



Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi

The Journal of International Social Research

Cilt: 7 Sayı: 31 Volume: 7 Issue: 31

www.sosyalarastirmalar.com Issn: 1307-9581

## MUT HAVZASINDA EROZYONA DUYARLI ALANLARIN BELİRLENMESİ

### DETERMINATION OF EROSION SENSITIVITY AREAS IN MUT BASIN

Yakup KIZILELMA\*

Murat KARABULUT\*\*

#### Öz

Bu çalışmanın amacı başta Mut havzasında (Pirinçsuyu ve Kurtsuyu dereleri) erozyona duyarlı alanların belirlenmesinin yanında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojilerinin erozyon tahmininde yeteneği ve kapasitesini ortaya koymaktır. Havzada erozyona duyarlı alanların belirlenmesi için USLE eşitliği tercih edilmiştir. USLE' deki tüm parametreleri için Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında tematik katmanlar üretilmiştir. Çalışma alanının arazi örtüsü/kullanımı (C faktör) güncel uydu görüntülerinden yararlanılarak kontrolsüz sınıflandırma ve NDVI teknikleri kullanılarak belirlenmiştir. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından üretilen arazi kullanım verileriyle uzaktan algılama verileri kullanılarak elde edilen C faktörünün sisteme dâhil edilmesi sonucu havza için üç farklı erozyon duyarlılık haritası üretilmiştir. Sonuç duyarlılık haritalarına göre; Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak elde edilen sonuçlarda yüksek benzerlik tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan Algılama, CBS, Erozyon, USLE, Mut Havzası.

#### Abstract

This study's purpose, besides determining the sensitive areas to erosion in primarily Mut (Pirinçsuyu and Kurtsuyu streams) basin is to prove the capacity and talent of Geographic Information Systems and Remote Sensing technologies in guessing the erosion. In basin to determine the sensitive areas to erosion the USLE equation is preferred. For the all parameters in USLE thematic layers were produced in Geographic Information System. Land cover/land uses of study area (Factor C) were determined by using NDVI techniques and unsupervised classification and benefiting from update satellite images. Three different erosion sensitive maps were produced as a result of including factor C in system by using the data of remote sensing and land use data which were produced by Village Service General Management. According to sensitive maps; high resemblance was seen in the result of using Remote Sensing techniques.

**Keywords:** Remote Sensing, GIS, Erosion, USLE, Mut Basin.

\* Öğr. Gör. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Göksun MYO, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü.

\*\* Doç. Dr. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü.

## 1. Giriş

Ana kaya, dış etkenler olarak tanımlanan akarsular, dalgalar, rüzgârlar, buzullar, bitki kökleri ve atmosfer faktörlerinin etkisi altında fiziksel çözülmeye uğrayarak parçalanır. Mekanik yolla meydana gelen bu ayrışma sonucu meydana gelen toprak partiküllerinin su, rüzgâr ve yerçekiminin etkisiyle bulunduğu mekândan başka bir mekâna taşınma süreci olarak tanımlanan erozyon, doğal bir süreç olmasına karşın, yanlış arazi kullanımı gibi sebeplerle erozyon süreci daha hızlı seyredebilmektedir. (Gitas vd., 2009:40; Karabulut ve Küçükönder, 2008:14; Mater, 2004:8). Erozyon sürecinde taşınan partiküller, taşındığı alanlarda sediment kirliliğine sebep olurken aynı zamanda verimli tarım arazilerinin üretkenliğini düşürmektedir. Diğer taraftan da aşınımın gerçekleştiği alanlarda ciddi boyutlarda besin elementi kayıplarına neden olmaktadır. Böylece aşınımın şiddetine göre, toprak besin elementleri yönünden fakirleşmekte ve bitkisel üretimde ciddi problemler oluşmaktadır (Yakupoğlu vd., 2007:207).

Birçok karmaşık süreçten meydana gelen erozyon, doğrudan yada dolaylı olarak büyük sorunlar oluşturabilmektedir. Erozyonun sebep olduğu sediment birikimiyle ilgili problemler göl ve nehir ağızlarında jeolojik çağlar boyunca dünyanın hemen hemen her yerinde devam etmektedir. Ancak son zamanlarda artan insan müdahaleleri gibi sorunlar durumu daha da ağırlaştırmaktadır (Gonzalez, 2008:1). Bu sorunlar arasında akarsu rejimlerinin bozulması, sulak alanların yok olması, rezervuar ömrünün kısalması, özel ve kamu alanlarında sediment birikmesi, taşkın olaylarının artması ve su kirliliği gibi çevresel problemlerin oluşması örnek olarak sayılabilir (Karabulut vd., 2008:14).

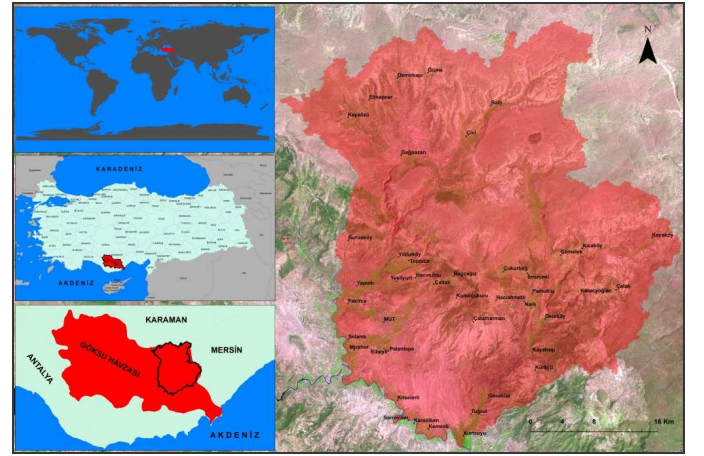
Erozyon, paradoksal niteliğe sahip bir süreçtir. Bu karşılıklı yararlı ve zararlı olarak ifade edilebilir (Çepel, 1997:3). Eğer antropojen bir etki yok ise ve doğal bir süreçte meydana geliyorsa bu olumlu olarak ifade edilir, çünkü verimli alüvyal materyalden kıyı ovaları veya deltalar gibi en verimli tarım arazileri meydana gelir. Erozyonun bu süreçle meydana gelmesi, normal veya jeolojik erozyon olarak ifade edilmektedir. Söz konusu erozyonun meydana gelmesinde belirli bir zaman biriminde taşınan materyalin doğal süreçte oluşan topraktan sürekli daha az olması kriteri bulunmaktadır. Bu bağlamda erozyon üzerinde etkili olan faktörleri doğal ve antropojen olarak ikiye ayırmak mümkündür (Çepel, 1997:3). Erozyon türleri ve oluşumunda rol oynayan faktörler üzerine birçok araştırmacı tarafından çeşitli açıklamalar yapılmıştır. Genel manada yapılan araştırmaların birleştiği sınıflama jeolojik erozyon,

hızlandırılmış erozyon ve diğer erozyon tipleri şeklinde olmuştur.

