağırlık değerleri (A.D.=Ağırlık değeri).

Erozyon duyarlılığının belirlenmesinde, duyarlılığa neden olan faktör (eğim, litoloji, arazi kullanım vb.) haritalarının çakıştırılması, en temel işlemler olarak bilinmektedir (Ayalew ve Yamagishi, 2005). Parametrelerin kendi içerisindeki ağırlık değerlerinin belirlenmesinden sonra, ağırlıklı çakıştırma işlemlerinin yapılabilmesi için her parametrenin erozyon üzerindeki önem derecesine göre, yeniden ağırlık değeri atanmıştır (Şekil 2).



Şekil 3. Erozyon duyarlılık analizlerinde kullanılan parametrelerin hazırlanması ve erozyon duyarlılık haritasının oluşturulmasında kullanılan CBS işlem şeması.

Ağırlık değerlerinin belirlenmesinden sonra, ArcGIS 10.1 programında Spatial Analiz-Map Algebra-Raster Calculator toolu ile $(\text{Reclass eğim} * 5) + (\text{litoloji} * 4) + (\text{Reclass akarsu yoğunluğu} * 3) + (\text{Reclass NDVI} * 5)$ formülünü kullanarak bir erozyon olasılık haritası elde edilmiştir. Bu işlemden

sonra olasılık haritası ile toprak parlaklığı haritası, *Olasılık Haritası+(Recclass Toprak Parlaklığı*3)* formülü ile çakıştırılarak sonuç haritası üretilmiştir (Şekil 3). Sonuç haritası üretilirken bütün parametre haritaları raster formata dönüştürülerek ağırlıklı çakıştırma yöntemi uygulanmıştır. Erozyon duyarlılık haritasının histogram verisi yeniden sınıflandırılarak (recclass) erozyon duyarlılık haritası oluşturulmuştur (Şekil 3).

3. Bulgular

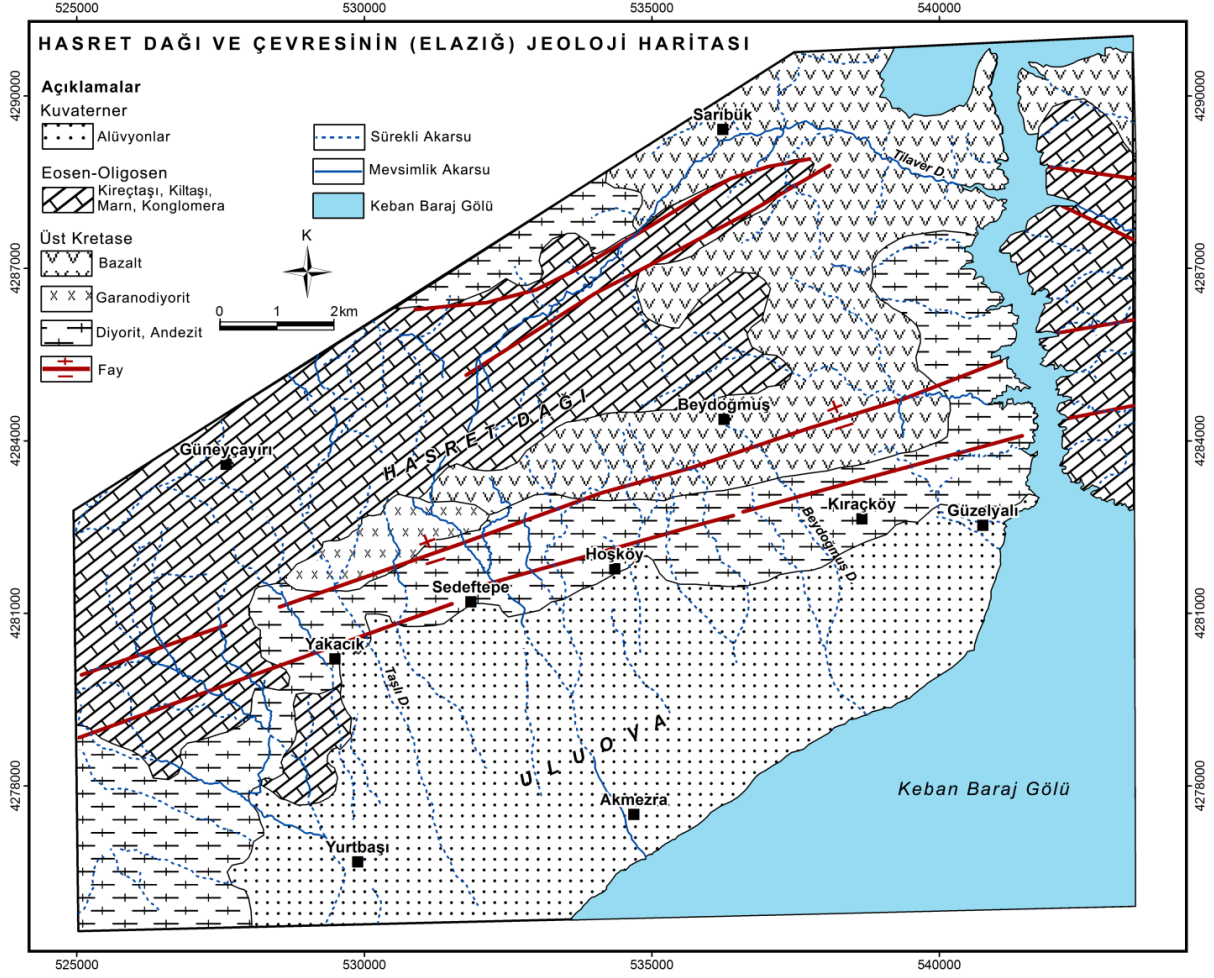
3.1. Litolojinin Erozyon Üzerindeki Etkisi

Elazığ'ın 13 km doğusunda yer alan Hasret Dağı ve çevresinde şiddetli erozyonun görülmesinde jeolojik özelliklerin etkisi ön plana çıkmaktadır. Dağlık kütle faylanma etkisiyle yükselerek kuzeye doğru çarpılmıştır. Böylece aşınımına karşı dirençsiz litolojilerin taşınması hızlanmıştır (Foto 1).



Foto 1. Fay dikliklerine karşılık gelen Hasret Dağı güney yamaçlarında eğim 45°'nin üstüne çıkmakta olup, bu yamaçlarda çok şiddetli erozyon yaşanmaktadır.

Hasret Dağı ve çevresinde yapı, temelde Üst Kretase yaşlı mağmatikler, üst seviyelerde Eosen-Oligosen karasal kırıntılı ve karbonatlardan oluşmaktadır (Şekil 4). Üst Kretase döneminde oluşan mağmatik birimler Yüksekova Karmaşığı'nı oluşturmaktadır. Bu birim ilk olarak Perinçek tarafından (1979) Hakkari ili Yüksekova ilçesinde tanımlanmıştır. Elazığ çevresinde ise bu birim Elazığ Mağmatikleri olarak adlandırılmaktadır (Turan ve diğ., 1995). Yüksekova Karmaşığı yapısal olarak yöredeki en alt birimi oluşturmaktadır. Bu karmaşık Üst Triyas'tan itibaren ayrılmaya başlayan Neotetis'in kolu olan İç Torid okyanus kabuğunun Üst Kretase başlarından itibaren kuzeye doğru dalması ve bu dalma batma zonu üzerinde gelişmiş adayayı ürünleri ile temsil edilmektedir (Turan ve Bingöl, 1991). Hasret Dağı kuzeyinde bu kayalar küçük kristalli siyah, koyu yeşil, yeşilimsi ve kahverengimsi gri renklerden oluşmaktadır (İnceöz, 1995).



Şekil 4. Hasret Dağı ve çevresinin (Elazığ) jeoloji haritası (MTA 1/500.000 ölçekli jeoloji haritaları Erzurum paftasından değiştirilerek hazırlanmıştır).

Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu ilk kez Perinçek (1979) tarafından Van'ın Kırkgeçit köyü yakınlarında tanımlanmıştır. Elazığ yöresinde geniş yüzeylenme alanına sahip bu birim Tersiyer öncesi birimleri uyumsuzlukla üzerlerken, bazı alanlarda ise bunların üzerinde yer almaktadır (Turan ve Bingöl, 1991; Türkmen ve diğ., 2001; İbilioğlu, 2008). Elazığ dolaylarında yerel litolojik farklılıklar gösteren formasyon genelde konglomera, kumtaşı, kireçtaşı ve marnlarla temsil edilmektedir (Türkmen ve diğ., 2001). Bu litolojik özellikleri Hasret Dağı'nın üst seviyeleri ve batı bölümünde görmek mümkündür. Hasret Dağı güneyinde ovaya geçişte yer alan birikinti yelpazeleri Kuvaterner oluşumlu olup çok dönemli oluşum özellikleri göstermektedir (Şekil 4).

Hasret Dağı ve çevresinde Yüksekova Karmaşığı'na ait birimler granit, granodiyorit, diyorit, diyabaz, bazalt, andezit gibi kayalarla temsil edilmektedir. Dağın güney bölümlerini kesen fay bu birimlerin yüzeye çıkmasını sağlamıştır (Foto 1). Kırmızımsı ve kahverengi görünümünde olan birimler aşınma karşı oldukça dayanıksızdır. Ayrıca granit ve granodiyoritlerin yüzeylediği alanlarda çok hızlı ayrışma ürünü enkaz malzeme oluşmaktadır. Bu litolojik yapı nedeniyle, Hasret Dağı güney yamaçlarında çok şiddetli erozyon yaşanmaktadır (Foto 2).