## 2. Çalışma Alanı

Akdeniz bölgesinde, Mersin ilinin kuzeybatısındaki ilçesi olan Mut merkezi de içine alan çalışma alanı, Göksu nehrinin kollarından olan Kurtsuyu ve Pirinçsuyu derelerinin havza sınırları içerisinde toplam 158,588 hektarlık alanı kapsamaktadır. Çalışma alanı doğudan Silifke, batıdan Ermenek, güneyden Gülnar ve kuzeyden Karaman ile çevrilidir (Şekil 1). Çalışma alanında minimum 49 m, maksimum 2055 m arasında değişen düz, engebeli ve tepelik olmak üzere çeşitli topoğrafik yapılar gözlemlenmektedir. Akdeniz iklim özellikleri gösteren çalışma sahasında yıllık ortalama sıcaklık 18 °C, yıllık ortalama toplam yağış 372,7 mm'dir.

Çalışma alanı sınırları belirlenirken Kurtsuyu ve Pirinçsuyu derelerinin havza sınırlarını içerisine alacak şekilde ArcGIS programının ArcHydro aracı kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma alanı, İç Anadolu bölgesini Akdeniz'e bağlayan yol güzergâhı üzerinde yer aldığından bu yol güzergâhı boyunca yoğun kırsal yerleşim birimleri görülmektedir. Çalışma alan sınırları içerisindeki en büyük yerleşim birimi Mut ilçesi olup ortalama 300 m. rakıma sahiptir.



Şekil 1: Çalışma alanının lokasyon haritası

## 3. Materyal ve Metot

### 3.1. Materyal

Erozyon modellemelerinde doğru sonuçlara ulaşmak, veri tabanının yeterli düzeyde ve güvenilir olmasıyla paralellik göstermektedir. Söz konusu şartlar sağlandığında, CBS son derece etkili bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Kurtsuyu ve Pirinçsuyu deresi havzasında erozyona duyarlı alanların belirlenmesinde modelleme için çeşitli kurum-kuruluştan coğrafi ve

coğrafi olmayan (öznitelik) veriler temin edilmiştir. Bu veriler modellemeye uygun hale getirilmiştir. Verilerin tamamı, UTM projeksiyon sisteminde elde edilmiş olup bunlardan sayısal uydu görüntüleri WGS 84, vektör formattaki veriler ise ED 50 datumunda elde edilmiştir. Vektör formattaki veriler, raster veri formatında olduğu gibi WGS 84' e dönüştürülmüştür.

Çalışmada kullanılan verilerden sayısal yükseklik modeli ve Landsat TM internet ortamından; çalışma alanına ait uzun yıllar iklim verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü' nden temin edilmiştir. Hidrografik özellikleri ve havzadaki akarsular. shp (shape) formatında Mersin Özel Çevre Koruma Kurumu'ndan elde edilmiştir. Alana ait büyük toprak gruplarına ait veriler, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir.

### 3.2. Metot

#### 3.2.1. Üniuersal Toprak Kayıpları Eşitliği (USLE)

Evrensel toprak kayıpları eşitliği, herhangi bir alanda meydana gelen, potansiyel toprak kayıplarının hesaplanması ve izlenmesi amacıyla ABD Tarım Bakanlığı Toprak Bölümü tarafından geliştirilmiştir. Yağış ve yüzey akışına bağlı olarak toprak kaybının hesaplandığı USLE eşitliği, özellikle farklı arazi örtüsü altında, uzun dönemlerde, ortalama yıllık toprak kaybının hesap edilmesinde isabetli sonuçlar vermektedir. USLE modeli toplam beş parametreden oluşmaktadır bunlar: yağış erozyon indeksi, toprak aşınım faktörü, eğim derecesi ve uzunluğu faktörü, bitki amenajman faktörü ve toprak koruma faktörü olarak belirlenmiştir (Görcelioğlu, 1989:1; Stone ve Hilborn, 2000:1; Doğan, 2002:1; Yılmaz, 2006:25; Özsoy, 2007:63; Karabulut ve Küçükönder, 2008:15; Tunç ve Schröder, 2010:60; Aksu ve Uçan, 2012:5). Eşitlik aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$A = R \times LS \times K \times C \times P$$

Burada;

A: Yıllık Ortalama Toprak Kaybı (ton/ha/yıl),

R: Yağış Erozyon İndisi,

LS: Eğim Uzunluğu ve Eğim Faktörü,

K: Toprak Erodibilite Faktörü,

C: Bitki Amenajman Faktörü,

P: Toprak Koruma Tedbirleri.

Evrensel toprak kayıpları eşitliği yukarıdaki denklemde de görüldüğü üzere birçok parametreyi kullanarak potansiyel erozyon alanlarını belirlemektedir. Eşitlikte R faktörü iklimin erozyon

üzerindeki etkisini, K faktörü toprak türünün erozyon üzerindeki etkisini ifade ederken, LS faktörü ise topoğrafik durumun erozyona etkisini; C faktörü, arazi örtüsünün kapalılık durumu ile erozyon arasındaki ilişkiyi; P faktörü, toprak koruma işlemiyle erozyon arasındaki durumu temsil etmektedir. Birçok parametrenin bir arada değerlendirildiği denklemin CBS ile entegrasyonu Türkiye' de ve dünyada birçok bölge için uygulanmış ve geleceğe yönelik planlamaların yapılmasında etkili bir biçimde kullanılmıştır. Eşitlikteki parametrelerin hesaplanma adımları tek tek açıklanmış ve bu parametrelere ait tematik haritalar CBS ortamında hazırlanmıştır (Şekil 2).

#### 3.2.1.1. Yağış Erozyon İndisi (R)

Yağış ve buna bağlı olarak gerçekleşen akış, erozyon sürecinde önemli bir etkiye sahiptir. R faktörü olarak nitelendirilen yağış erozyon indisinin hesaplanmasında uzun dönemli yağış verilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Esther, 2009:8). USLE eşitliğinde kullanılan R faktörünün hesaplanması sırasında meteorolojik verilerin kısıtlılığı nedeniyle birtakım sorunlar oluşmaktadır. R faktörü USLE eşitliğinde şu şekilde hesaplanmaktadır: Bir yıl içinde çalışma sahasında gerçekleşen fırtınalı yağışların fırtına kinetik enerjisi (E) ve maksimum 30 dakikalık fırtına süresi-yağış yoğunluğu ( $I_{30}$ ) dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Söz konusu verilerin her meteoroloji istasyonunda olmayışı nedeniyle farklı çözüm önerileri sunulmuştur. Bunlardan bir tanesi Geliştirilmiş Fornuier İndeksi' dir (Özsoy, 2007:67; Yılmaz, 2006:41).

Bu indis:

$$FYİ = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{\bar{p}}$$

Formülüyle ifade edilmekte ve burada  $P_i$ : i ayındaki toplam yağış;  $\bar{p}$  ise yıllık ortalama yağış miktarını ifade etmektedir (Doğan ve Denli, 1999:6).

#### 3.2.1.2. Eğim Uzunluğu ve Eğim Faktörü (LS)

Eğim derecesi ve eğim uzunluğu faktörü (sırasıyla, S ve L) araziden ölçüm yoluyla yada Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak topografyanın toprak erozyonu üzerindeki etkisini hesaplamak için kullanılmaktadır. LS faktörü, erozyona etki eden diğer parametrelerin sabit olduğu varsayılarak, 22,13 m. uzunluğunda ve %9 eğimli bir arazideki toprak kaybını ifade etmektedir (Esther, 2009:9; Özsoy, 2007:70). 1/25000 ölçekli sayısal topografya haritası kullanılarak çalışma alanınının 10x10 m. çözünürlükte sayısal yükseklik modeli üretilmiştir. Dik eğimli ve eğim

uzunluğunun fazla olduğu arazilerde suyla birlikte toprak taşınımı daha hızlı olmaktadır. Bu nedenle erozyon tahmin modellemelerinde eğim derecesi ve eğim uzunluğu önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. LS faktörü aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Karabulut vd., 2008:19).

$$LS = 1.6 * POW \left( \frac{[flowacc] * resolution}{22.1,06} \right) * POW \left( \frac{Sin([slope] * 0.01745)}{0.09,13} \right)$$

Burada; LS: eğim uzunluğu ve derecesi; pow: üs; resolution: çözünürlük; flowacc: akış birikimi; sin: sinüs; slope: eğim olarak ifade edilmektedir.

### 3.2.1.3. Toprak Erodibilite Faktörü (K)

Erozyon sürecini etkileyen diğer koşullar sabit olması durumunda, farklı özellikteki topraklar farklı derecede aşınırlar. Toprağın fiziksel özellikleri erodibilite derecelerini etkileyen en önemli etkidir. Toprağın erodibilite derecesini, bünyesi, yapısı ve yapısal stabilitesi, organik madde miktarı, geçirgenliği, yüzeydeki çakıl oranı, nem miktarı ve profil derinliği belirlemektedir (Doğan, vd., 2000:1) Bu faktörün hesaplanmasında farklı yöntemler kullanılmaktadır. Çalışma sahasına ait 1/25000 ölçekli sayısal toprak grupları haritası temin edilerek havzadaki toprak grupları belirlenmiştir. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube müdürlüğü tarafından Türkiye büyük toprak gruplarının erozyona duyarlılık K faktörleri Doğan vd. 2000' den yararlanılarak hazırlanmıştır. Birçok araştırmacı tarafından kullanılarak gerçekçi sonuçlara ulaşmada etkili olan toprak gruplarına ait K değerleri daha önceki çalışmalardan yararlanılarak USLE modeline dahil edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: Çalışmada kullanılan K değerleri (Karabulut ve Küçükönder., 2008:17; İrvem ve Tülüçü., 2004:4; Doğan vd., 2000:21)

Büyük Toprak Grupları	K Değerleri
Rendzinalar	0,25
Kahverengi Orman Toprakları	0,20
Kolüvyal Topraklar	0,18
Alüvyal Topraklar	0,15
Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları	0,15
Kırmızı Akdeniz Toprakları	0,011
Çıplak Kayalık / Yerleşim / Nehir Yatağı	0,001

### 3.2.1.4. Bitki Amenajman Faktörü (C)

Vejetasyon örtüsü, toprak ile atmosfer arasında bir tampon katman işlevi görmektedir. Bitkilerin toprak üstü bileşenleri olarak nitelendirilebilecek yaprakları ve sapsarı, yağmur damlası veya yüzey suyu enerjinin bir kısmını emer (Erencin, 2000). Böylece yağmur damlası

toprağa direkt temas etmeden önce bitki yapraklarına çarpmakta ve enerjisi büyük oranda azalmaktadır. Enerjisinin azalmasıyla birlikte toprağın derinliklerine girmesi daha rahat olmakta ve toprak yüzeyinde bozulmalar engellenmektedir. Bu nedenle arazi örtüsünün karakteri erozyon sürecinde önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. USLE modelinde arazi örtüsünün erozyon üzerindeki etkisini ortaya koymak için eşitliğe bitki amenajman faktörü olan C faktörü eklenmiştir. USLE eşitliğindeki bitki amenajman faktörünün belirlenmesinde birçok yöntem bulunmaktadır.

Çalışma sahası için C faktörü üç farklı yöntemle belirlenmiştir. Bunlar; daha önce çalışma sahası için hazırlanmış olan, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilen arazi kullanımını gösteren sayısal haritalar kullanılarak, havzanın güncel arazi kullanımı ve arazi örtüsünün elde edilmesinde Temmuz 2011 tarihli Landsat-5 TM uydu görüntüleri kullanılarak Kontrolsüz Sınıflama tekniğiyle ve Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI/Normalized Difference Vegetation Index) kullanılarak üç farklı tematik katman oluşturulup modele ayrı ayrı dahil edilmiş ve farkları ortaya konmaya çalışılmıştır. Böylece daha geniş bir bakış açısı yakalanmış ve bundan sonraki çalışmalarda metot belirlemek açısından önem kazanmıştır. KHGM' den elde edilen sayısal arazi kullanım türleri haritası ve çalışma sahasına ait kontrolsüz sınıflandırma sonucu elde edilen arazi örtüsü/kullanımı haritalarına, daha önceki çalışmalarda kullanılan C faktörü katsayı değerleri dahil edilerek USLE modeli C faktörü katmanı üretilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: Çalışmada kullanılan C değerleri (Karabulut vd., 2008:17; İrvem vd., 2004:5)