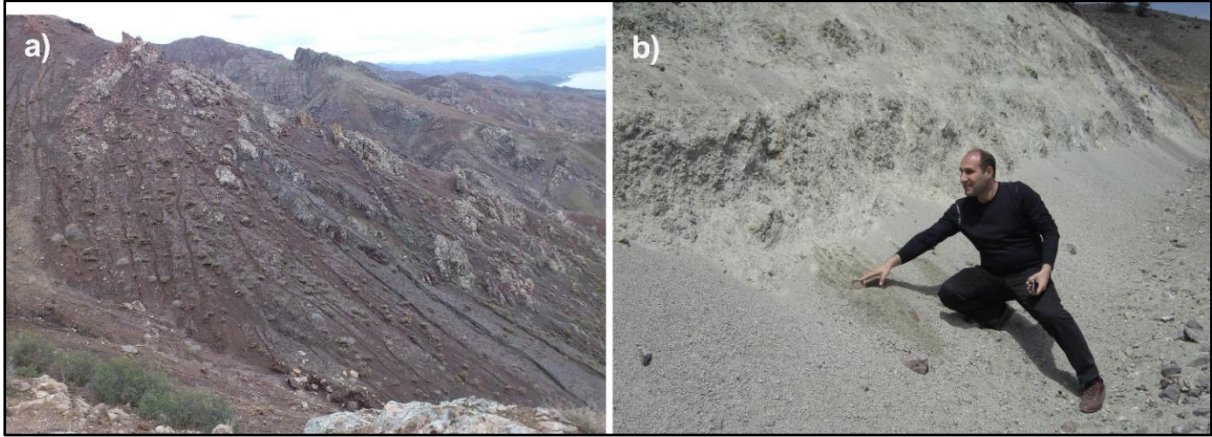


Foto 2. Hasret Dağı güney yamaçlarında andezit, granit ve granodiyoritlerin yüzeylediği alanlarda şiddetli anakaya erozyonu yaşanmaktadır. a) Andezitler üzerindeki ayrışma ve erozyon, b) Granitler üzerindeki ayrışma ve erozyon durumu.

Doğu ve kuzeyde yarılmanın fazla olduğu vadi yamaçlarında, yüzeye çıkan aynı litoloji nedeniyle bu alanlarda da şiddetli erozyon görülmektedir. Özellikle Hasret Dağı ve çevresinde andezitlerin görüldüğü alanlarda fiziksel ayrışma nedeniyle çok şiddetli erozyon yaşanmaktadır. Erozyonla taşınan malzemenin bir bölümü Hasret Dağı güney yamaçlarında birikerek, geniş birikinti yelpazelerinin oluşumu sağlanmıştır. Bir bölümü ise Keban Baraj Gölü'ne taşınarak önemli siltasyon sorunu oluşturmaktadır.

Hasret Dağı üst bölümleri ve kuzeyinde Kırkgeçit Formasyonu'nu oluşturan konglomera, kumtaşı, kiltası, marn ve kalkerli birimler yüzeylemektedir. Bu birimler Yüksekova Karmaşığı'na göre aşınma karşı kısmen dirençlidir. Özellikle karbonatlı birimlerin yüzeylediği alanlarda erozyon düşmekte, kiltası, marn ve kumtaşı yapısının görüldüğü alanlarda ise şiddetlenmektedir (Foto 3).

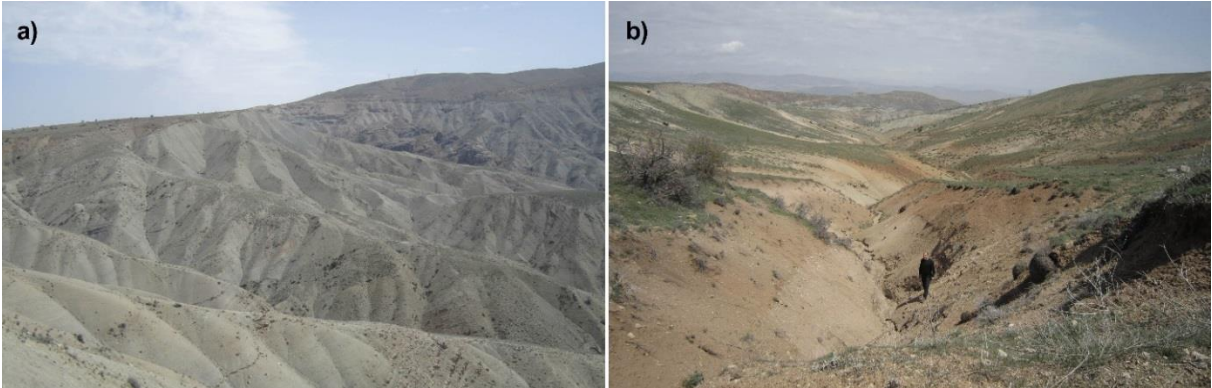


Foto 3. Hasret Dağı üzerinde kiltası ve marnlı yapı üzerinde gelişen oyuntu (gully) erozyonu. a) Hasret Dağı batısı Taşlı Dere Yukarı Havzası, b) Hasret Dağı kuzeyi.

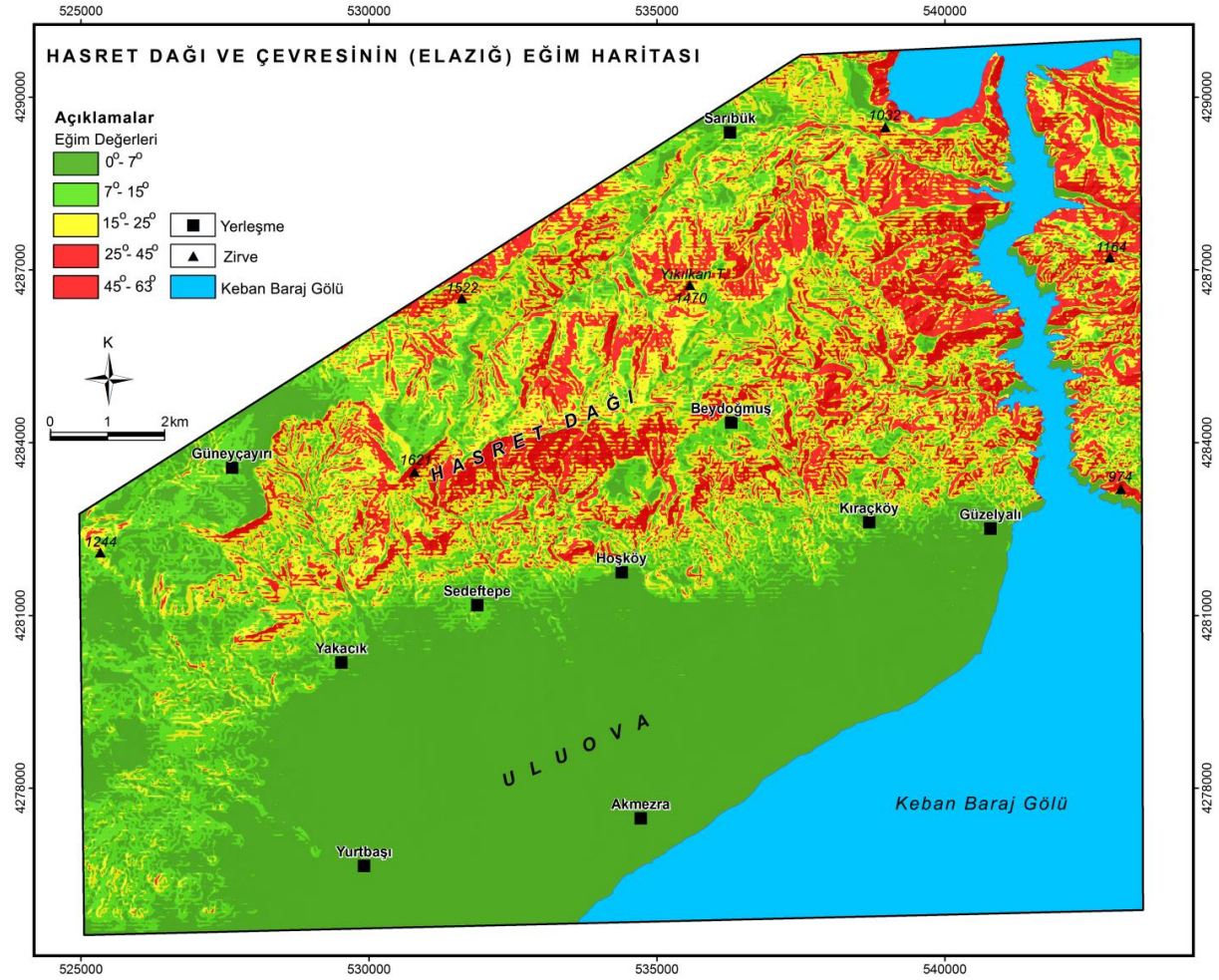
Kaynağını Hasret Dağı'ndan alan ve hemen hepsi mevsimlik özellikte olan akarsular, yaşanmakta olan şiddetli erozyon nedeniyle aşırı sediment taşımaktadır. Yatak ve ağız kısımlarında biriktirilen sedimentler, maksimum akımların görüldüğü dönemlerde yatağın su taşıma kapasitesini düşürerek sel ve taşkınlara neden olmaktadır.