Arazi Kullanımı	C Değerleri
Kuru Tarım (Nadaslı)	0,38
Kuru Tarım (Nadassız)	0,07
Sulu Tarım	0,28
Mera / Fundalık / Bağ	0,09
Yerleşim Alanı / Kayalık / Nehir Yatağı	1

### 3.2.1.4.1. Kontrolsüz Sınıflandırma

Sayısal uydu görüntülerinin sınıflandırılmasındaki temel hedef, görüntüdeki aynı yada benzer spektral özelliklere sahip hücrelerin/piksellerin aynı sınıfta tanımlanmasıdır. Birçok alanda yaygın bir biçimde kullanılan kontrolsüz sınıflandırma yönteminin temeli de buna dayanmaktadır. Uydu verilerinin yansıma değerleri temel alınarak benzer özellikteki piksellerin otomatik olarak tespit edilmesi ve sınıflara atanması sistemiyle çalışmaktadır (Karakoç, 2010:53). Kontrolsüz sınıflandırma işlemlerinde sistem küme merkezlerini

geçici olarak hesaplamaktadır. Böylece piksellerin dâhil olacağı sınıflar belirlenir ve bu işlem, küme merkezlerinin konumlarında değişim stabil kalana kadar devam eder (Denizdurduran, 2012:33). Kontrolsüz sınıflandırmada farklı sınıflandırma algoritmaları bulunmaktadır. Bunlar kullanıcı tarafından yapılacak çalışmanın niteliğine göre tercih edilmektedir.

Genel manada kontrolsüz sınıflama algoritmalarından en çok tercih edileni ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analysis Technique) algoritmasıdır. Buna benzer çalışmalarda daha önce kullanılan ve gerçekçi sonuçlar üretmesi nedeniyle çalışma sahasının mevcut arazi örtüsü/kullanımının belirlenmesi amacıyla kullanılan kontrolsüz sınıflandırma tekniğinde ISODATA algoritması tercih edilmiştir.

Çalışma sahasının güncel arazi kullanım durumu ve arazi örtüsünün belirlenmesinde, kontrolsüz sınıflandırma tekniğiyle Temmuz 2011 tarihli Landsat-5 TM uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmiştir. Kontrolsüz sınıflandırma tekniğinde sınıflandırmaya başlamadan önce sınıf sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Sınıf sayısının fazla olması daha iyi sonuç almada önemlidir. Çalışma sahası için arazi örtüsü/arazi kullanımını tespit etmek amacıyla mevcut görüntüler ilk aşamada 150 sınıfa ayrılmış, daha sonra benzer sınıflar birleştirilerek temel 7 sınıf oluşturulmuştur. Sonraki aşamada, sınıflandırılan bu görüntü doğruluk analizine tabi tutularak sınıflanmış görüntüyle yer gerçekliği arasındaki uyum denetlenmiştir. Böylece sınıflandırmanın başarısı ortaya konulmuştur.

### 3.2.1.4.2. Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI/Normalized Difference Vegetation Index)

Bitki indeksleri çok bantlı uydu verilerinin kullanılarak belli bir bölgedeki vejetasyon karakterini belirlemede kullanılmaktadır. Yaygın bir şekilde kullanılan NDVI, yakın infrared ile kırmızı dalga boyundaki ışık değerlerinin farkının, bu iki bantın toplamına bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

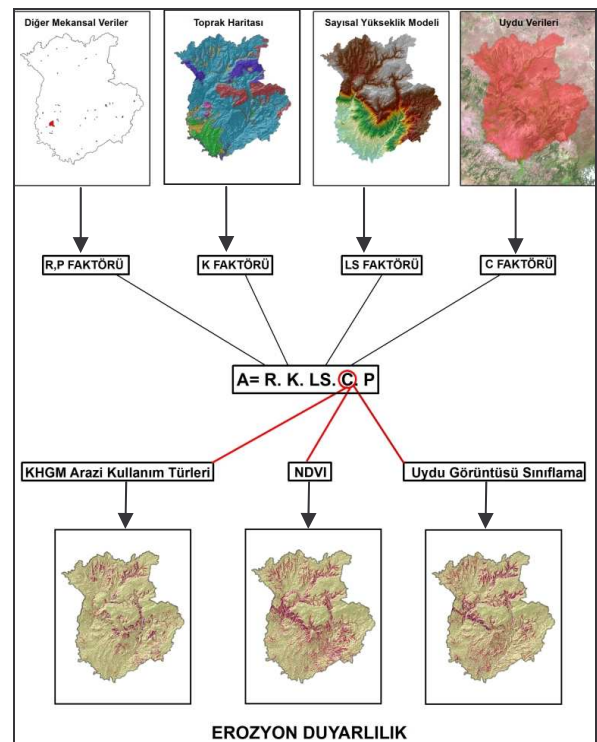
Burada: NIR: Yakın İnfrared bant, R: Kırmızı bant olarak ifade edilmektedir.

Bu formülün uygulanmasıyla sonuçlar -1 ila 1 arasında değişen NDVI değerleri üretmektedir. Negatif değerler su, kar, bulut ve bitkiden yoksun nemli alanları ifade ederken, pozitif değerler ise bitki örtüsünün varlığını göstermektedir (Karabulut, 2006:31). NDVI değerleri atmosferik olaylara karşı çok hassas olması

nedeniyle uydu görüntüler tercih edilirken uydu görüntülerinin bulutsuz olmalarına dikkat edilmiştir.

### 4.2.1.5. Toprak Koruma Tedbirleri (P)

Belirli bir alandaki toprak koruma tedbirleri altında gerçekleşen toprak kayıplarının, aynı şartlarda devamlı nadas alanından meydana gelen toprak kaybına oranı şeklinde ifade edilen P faktörü, herhangi bir toprak koruma tedbiri alınmadığı durumlarda P=1 olarak modele dahil edilmektedir. Türkiye' deki arazilerin genelinde olduğu gibi çalışma sahasında da toprak korumaya yönelik uygulamalar ya kısıtlı seviyelerde ya da hiç bulunmamaktadır. Bu nedenle model oluşturulurken P faktörü modele dahil edilmemiştir (Karaburun vd., 2009:6; Karabulut vd., 2008:16; Özsoy, 2007:74).



Şekil 2: CBS tabanlı USLE modeli akış şeması

## 4. Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın bu bölümüne kadar yağış erozyon indisi (R), eğim derecesi ve eğim uzunluğu faktörü (LS), toprak erodibilite faktörü (K), bitki amenajman faktörü (C) ve toprak koruma tedbirlerinin (P) elde edilmiş yöntemleri ve sonuçları materyal metot bölümünde açıklanmıştır. USLE-CBS entegrasyonu neticesinde çalışma sahasına ait erozyon duyarlılık alanlarını gösteren sonuç haritaları elde edilmiştir. Sonuç duyarlılık haritaları, erozyon duyarlılık sınıflarına göre daha önceki çalışmalar baz alınarak 5 farklı erozyon

duyarlılık sınıfına (çok hafif, hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli) ayrılmıştır. Söz konusu sınıfların alansal (ha) olarak dağılımı hesaplanmıştır. USLE modelindeki faktörlerden bitki amenajman faktörü (C) birçok araştırmacı tarafından farklı teknikler geliştirilerek USLE modeline dahil edilmiş ve çalışılan alan ile ilgili erozyon sahaslarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu tekniklerden bazıları daha zaman alıcı ve daha pahalı olurken bazıları daha pratik, hızlı ve daha ekonomik yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda materyal metot bölümünde de bahsedildiği üzere araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen teknikler kullanılarak çalışma sahasına ait toplam üç adet erozyon duyarlılık haritası üretilmiştir. Bu çalışmada C faktörünün elde edilmesinde; Landsat TM uydusu kullanılarak kontrolsüz sınıflandırma tekniğiyle çalışma sahasının arazi örtüsü/kullanımı haritası üretilmiştir (Şekil 7-C faktör 1). Diğer bir yöntem ise KHGM tarafından üretilmiş olan çalışma sahasına ait arazi kullanım türleri haritasıdır (Şekil 7-C faktör 2). Üretilen bu haritaların USLE modeline dahil edilebilmesi için daha önceki çalışmalarda kullanılan arazi kullanımıyla ilişkili C değerleri baz alınarak sisteme dahil edilmiştir. Çalışmada kullanılan son yöntem ise birçok araştırmacı tarafından sıklıkla kullanılan ve arazi örtüsü kapallığı hakkında gerçekçi bilgiler veren normalize fark bitki indeksidir (NDVI). Landsat TM uydusu kullanılarak üretilen NDVI, yeniden sınıflandırılarak bitki örtüsünün yoğun, az yoğun olduğu ve hiç olmadığı alanlar olarak gruplandırılmıştır (Şekil 7-C faktör 3). Söz konusu C faktörlerinin elde edilme tekniğine göre üç farklı erozyon duyarlılık haritası üretilmiştir. Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde söz konusu sonuç duyarlılık haritaları sırasıyla: Duyarlılık-1, Duyarlılık-2 ve Duyarlılık-3 olarak ifade edilecektir.

Çalışmanın bu bölümünde, sahanın arazi kullanımı/örtüsü faktörünün elde edilmesinde kullanılan teknikler ve aşamaları ayrıca ele alınacaktır.

#### 4.1. Kontrolsüz Sınıflandırma

Çalışma sahasının güncel arazi kullanım durumu ve arazi örtüsünün belirlenmesinde, kontrolsüz sınıflandırma tekniğiyle Temmuz 2011 tarihli Landsat-5 TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Son yıllarda neredeyse arazi örtüsü/kullanımıyla ilgili tüm çalışmalarda uzaktan algılama teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Böylece daha geniş alanlar daha hızlı ve daha ekonomik bir biçimde izlenebilmektedir. Özellikle erozyon gibi dinamik karakterdeki olguların uzun periyotta izlenmesi, ileriye dönük planlamaların yapılması ve önlem almak noktasında uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanışlı araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Genel manada kontrolsüz sınıflama algoritmalarından en çok tercih edileni ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analysis Technique) algoritmasıdır. Buna benzer çalışmalarda daha önce kullanılan ve gerçekçi sonuçlar üretmesi nedeniyle çalışma sahasının mevcut arazi örtüsü/kullanımının belirlenmesi amacıyla kullanılan kontrolsüz sınıflandırma tekniğinde ISODATA algoritması tercih edilmiştir.

Bu çalışmada da USLE modelindeki C faktörünün elde edilmesinde kontrolsüz sınıflandırma tekniği kullanılarak, çalışma sahası öncelikle 150 sınıfa ayrılmıştır. Daha sonra benzer sınıflar birleştirilerek temel 7 sınıf oluşturulmuştur. Bu sınıflar: su, orman/bahçe, tarım, çalılık, çıplak alan/kayalık, yerleşme ve diğer tarım şeklinde olmuştur (Şekil 3). Sınıflama işleminden sonra USLE modeline uygun hale getirmek için daha önce birçok araştırmacı tarafından elde edilen C değerleri, öznel bilgisi olarak sisteme dahil edilerek erozyon Duyarlılık-1 haritası elde edilmiştir.

Kontrolsüz sınıflandırmada ISODATA algoritması uygulanarak elde edilen arazi kullanım haritası incelendiği, çıplak alan ve kayalık sınıfına dahil arazilerin fazla olduğu görülmektedir. Bilhassa, çalışma sahasının kuzeybatı kesiminde çıplak alan ve kayalıkların arttığı dikkati çekmektedir. Bunun yanı sıra, çalışma sahasında sulu tarım faaliyetleri, akarsu vadileri içerisinde kolüvyal ve alüvyal topraklar üzerinde sıklaşmaktadır. Çalışma sahasının vadi ve tepelik kısımlarında ise ormanlık ve bahçelik alanlar yoğunlaşmaktadır. Benzer yansıma özellikleri gösteren ormanlık ve bahçelik alanlar aynı sınıfa dahil edilmiştir. Diğer tarım faaliyeti ise akarsu vadilerinden uzaktaki nispeten düzlük alanlarda yapılmaktadır. Çalışma sahasında yer alan yerleşmelerin çoğu, akarsu vadilerinde, tarım yapmaya uygun verimli topraklar üzerinde kurulmuştur. Çalışma sahasında, çıplak alan ve kayalıkların oranının yüksek olması, tarım yapılarak bitki örtüsünün tahrip edilmesi bu alanların erozyona karşı daha duyarlı olmasına neden olmaktadır.