3.2. Eğimin Erozyon Üzerindeki Etkisi

Eğim, yükselti, bakı, yarılma derecesi ve yamaç profili gibi özellikler jeomorfolojik faktörler olarak değerlendirilmektedir. Bu özelliklerden yamaç eğimi, erozyonun boyutunu belirleyen en önemli faktördür. Çünkü erozyona neden olan suyun akışı ve hızını eğim şartları belirlemektedir. Bu nedenle

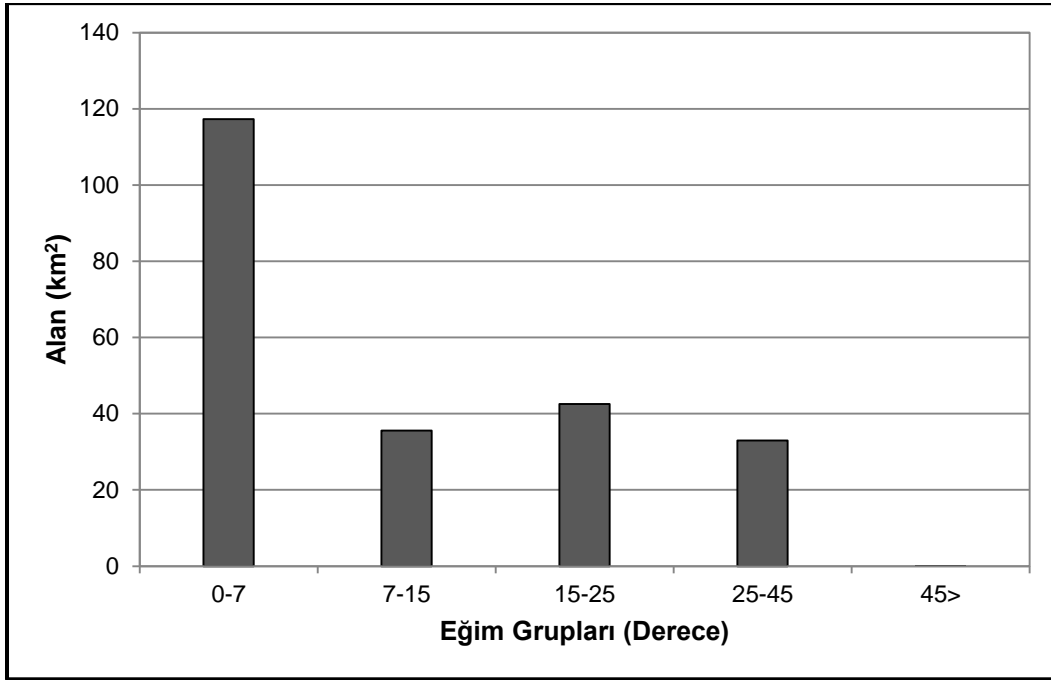
erozyon miktarı ile eğim derecesi arasında doğru orantı bulunmaktadır. Aşınma ve birikme alanları olmaları bakımından yamaçların konkav ve konveks profillerine ait özelliklerin ortaya konulması bakımından da bu faktör belirleyici olmaktadır (Desmet, 1996; Foster ve diğ., 1981; Moore ve Wilson, 1992; Cürebal ve Ekinci, 2006).

Hasret Dağı ve çevresinde eğim değerleri $0-63^{\circ}$ arasında değişmektedir. Dağın güney ve doğu yamaçlarında eğim değerlerinde artış görülmekte olup, güney yamaçlarda faylanma etkisiyle eğim değerleri 45° 'nin üzerine çıkmaktadır (Şekil 5). Bu durumun oluşmasında dağlık kütleyi kesen fayların etkisi belirgindir. Hasret Dağı'nın güney yamaçlarını KD-GB doğrultusunda kesen fay sistemi, arazinin basamaklanmasına ve eğimin artmasına neden olmuştur. Bu durum, sonraki süreçte erozyon olayının hız kazanmasında, flüvyal faaliyetlerle Hasret Dağı'nın güneye bakan yamaçları boyunca uzanan bir piedmont kuşağının oluşmasında etkili olmuştur (Özdemir,1996).



Şekil 5. Hasret Dağı ve çevresinin (Elazığ) eğim haritası.

Hasret Dağı üzerinde yer alan plato düzlüklerinde eğim kısmen düşmektedir. Dağın güneyinde yer alan ve Uluova'ya dahil olan yelpaze kuşağında eğim $0-7^{\circ}$ arasında düşük değerler göstermektedir. Hasret Dağı çevresinde bu eğim grubu içerisinde yer alan alanlar, incelenen saha içerisinde yaklaşık % 50 oranında alan kaplamaktadır (Şekil 6).



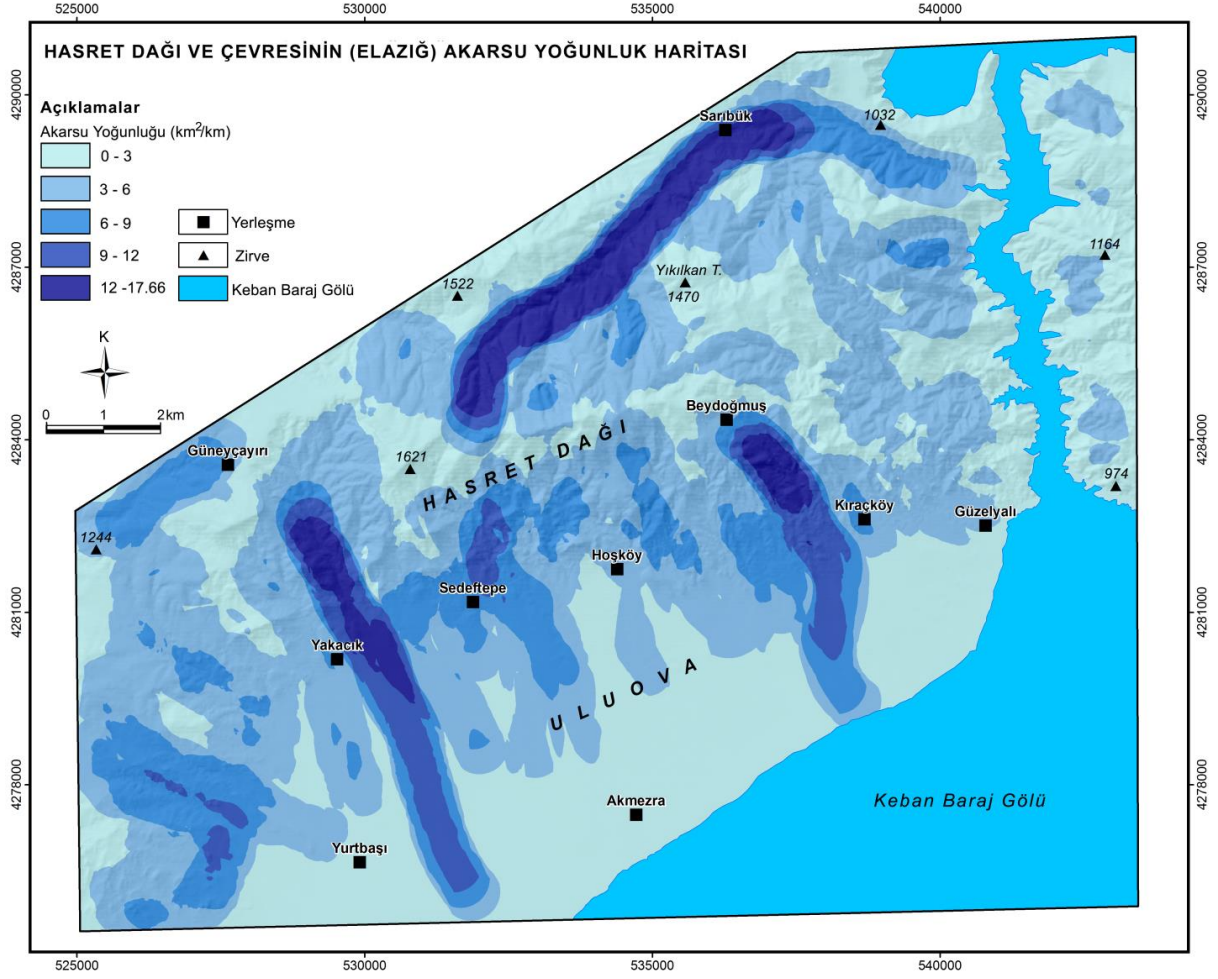
Şekil 6. Hasret Dağı ve çevresinde (Elazığ) eğim gruplarının alansal dağılışı.

Hasret Dağı ve çevresinin eğim değerleri ile erozyon durumu karşılaştırıldığında belirlenen eğim grupları ile erozyon şiddeti arasında doğru orantı olduğu görülmüştür. Eğimin 0-7° arasında olduğu alanlarda erozyon çok düşük olup, birikimin olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Eğimin 7-15° ve 15-25° olduğu alanlarda orta şiddette erozyon yaşanmaktadır. Fakat bu değerlerin üstünde eğime sahip alanlarda iklim ve litolojik özellikler ile bitki örtüsünün tahrip edilmesi nedeniyle, erozyon çok şiddetlidir. Eğimin 25°'den yüksek olduğu alanlarda oyuntu erozyonu ile ana kaya erozyonu görülmektedir (Foto 2,3).

3.3. Akarsu Yoğunluğunun Erozyon Üzerindeki Etkisi

Akarsu yoğunluğu; havzanın akarsular tarafından parçalanma derecesini gösteren bir ölçüdür ve toplam akarsu uzunluğunun (ΣL) havza alanına (A) bölünmesiyle elde edilir (Verstappen, 1983; Reddy ve diğ., 2004; Macka, 2001; Baker ve diğ., 1988). Akarsu (drenaj) yoğunluğu, yüzeysel akışı kontrol eden faktörlere bağlı olarak gelişmekte olup, havzadaki sediment ve su çıkışını etkilemektedir (Macka, 2001). Zeminin geçirgenlik özelliği, bitki örtüsünün seyreklik veya sıklığı, relief özellikleri ve iklimik şartlar akarsu yoğunluğunu etkileyen faktörlerdir (Verstappen, 1983; Baker ve diğ., 1988; Macka, 2001; Reddy ve diğ., 2004). Yüksek sıklık değerleri, geçirgen olmayan zemin özelliklerini, seyrek bitki örtüsü ve yüksek relief özelliklerini gösterirken, düşük sıklık değerleri ise geçirgen olan jeolojik özellikleri ve alçak relief özelliklerini göstermektedir (Reddy ve diğ., 2004).

Hasret Dağı ve çevresi için akarsu yoğunluğunun hesaplanmasında baraj gölü alanı toplam alandan çıkarılarak işlem yapılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre akarsu yoğunluğu $D_d = 3,48$ çıkmıştır (1). Akarsu yoğunluğunun 1,75'ten büyük olması durumunda yoğunluk yüksek, 2,5'ten yüksek çıkması halinde ise yoğunluğun çok yüksek olduğunu göstermektedir (Reddy ve diğ., 2004). Hasret Dağı ve çevresinin hidrografik yapısı dikkate alınarak hazırlanan akarsu yoğunluk haritasına göre dağlık saha üzerinde drenajın yoğun olduğu görülmüştür (Şekil 7).

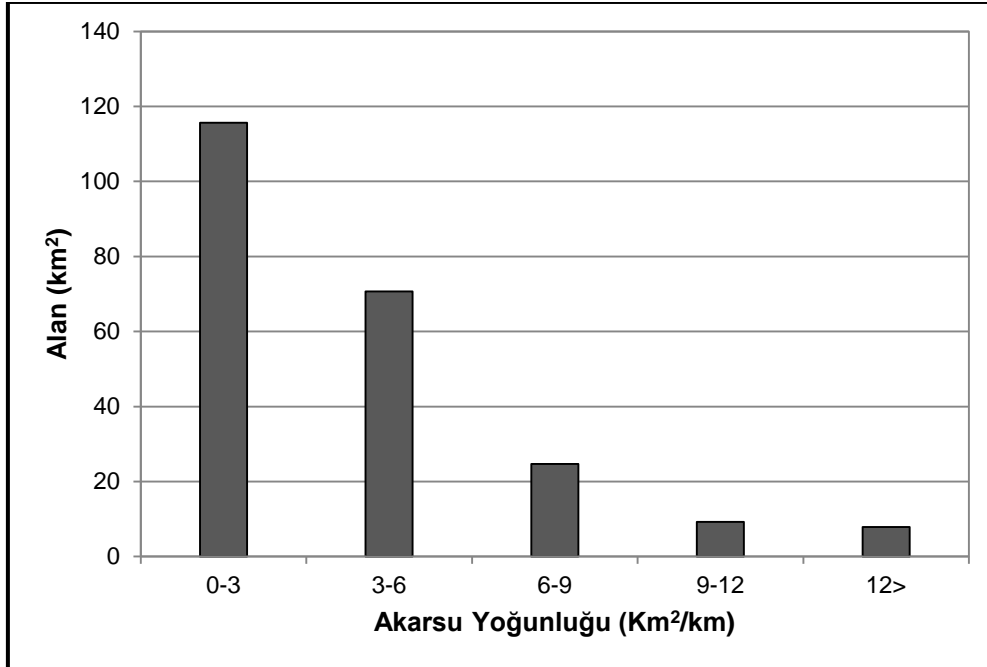


Şekil 7. Hasret Dağı ve çevresinin (Elazığ) akarsu yoğunluk haritası.

Hasret Dağı ve çevresinde akarsu yoğunluğunun güney ve kuzey yamaçlarda büyük vadi sistemleri boyunca arttığı görülmektedir. Yoğunluğun fazla olduğu alanlar yüksek relief, yüksek eğim, geçirimsiz zemin ve seyrek bitki örtüsü özelliklerine sahiptir. Bu özellikler nedeniyle şiddetli erozyon yaşanmaktadır. Şiddetli erozyon sonucunda akarsuların yataklarına gömülmesi ve bu gömülme ile yan kollardaki artış, bu alanlarda yoğunluğun yüksek çıkmasını sağlamıştır. Ayrıca akarsu yoğunluğunun yüksek olduğu alanlar, oyuntu (gully) erozyonun görüldüğü alanlara karşılık gelmektedir. Hasret Dağı yamaçlarında küçük kollara ayrılan vadi sistemleri ovaya geçişte birleşmektedir. Bu nedenle yamaçlarda yoğunluk yüksek, ovaya geçişte ise düşüktür. Fakat batıda Yakacık, doğuda Beydoğmuş çevresinde birikinti koni ve yelpazeleri üzerinde de yoğunluk yüksektir. Batıda Taşlı Dere, doğuda Beydoğmuş derelerine karşılık gelen bu alanlarda akarsular, yelpazeler üzerine gömüldüğü için akarsu yoğunluğu yüksek çıkmıştır (Foto 4). Yoğunluğun düşük olduğu alanlarda düşük eğim, yoğun bitki örtüsü, geçirgenliği yüksek litoloji ve toprak özellikleri görülmektedir. Hasret Dağı ve çevresinin yaklaşık % 50'sinde akarsu yoğunluğu (km^2/km^2 'de) 3'den fazladır (Şekil 8). Akarsu yoğunluğunun çok yüksek olması, doğrudan şiddetli erozyonu göstermektedir.



Foto 4. Yurtbaşı doğusundaki Taşlı Dere, Yurtbaşı Hipodrumu'ndan sonra eski dolguları içerisine 3-5 m kadar gömülmüştür.



Şekil 8. Hasret Dağı ve çevresinde (Elazığ) akarsu yoğunluğunun alansal dağılışı.

Akarsu yoğunluğu ile şiddetli erozyon arasında doğrudan bir ilişki olup, yoğunluğun fazla olduğu alanlarda erozyon da şiddetlenmektedir. Akarsu yoğunluğunun yüksek olması ve şiddetli

erozyon nedeniyle taşınan sediment miktarı artmaktadır. Şiddetli yağışlar sonrasında taşınan sedimentler oadaki meyve bahçeleri ve tarım arazilerinin üzerini örterek, tarımsal üretimi etkilemektedir (Foto 5).



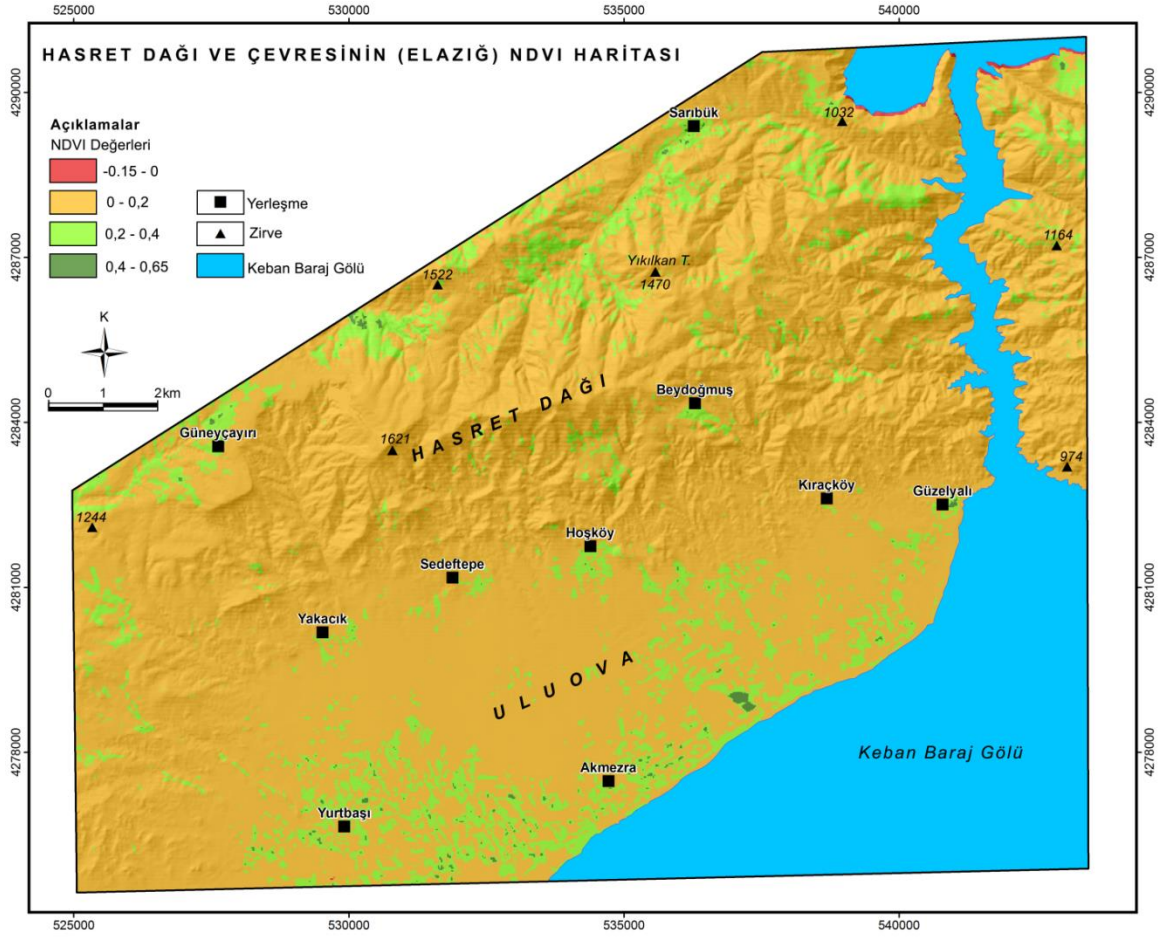
Foto 5. Hasret Dağı güneyinde 11.04.2012 tarihinde Beydoğmuş Deresi taşkını sonrasında, birikinti yelpazeleri üzerindeki meyve bahçeleri zarar görmüştür.