##### 4.1.2. Doğruluk Analizleri

Sayısal uydu görüntülerinin sınıflandırılmasından sonra sınıflandırmanın başarısını ölçmek için çeşitli yöntemlerle doğruluk analizleri yapılabilmektedir. Doğruluk analizinde temel mantık, sınıflandırılmış görüntüdeki hücreye verilen etiket ile o hücrenin gerçek sınıfı arasındaki uygunluğunu ortaya koymaktır. Gerçek sınıfları belirlemek için yüksek çözünürlüklü uydu verileri, hava fotoğrafları, araziden doğrudan GPS noktaları alma yoluyla veya mevcut haritalardan yararlanılır. Ancak çalışma alanının tamamı için doğrudan

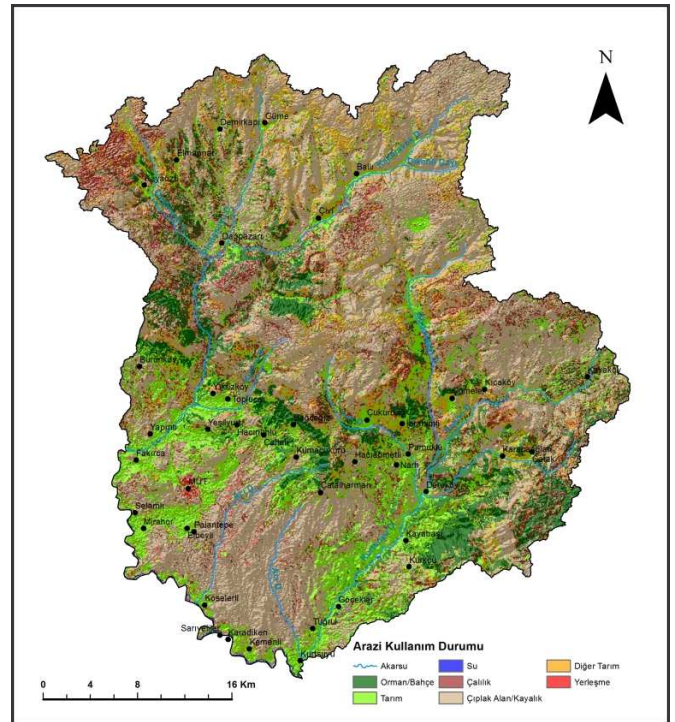
GPS noktaları almak zaman alıcı olmakla beraber ekonomik değildir ve uzaktan algılamaya dayanan sınıflandırma tekniğinin amacını yok eder (Denizdurduran, 2011:34).

Sınıflandırmada doğruluk analizi, sınıflandırma sonucunda elde edilen sonuçların referans verilerinden elde edilen test alanlarındaki arazi örtüsünün bilinen kimliği ile karşılaştırılmasını içerir. Seçilen piksellerle referans verilerinin karşılaştırılması sonucu, sınıflandırılmış piksellerin ait olduğu sınıflara atanma doğrulukları, sınıflandırma hata matrisinden elde edilebilir. Hata matrisi; arazide tanımlanan veya yardımcı veriler yardımıyla tespit edilen arazi örtüsüne göre belirli bir arazi örtüsü tipi olarak atanan piksellerin sayısını satırlar ve sütunlar halinde düzenlemiş sayıların karesel bir düzenidir (Karakoç, 2011:50; Kansu, 2006:59).

Bu çalışmada da çalışma alanının arazi örtüsü/kullanımı durumunu ortaya koymak için kontrolsüz sınıflandırma tekniğiyle Temmuz 2011 yılına ait Landsat TM uydu görüntüsü sınıflandırılmış, sınıflanmış görüntü ile yer gerçekliğinin uyumu denetlenmiştir. Doğruluk analizlerinde sınıflandırılmış görüntü üzerine rastgele 100 nokta yerleştirilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde atılan 100 noktadan 92 tanesi doğru sınıfa atanmıştır. %90 genel doğruluk oranına ve 0,85 kappa katsayısına ulaşıldığı görülmektedir. Sınıflar bazında incelendiğinde ise su ve çalılık sınıflarında en yüksek kappa katsayısı elde edilirken, diğer tarım ve yerleşme sınıfları en düşük kappa katsayısının olduğu sınıflardır. Sınıflandırmada su ve tarım sınıfları en iyi ayrıt edilen sınıflar olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3: Kontrolsüz sınıflama doğruluk analizi sonuçları (Kappa: 86,62/ Doğruluk: 90%)

Sınıflanmış Veri	Referans	Sınıf	Doğru Sayısı	Ürün Doğruluk	Kullanıcı Doğruluk	Kappa
Orman	14	17	14	100%	82.35%	0,7948
Tarım	20	20	19	95%	95%	0,9375
Su	3	3	3	100%	100%	1
Çalılık	11	8	8	72.73%	100%	1
Çıplak Alan/ Kayalık	43	42	41	95.35%	97.62%	0,9582
Diğer Tarım	7	7	5	71.43%	71.43%	0,6928
Yerleşme	2	3	2	100%	66.67%	0,6599
<b>Toplam</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>92</b>			



Şekil 3: Çalışma sahası kontrolsüz sınıflandırma sonucu elde edilen arazi kullanım durumu

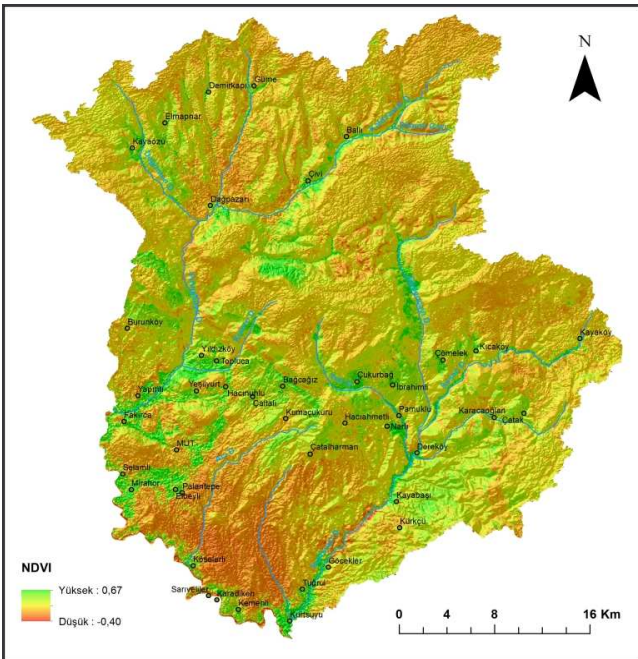
#### 4.2. Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI/Normalized Difference Vegetation Index)

Herhangi bir alanda vejetasyon karakterini ortaya koymada etkili bir metod olan bitki indeksleri, çok bantlı uydu görüntüleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Birçok alanda araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılan NDVI, yakın infrared ile kırmızı dalga boyundaki ışık değerlerinin farkının, bu iki bandın toplamına bölünmesiyle elde edilmektedir. Hesaplamalar yoluyla elde edilen indeks değerleri ise bitkilerin yeşil biomas, yaprak alanları, fotosentez için yutulan enerji miktarı gibi birçok özelliği ile yakından ilgilidir (Marsh vd., 1992:2998; Di vd., 1994:2121). Bu özellikler de bitki örtüsü durumunun belirlenebilmesi için kullanılan önemli parametreler olarak kabul edilmektedir. NDVI, yakın infrared bant ile görünür bölgedeki kırmızı bandın birbirinden çıkarılıp daha sonra iki bandın toplamına bölünmesi ile elde edilen normalize edilmiş değerleri ifade eder. NDVI görüntülerinin hesaplanma adımları materyal metod bölümünde anlatılmıştır (Viovy vd., 1992:1585; Beck, vd., 2006:322; Karabulut, 2006:31).