3.4. Bitki Örtüsünün Erozyon Üzerindeki Etkisi

Harput Platosu'nun doğusunu oluşturan Hasret Dağı ve çevresinde, erozyonu etkileyen faktörlerin başında ormanların tahrip edilerek mera alanı olarak kullanılması gelmektedir. Meralarda da aşırı ve zamansız otlatma nedeniyle tahribat yüksektir. Bitki örtüsündeki bu aşırı tahribat nedeniyle erozyon ilerleyerek, oyuntu erozyonuna dönüşmüştür (Şengün, 2012).

Bitki örtüsünün sık ve seyrek olması ile erozyon arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle erozyon kontrolü çalışmalarında doğal bitki örtüsünün korunması ve ağaçlandırma çalışmaları ilk başvurulacak yöntemdir. Erozyonla yaşanan toprak kaybının azaltılmasında bitki örtüsü çok önemli bir faktördür. Mkhonta'ya göre (2000) genelde koruyucu arazi örtüsü arttığında erozyon riski de azalmaktadır. Bu genel değerlendirme dışında bitki örtüsü toprağı düşen yağmur damlalarından korur, infiltrasyon derecesini artırır, toprak yüzeyinin engebeliliğini korur, yüzey akışın hızını düşürür, toprağı bir arada tutar, üst toprak tabakalarında mikro-iklim iniş çıkışlarını azaltır ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini geliştirir (Petter, 1992).

Hasret Dağı ve çevresi, bitki örtüsü bakımından çok seyrek bir özellik göstermektedir. Bitki örtüsünü değerlendirebilmek amacıyla Hasret Dağı ve çevresine ait 29 Mayıs 2014 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsünden NDVI çıkarılmıştır. Arazi gözlemleri ve uydu verilerine göre zeminin bitki ile kaplılığının oldukça düşük olduğu, kaplılığının yüksek olduğu alanların da oldukça sınırlı olduğu belirlenmiştir (Şekil 9; Foto 6).



Şekil 9. Hasret Dağı ve çevresinin (Elazığ) NDVI haritası.

Hasret Dağı ve çevresinde NDVI değerleri güneyde bağ ve bahçelerin yer aldığı alanlar ile kuzeyde öbekler halinde görülen meşeliklerde yüksek çıkmıştır. İncelenen alanının % 70'ine yakınında NDVI değerleri 0-0,2 arasında değişmektedir (Şekil 10). Bu durum bitki örtüsü kapalılığının çok düşük olduğunu göstermektedir. Gerçekte bitki örtüsü kapalılığının yüksek çıktığı alanlar ise yerleşmelerin çevresindeki bağ ve bahçe alanlarına karşılık gelmektedir. Bu durum dikkate alındığında doğal bitki örtüsünün hemen tamamen tahrip edildiği görülmektedir.

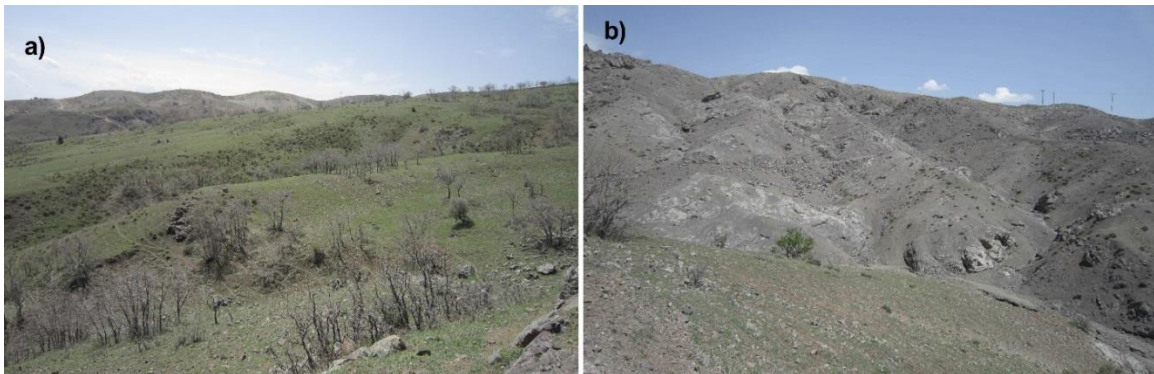
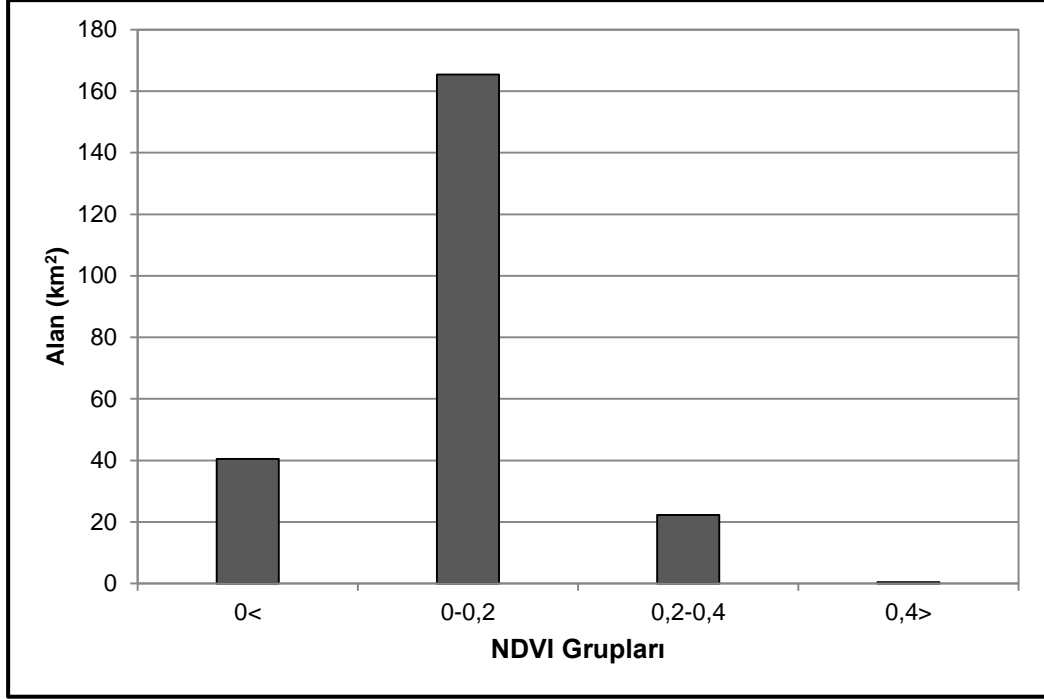


Foto 6. Hasret Dağı'nın doğal bitki örtüsü tahrip edilmiş olup, kapalılık çok düşüktür. a) Kuzey yamaçlarda öbekler halinde seyrek meşe toplulukları, b) Güney yamaçlarda ise aşırı tahribat sonucu çıplak araziler görülmektedir.



Şekil 10. Hasret Dağı ve çevresinde (Elazığ) NDVI değerlerinin alansal dağılışı.

Hasret Dağı güney yamaçlarında doğudan batıya doğru Güzelyalı, Kıraç, Hoşköy ve Sedeftepe eski yerleşmeleri oluşturmaktadır. Bu yerleşmeler toplu karakterde olup son yıllarda meyve ve sebzeçiliğe bağlı olarak dağılmıştır. Geçmişte bu yerleşmelerde temel ekonomik faaliyeti hayvancılık oluşturmaktaydı. Günümüzde yörede Beydoğmuş gibi bazı yerleşmeler bu faaliyeti halen sürdürmektedir (Foto 7). Hayvancılığın yoğun olduğu dönemlerde yöredeki doğal bitki örtüsü tahrip edilmiştir. Doğal bitki örtüsünün tahribi sonucunda şiddetli erozyon ortaya çıkmıştır (Sunkar ve Bağcı, 2014; Sunkar, 2014).