NDVI hesaplama sonucunda +1 ile -1 arasından değişen NDVI değerleri elde edilmektedir. Negatif değerler su, kar, bulut ve bitkiden yoksun nemli alanları ifade ederken, pozitif değerler ise bitki örtüsünün varlığını göstermektedir (Karabulut, 2006:31). Çalışma alanında -0,40 ile 0,67 arasında değişen NDVI değerleri

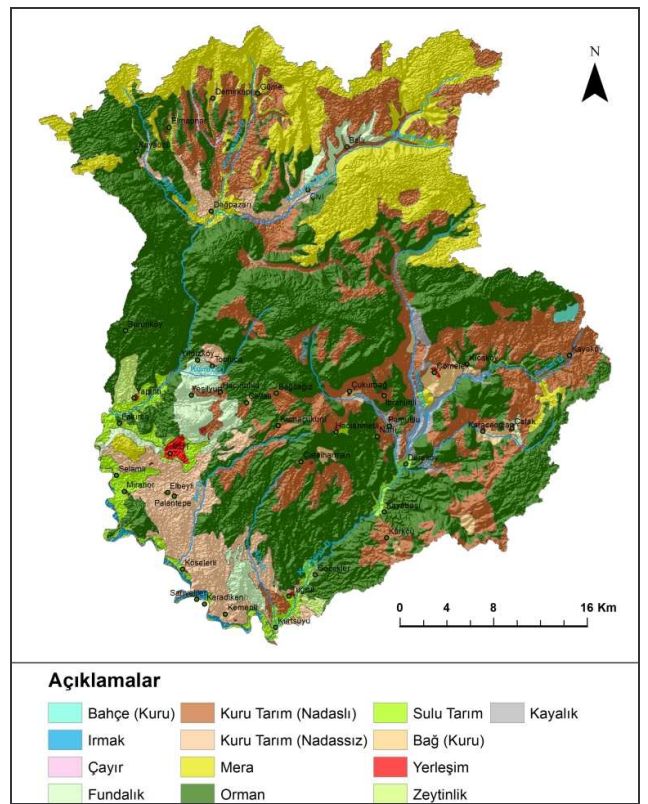
elde edilmiştir. USLE modelindeki parametrelerden bitki amenajman faktörü olan C değerini bulmak için çalışma alanına ait Landsat TM uydusundan NDVI elde edilmiştir (Şekil 4). Sonuç NDVI değerleri yeniden sınıflandırılarak bitki örtüsünün az yoğun, yoğun ve çıplak olduğu alanlar şeklinde belirlenmiştir. Daha sonra USLE modeline dahil edilerek erozyon Duyarlılık-3 sonuç haritası elde edilmiştir. Çalışma alanındaki arazi örtüsünün kapallılık durumuna bakıldığında, yoğun bitki örtüsünün olmadığı görülmektedir. Çıplak alanlar ve az yoğun bitki örtüsünün yayılış alanlarının daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4).

NDVI görüntüsünde dikkati çeken ilk husus, yüksek yansıma özellikleri gösteren kesimlerin akarsu vadi içlerindeki sulak bölgelere denk gelmesidir. Nitekim arazi incelemelerinde de görüldüğü üzere, akarsu vadi içleri ağaçlık alanların en fazla yoğunlaştığı sahalardır. Bunun dışında akarsu vadilerinde sulu ve bahçe tarımının yapılması bu kesimlerde toprağın üzerinin bitki ile örtülmesini sağlamaktadır. Böylelikle NDVI görüntüsünde bu alanlar yüksek yansıma özellikleri göstermektedir. Çalışma sahası güneybatısı en düşük NDVI özellikleri gösteren kesimlerdenidir. Bu alanda düşük bitki indeks değerlerinin olması litoloji ile alakalıdır. Marnlı yüzeyler, NDVI görüntülerde en düşük yansıma özellikleri gösteren alanlardır. Nitekim çalışma sahasında marnlı çıplak yüzeylerin yaygın olması bu alanların erozyon açısından daha duyarlı olmasına sebep olmaktadır.



Şekil 4: Çalışma alanı normalize fark bitki indeksi (NDVI) haritası

Çalışma alanında erozyona duyarlı alanlarının belirlenmesi için USLE modelindeki faktörlerden C faktörünün elde edilmesinde kullanılan diğer bir yöntem ise KHGM tarafından üretilen sayısal arazi kullanım türleri haritasıdır. Bu haritaya göre çalışma alanı 13 farklı sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflar: bahçe, çayır, fundalık, nadaslı ve nadasız kuru tarım, mera, orman, sulu tarım, bağ, zeytinlik, kayalık, yerleşim ve ırmak şeklinde olmuştur. Arazi kullanım durumu haritası incelendiğinde en fazla yayılış alanına sahip sınıflarda ilk üç sırayı orman alanları, nadaslı kuru tarım alanları ve mera alanları almaktadır. Bunlardan mera alanları çalışma sahasının kuzey kesimlerinde yoğunlaşması dikkat çekicidir. En az alan kaplayan sınıflar ise sırasıyla çayır, bahçe ve zeytinlik alanlarıdır (Şekil 5).