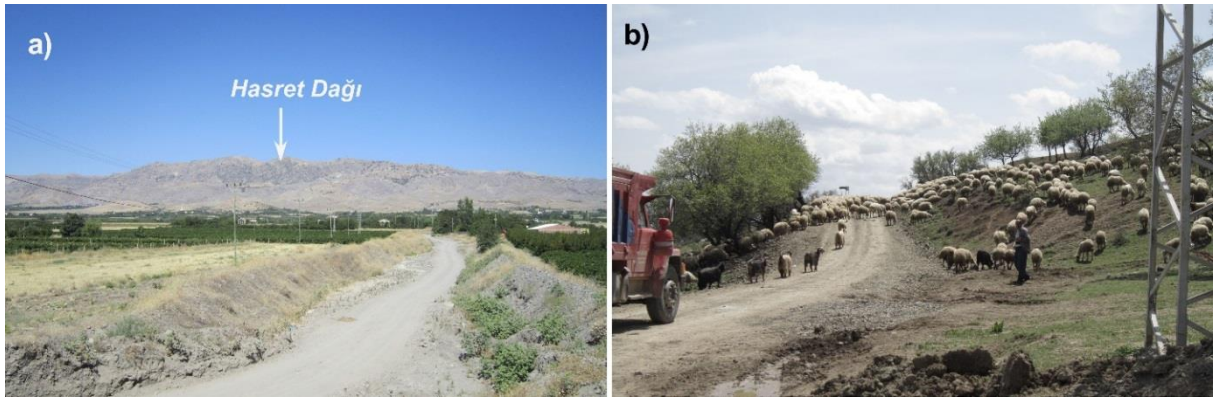


Foto 7. Hasret Dağı ve çevresinde sürdürülmekte olan ekonomik faaliyetlere bağlı olarak erozyon artmıştır. a) Son yıllarda Hasret Dağı güneyinde bağ ve bahçe alanlarında artış görülmektedir. b) Beydoğmuş'ta sürdürülmekte olan mera hayvancılığı erozyonu hızlandırmaktadır.

Hasret Dağı çevresinde bitki kapalılığının çok seyrek olması nedeniyle, erozyon şiddetlenerek anakaya erozyonuna dönüşmüş durumdadır. İklim ve litolojik özellikler nedeniyle bitki kapalılığının düşük olduğu alanlarda ağaçlandırma çalışmaları çok güç görülmektedir. Dağlık alanlarda yaşanan

erozyon nedeniyle sağanak yağışlar sonrasında ovada sel ve taşkınlar görölmektedir (Foto 8). Yerleşme ve tarım alanlarını etkileyen sel olayları sonrasında büyük mal kayıpları yaşanmaktadır. Bu olumsuz durum nedeniyle Hasret Dağı çevresinde çok acil olarak erozyon önleme çalışmaları yapılmalıdır.



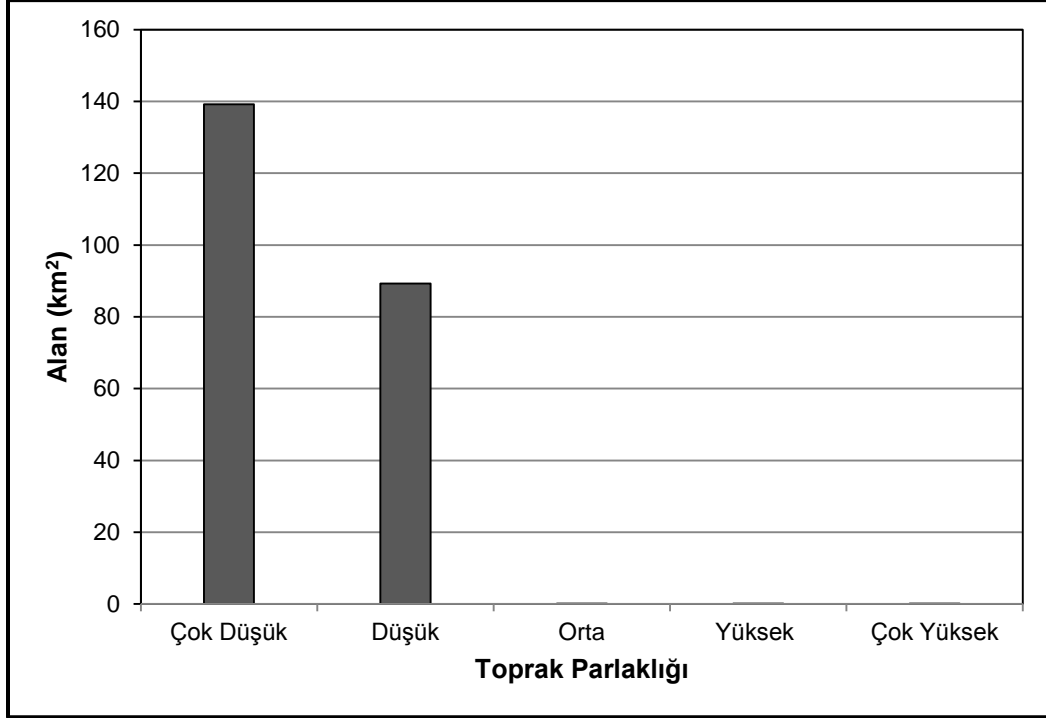
Foto 8. Hasret Dağı'nda şiddetli erozyon sonucunda sağanak yağışlar sonrasında sel ve taşkın olayları yaşanmaktadır. a) Beydoğmuş'ta 2012 yılında yaşanan selde 100'den fazla küçükbaş hayvan telef olmuştur. b) 2012 yılında Güzelyalı köyünde yaşanan sel ve taşkında meskenler ve tarım arazileri etkilenmiştir.

3.5. Toprak Tekstürünün Erozyon Üzerindeki Etkisi

Erozyon duyarlılığının belirlenmesi amacıyla kullanılmakta olan toprak tekstürü parametresi, diğer parametreler gibi her zaman sağlıklı sonuçlar vermeyebilmektedir. Fakat arazi gözlemleri ile toprak özelliklerinin belirlenmesi durumunda doğru sonuçlar elde edilmektedir. Bu çalışmada arazi gözlemlerine göre, uydu görüntüleri üzerinden toprak tekstürü sınıflandırması yapılmıştır.

Genellikle toprağın tane büyüklüğü küçüldükçe, toprak renginin parlaklığı artmaktadır (Sanchez-Maranon, 2004). Bu konuda yapılan çalışmalarda toprak agregatlarının bozulup daha küçük parçalara ayrılmasının toprak renginin çok belirgin bir şekilde değişimine neden olduğu ve özellikle ufalanmış toprakların, parlaklıklarının fark edilir derecede arttığı belirlenmiştir (Torrent ve Barro'n, 1993). Parlaklık toprak agregatlarının parçalanmasına paralel olarak artmaktadır. Toprak içerisindeki bireysel parçacıkların (kum, silt ve kil) organik madde, kireç, kil mineralleri gibi çimentolayıcı materyallerin yardımı ile bir araya getirilmesi ile oluşan agregatlar ışığın soğurulmasını arttırmaktadır. Neticede daha az ışık yansıyacağı için agregatların parlaklık değerleri azalmakta ve bozulmuş toprak örneklerine göre daha fazla yansıma değerleri oluşmaktadır (Gunal ve Erşahin, 2006). Toprak parlaklığı ile ilgili bu özellikler dikkate alındığında, parlaklığın düşük olduğu alanlarda kaba tekstürlü, yüksek olduğu alanlarda ince tekstürlü topraklar görölmektedir.

Hasret Dağı ve çevresinde toprak tekstürü için uydu görüntüsüne Tasseled Cap dönüşümü (3) uygulanarak toprak parlaklığı elde edilmiştir. Tasseled Cap dönüşümü uydulardaki algılayıcılar tarafından farklı tayflarda algılanan sinyal tepkisi ile yeryüzünde olan, fiziksel olaylar arasında doğrudan bir ilişki kurulmasını sağlamaktadır (Kauth ve Thomas, 1976; Crist ve Cicone, 1984; Crist ve Kauth, 1986; Garg ve Harison, 1992). Hasret Dağı ve çevresi için uygulanan parlaklık sınıflandırmasına göre, incelenen alanın yarısından fazlasında parlaklık çok düşük çıkmıştır (Şekil 11).



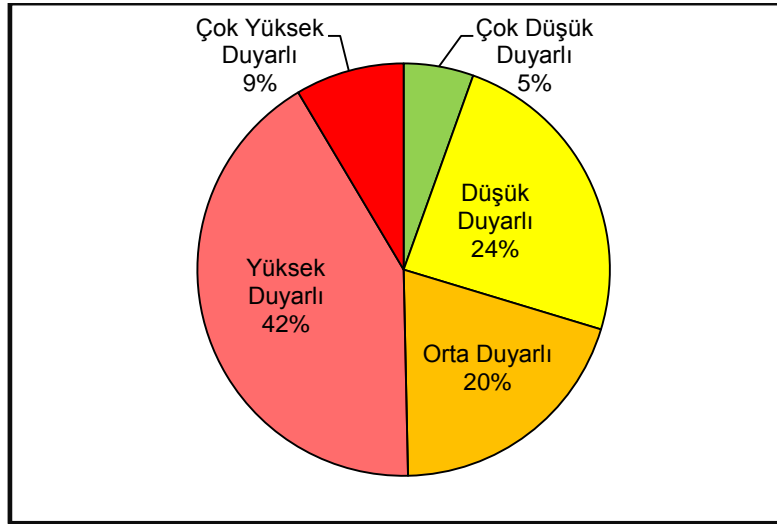
Şekil 11. Hasret Dağı ve çevresinde (Elazığ) toprak parlaklığının alansal dağılışı.

Hasret Dağı ve çevresinde toprak parlaklığı dikkate alındığında, kaba tekstürlü toprakların geniş alan kapladığı görülmektedir. Analiz sonuçlarındaki bu durum da erozyonun çok şiddetli olduğunu göstermektedir. Bu genel durum dışında Hasret Dağı çevresinde yüzeyleyen marn ve kireçtaşlarının görüldüğü alanlardaki yüksek yansımaya değerleri, toprak özellikleri dışında litolojik yapıya bağlı bir durumdur.

4. Tartışma ve Sonuçlar

Erozyon kompleks bir süreç olup, iklim, litoloji, topoğrafya ve bitki örtüsü özelliklerine bağlı olarak gelişmektedir. Erozyon duyarlılığını belirlemek amacıyla, erozyona neden olan her faktörün ağırlık değerleri belirlenmelidir. Ağırlık değerleri, her erozyon bölgesinde farklılık göstereceğinden, değerlerin belirlenmesinde arazi gözlemleri dikkate alınmalıdır. Erozyon duyarlılık çalışmalarında, ağırlık değerlerinin belirlenmesinde en uygun yöntem, *Analitik Hiyerarşi* yöntemi görülmektedir. Bu yöntemin avantajları nedeniyle, erozyon duyarlılığı çalışmalarında sık kullanılmaktadır. Hasret Dağı ve çevresinin erozyon duyarlılığını belirlemede bu yöntem kullanılmıştır. Öncelikle arazi çalışmalarıyla erozyona neden olan parametreler ve bu parametrelere ait ağır değerleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle analiz edilerek sonuç haritaları üretilmelidir.

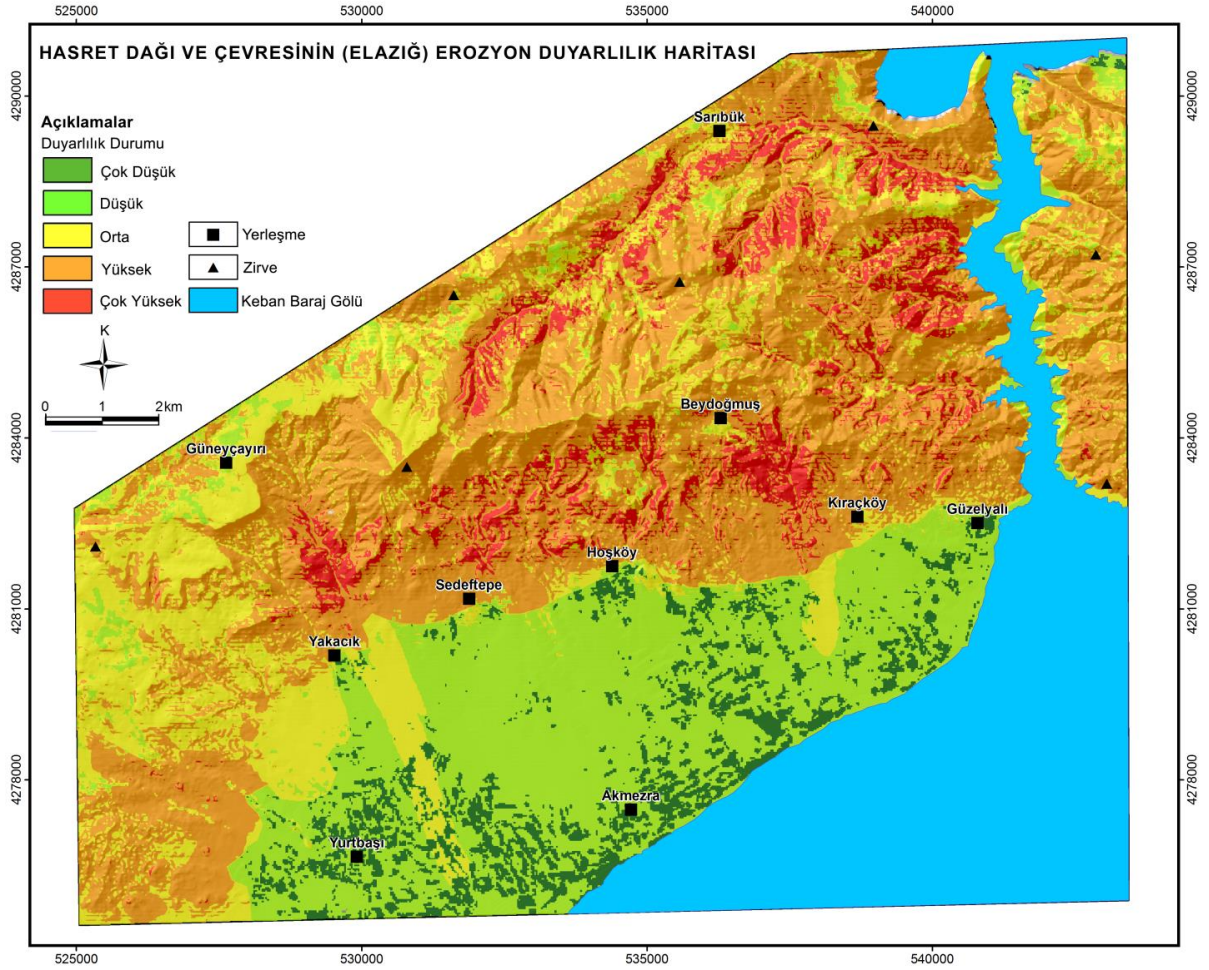
Erozyon oluşumunda, fiziki faktörlerden iklim, litoloji, jeomorfoloji, akarsu ve bitki örtüsü özellikleri ile tarım ve yerleşme gibi beşeri faaliyetler etkili olmaktadır. Hasret Dağı çevresinde görülen erozyon üzerinde de bu faktörler etkili olup, bunlardan fiziki faktörlerin değerlendirmesine yönelik analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Hasret Dağı ve çevresinin erozyon duyarlılığı çok yüksek çıkmıştır. Duyarlılığın yüksek olduğu alanların % 51'lik orana sahip olması, erozyon konusunda acil önlemlerin alınmasını zorunlu kılmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. Hasret Dağı ve çevresinde (Elazığ) erozyon duyarlılığının oransal dağılışı.

Hasret Dağı ve çevresinde litoloji, jeomorfoloji, akarsu yoğunluğu ve bitki örtüsü ile erozyon arasında doğru orantı, toprak parlaklığı ile ters orantı bulunmaktadır. Toprak parlaklığının yüksek olduğu alanlarda düşük duyarlılık, düşük olduğu alanlarda yüksek duyarlılık görülmektedir. Yüksekova Karmaşığı'na ait Üst Kretase bazalt, andezit, diyorit ve granodiyoritlerin yüzeylediği alanlarda hızlı ayrışma nedeniyle şiddetli erozyon görülmektedir. Faylanma etkisiyle eğim değerlerinin yükseldiği alanlarda da çok yüksek duyarlılık görülmektedir. Bu alanlarda bitki örtüsünün tahribiyle birlikte anakaya erozyonuna geçilmiş durumdadır.

Hasret Dağı çevresinde erozyon duyarlılığının yüksek olduğu alanlar, Hasret Dağı kuzey ve güneyinde fay diklikleri ile yüksek eğimli vadi yamaçlarına karşılık gelmektedir (Şekil 13). Bu alanlar dışında Hasret Dağı bütünüyle yüksek erozyon duyarlılığı göstermektedir. Bu durum üzerinde sırasıyla litoloji, eğim, akarsu yoğunluğu ve seyrek bitki örtüsü etkili olmaktadır.



Şekil 13. Hasret Dağı ve çevresinin (Elazığ) erozyon duyarlılık haritası.

Hasret Dağı güneyinde Yakacık, Sedeftepe, Hoşkøy, Kırackøy ve Güzelyalı kuzeyinde fay yamaçlarına karşılık gelen alanlar ile kuzeydeki dik yamaçlar çok şiddetli erozyon duyarlılığı göstermektedir. Bu alanlarda litoloji diyorit ve andezitlerden oluşmakta olup, eğim değeri 45° 'nin üzerinde ve akarsu yoğunluğu çok yüksektir. Ovaya karşılık gelen alanlar plato yüzeylerinde erozyon duyarlılığı düşüktür. Erozyon duyarlılığının çok düşük olduğu alanlar bağ ve bahçe alanlarına karşılık gelmektedir. Son 20 yıl içerisinde bağ ve bahçe alanlarındaki artış erozyon açısından olumlu bir gelişme olarak görülebilir. Ancak Hasret Dağı güney yamaçlarında yaşanmakta olan şiddetli erozyon nedeniyle, dağın güneyindeki tarım arazileri sel ve taşkın riski altındadır. Her yıl bahar aylarında şiddetli yağışlar sonrasında görülen seller bahçe ve tarlalarda önemli çevresel sorunlara neden olmaktadır.

Sonuç olarak, litoloji, jeomorfoloji, akarsu ve bitki örtüsü özellikleri ile erozyon duyarlılığı arasında sıkı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. İklim ve beşeri faaliyetlerin ise sürecin hızlanması üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

5. Referanslar

- Akgün, A. (2007). *Ayyalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir.
- Akkan, E. (1972). "Elazığ ve Keban Barajı Çevresinde Coğrafya Araştırmaları", *Ankara Üniversitesi, Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, Sayı: 5-6, Sayfa: 179-215, Ankara
- Andre, J. E. and Anderson, H. W. (1961). "Variation of soil erodibility with geology, geographic zone, elevation, and vegetation type in northern California wildlands". *Journal Geophysical Research* 66(10): 3351-3358
- Atalay, İ. (2008). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*, Meta Basım ve Matbaacılık Hizmetleri, 4. Baskı, İzmir
- Ayalew, L. and Yamagishi, H. (2005). "The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan". *Geomorphology* 65, 15-31.
- Baig, M. H. A. Zhang, L. Shuai, T. and Tong, Q. (2014). "Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 8 at-satellite reflectance", *Remote Sensing Letters*, 5:5, 423,431.
- Baker, V. R. Kochel, R. C. and Paton, P. C. (1988). *Flood Geomorphology*, John Wiley & Sons, USA.
- Chen, Y.H. Pan, W.B. and Cai, Y.B. (2007). "Assessment on soil erosion susceptibility in watershed based on RUSLE — a case study of Jixi Watershed". *Journal of Mountain Science*, 25 (4), 490–496.
- Crist, E. P. and Cicone, R. C. (1984). "A physically based transformation of Thematic Mapper data—The TM Tasseled Cap", *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, GE-22: 256–263.
- Crist, E. P. and Kauth R. J. (1986). "The Tasseled Cap Demystified", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 52(1), P. 81-86.
- Cürebal, İ. ve Ekinci, D. (2006). "Kızılcıçlı Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3d) Yöntemi ile Erozyon Analizi", *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 47, Sayfa: 115-131, İstanbul.
- Desmet, P. J. J. Govers, G. (1996). "A GIS Procedure for automatically calculating the USLE LS Factor on topographically complex landscape units", *Journal of soil and water conservation*, 51, 427-433.
- Ekinci, D. (2005). "CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi İle Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi", *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, Sayı:13, Sayfa: 109-119.
- Erkal, T. (2012). "Çobanlar Havzası'nda (Afyonkarahisar) Toprak Erozyonunun Değerlendirilmesi", *The Journal of Academic Social Science Studies*, Volume 5 Issue 8, p. 543-562.
- Foster, G. R. McCool, D. K. Renard, K. G. and Moldenhauer, W. C. (1981). "Conversion of the Universal Soil Loss Equation to SI metric units", *Journal of Soil and Water Conservation*, 36(6):355-359.
- Garg, P. K. and Harrison, A. R. (1992). "Land Degradation and Erosion Risk Analysis in S. E. Spain: A Geographic Information System Approach", *CATENA*, 19: 411-425.
- Günal, H. ve Erşahin, S. (2006). "Toprak Özelliklerinin Tahmininde Sayısallaştırılmış Renk Parametrelerinin Kullanımı", *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(1), s: 85-92.
- Horton, R. E. (1932). "Drainage-basin characteristics", *Transactions - American Geophysical Union*, 13, 350-361.
- Horton, R. E. (1945). "Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology", *Bulletin Of The Geological Society Of America*, Volume: 56, pp. 275-370.
- İbilioğlu, D. (2008). *Elazığ Havzası Paleojen İstifinin Mikropaleontolojik (Planktonik Foraminifer ve Ostrakodların) İncelenmesi Ve Ortamsal Yorumu*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi (Yayımlanmamış), Adana
- İnceöz, M. (1995). *Harput (Elazığ) yakın kuzeyi ve doğusunun jeolojik özellikleri*, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Elazığ.
- Karabulut, M. ve Küçükönder, M. (2008). "Kahramanmaraş Ovası ve Çevresinde CBS Kullanılarak Erozyon Alanlarının Tespiti", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11(2), Sayfa: 14-23, Kahramanmaraş.
- Karaburun, A. Demirci, A. ve Karakuyu, M. (2009). "Erozyon Tahmininde CBS Tabanlı Rusle Metodunun Kullanılması: Büyükçekmece Örneği", *CBS ve Bilgi Teknolojileri Bildiriler Kitabı, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları*, Sayfa: 43-49.
- Kauth, R. J. and Thomas, G. S. (1976). "The Tasseled Cap a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen in Landsat", *In Proceedings on the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data*, West Lafayette, Indiana, 41-51.
- Kızılelma, Y. ve Karabulut, M. (2014). "Mut Havzasında Erozyona Duyarlı Alanların Belirlenmesi", *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi (The Journal of International Social Research)*, Cilt: 7 Sayı: 31. Sayfa: 439-456.
- Li, Z.W. Zeng, G.M. Zhang, H. Yang, B. and Jiao, S. (2007). "The integrated eco-environment assessment of the red soil hilly region based on GIS/A case study in Changsha City, China". *Ecological Modelling*, 202, 540–546.
- Macka, Z. (2001). "Determination of Texture of Topography from Large Scale Contour Maps", *Geografski Vestnik*, 73-2, p. 53-62.

- Mater, B. (2004). Toprak Coğrafyası, *Çantay Kitapevi*, İstanbul
- Mkhonta, M. M. (2000). *Use of Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) in the Assessment of Soil Erosion in the Gwayimane and Mahhuku Catchment Areas with Special Attention on Soil Erodibility K-Factor*. Msc Thesis, Int. Inst. For Geo-inform. Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands. 88 p.
- Moore, I. D. and Wilson, J. P. (1992). "Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation Simplified method of estimation", *Journal of Soil and water conservation*, 47, 423-428.
- MTA, Türkiye 1/500.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları, Erzurum Paftası
- Özdemir, M. A. (1996). "Uluova Boğazı ile Baltaşı Ovası (Elazığ Doğusu) arasındaki Murat Nehri Vadisinin Jeomorfolojisi", *Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 8, Sayı: 1, Sayfa: 263-311, Elazığ
- Palutoğlu, M. ve Tanyolu, E. (2006). "Elazığ İl Merkezi Yerleşim Alanının Depremselliği", *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18 (4), 577-588, Elazığ
- Park, S. Oh, C. Jeon, S. Jung, H. and Choi, C. (2011). "Soil erosion risk in Korean watersheds, assessed using the revised universal soil loss equation". *Journal of Hydrology*, 399, 263-273.
- Perinçek, D. (1979). *The geology of Hazro-Korudağ-Çüngüş-Maden-Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya area: Guide Book*, Türkiye Jeoloji Kurumu Yayınları, 33 Sayfa.
- Petter, P. (1992). *GIS and Remote Sensing for Soil Erosion Studies in Semi-arid Environments*, PhD, University of Lund, Lund Sweden. 112 p.
- Reddy, G. P. O., Maji, A. K. and Gajbhiye, K. S. (2004). "Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in basaltic terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6:1-16
- Sanchez-Maranon, M. Soriano, M. Melgosa, M. Delgado, G. ve Delgado. R. (2004). Quantifying the effects of aggregation, particle size and components on the colour of Mediterranean soils", *European Journal of Soil Science*, 51: 551-565.
- Şengün, M. T. (2012). *Harput Platosunda Doğal Ortam İnsan İlişkileri ve Doğal Çevre Planlaması*, Elazığ Valiliği Yayınları
- Sönmez, M. E., Çelik, M. A. ve Seven, M. (2013). "Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Kilis Merkez İlçesinin Erozyon Risk Alanlarının Belirlenmesi", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* ,1 (10), 1-21.
- Sunkar, M. (2014). "The Effect Of Lithologic Features On The South Of Hasret Mountain, In The East Of Elazığ (Turkey), Upon Flood And Torrent Formation", *1st Sarajevo International Conference on "Global Crisis and Countries in Transition"* by Faculty of Business Administration, International University of Sarajevo, June 19-20, 2014
- Sunkar, M. ve Bağcı, H. R. (2014). "Uluova'nın Kuzeydoğusunda (Elazığ) Yaşanan Sel ve Taşkın Olaylarının Çevresel Etkileri", *Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi Bildiriler Kitabı*, Sayfa: 493-502 4-6 Haziran 2014, Muğla
- Tombuş, F. E. ve Ozulu, İ. M. (2007). "Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Erozyon Risk Belirlenmesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 30 Ekim- 02 Kasım, Trabzon.
- Torrent, J. and Barron, V. (1993). "Laboratory measurement of soil color: theory and practice", In: Bigham, J. M., Ciolkosz, E.J. (Eds.), *Soil Color. Soil Science Society of America*, Madison, WI, pp. 21-34.
- Turan, M. Aksoy, E. ve Bingöl, A. F. (1995). "Doğu Torosların Jeodinamik Evriminin Elazığ Civarındaki Özellikleri", *Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt: 7 Sayı: 2 Sayfa: 1-23, Elazığ.
- Turan, M. ve Bingöl, A. F. (1991). "Kovancılar-Baskil (Elazığ) arası bölgenin tektonostratigrafik özellikleri", *Çukurova Üniversitesi Ahmet Acar Sempozyumu*, Bildiriler Kitabı, Sayfa: 213-227 Adana.
- Türkmen, İ. İnceöz, M. Aksoy, E. ve Kaya, M. (2001). "Elazığ Yöresinin Eosen Stratigrafisi Ve Paleocoğrafyası İle İlgili Yeni Bulgular", *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni Yerbilimleri*, 24 (2001), 81-95.
- Verstappen, H. T. H. (1983). *Applied geomorphology*. ITC, Enschede
- Weaver, A. B. (1991). "The distribution of soil erosion as a function of slope aspect and parent material in ciskei, southern Africa", *GeoJournal*, 23 (1): 29-34
- Xiong, Y. Zeng, G.M. Chen, G.Q. Tang, L. Wang, K.L. and 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, 97-109.
- Zhang, R. Liu, X. Heathman, G. C. Yao, X. Hu, X. and Guangcan Zhang, G. (2013). "Assessment of soil erosion susceptibility and analysis of susceptibility factors in the Tongbai–Dabie mountainous area of China", *Catena*, 101 (2013) 92-98
- http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php. 08/01/2015 tarihli erişim.