Şekil 5: KHGM tarafından üretilen arazi kullanım durumu haritası

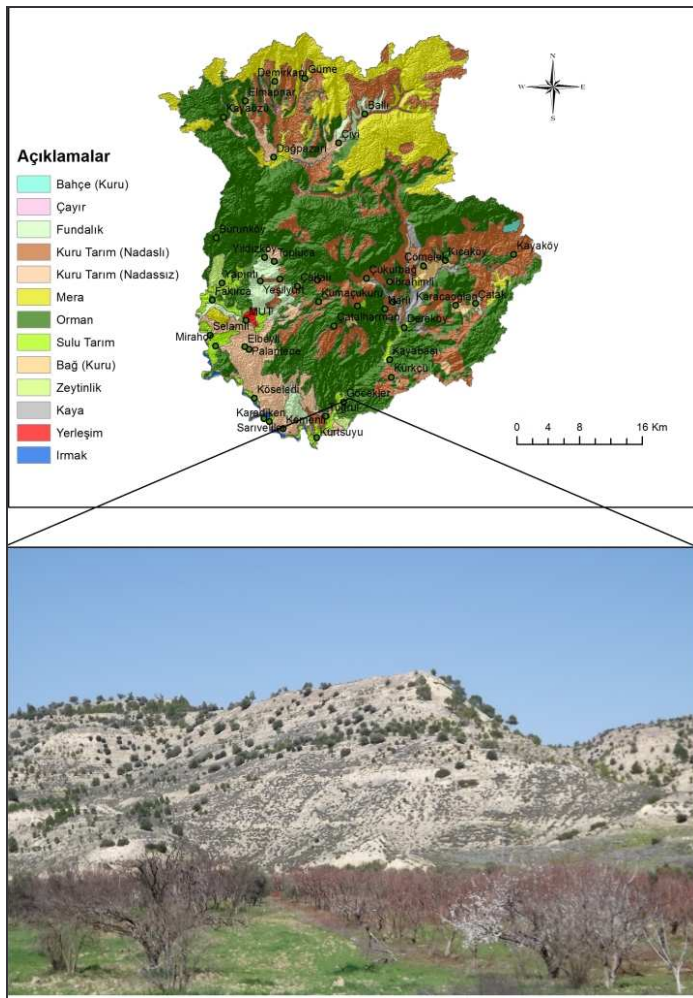
Söz konusu sınıflara materyal metot bölümünde de belirtildiği üzere daha önceki çalışmalarda kullanılan C faktörü katsayı değerleri öznel olarak sisteme girilmiştir. Oluşturulan bu katman USLE modeline dahil edilerek, çalışma alanına ait erozyon Duyarlılık-2 haritası elde edilmiştir.

Havzanın arazi kullanımı/örtüsünün tespit edilmesi için bahsedilen bu üç yöntemde; NDVI ve sınıflandırma sonucu elde edilen haritalarda yüksek benzerlik bulunurken, KHGM tarafından üretilmiş olan arazi kullanım durumu haritası farklılık arz etmektedir.



Bu aradaki farklılıklar sonuç erozyon duyarlılık haritalarında da farklılıklara yol açmıştır.

KHGM haritalarının güncel olmaması, kabaca ve yüzeysel olarak oluşturulması bazı arazi sınıflarının gereğinden fazla gösterilmesine sebep olmuştur. Bilhassa ormanlık alanların çok fazla gösterilmesi erozyon duyarlılık haritasının da farklı sonuçlar vermesine sebep olmuştur. Çünkü erozyon duyarlılık haritasının hazırlanmasında arazi kullanımı, bitki kapallılık durumu ya da C faktör önemli bir parametredir. Ormanlık alanlar C faktörde erozyon duyarlılığının en az olduğu sınıflar arasındadır. KHGM haritalarında ormanlık alanların gerçek olandan fazla gösterilmesi çalışma sahasında erozyon duyarlılığının yüksek olduğu alanlarda düşük çıkması sonucunu verecektir.

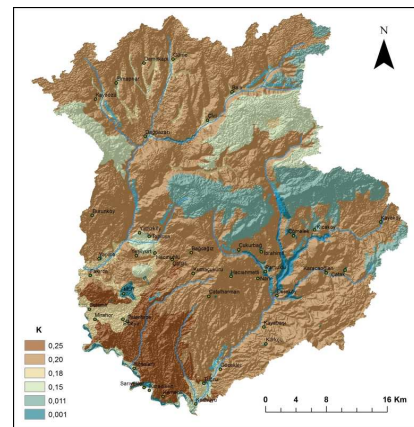


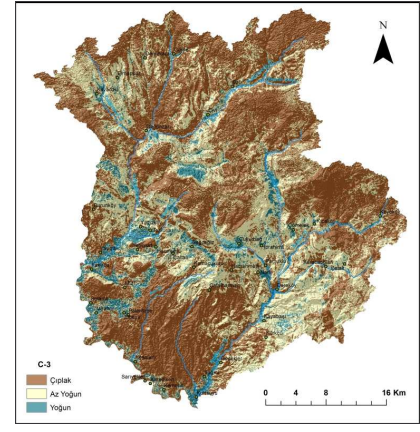
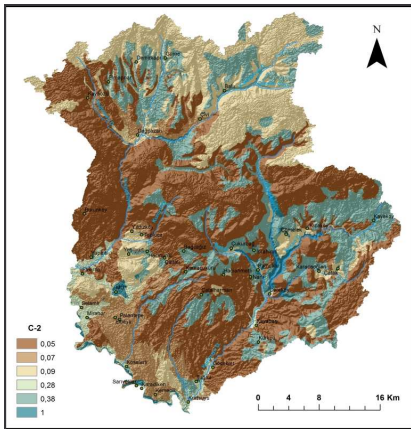
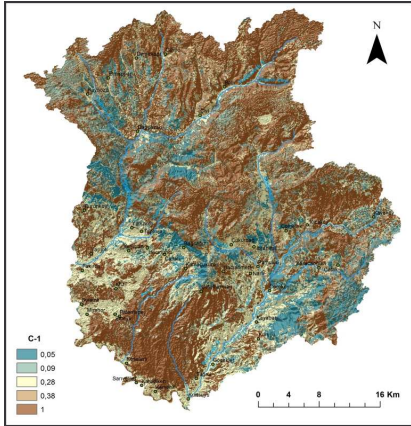
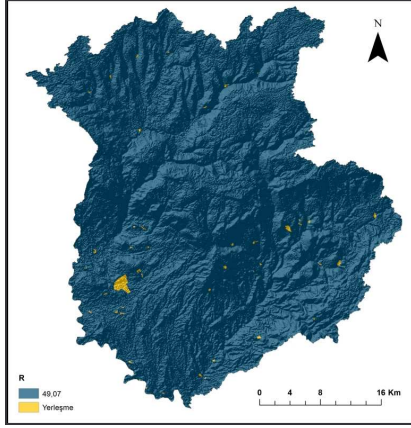
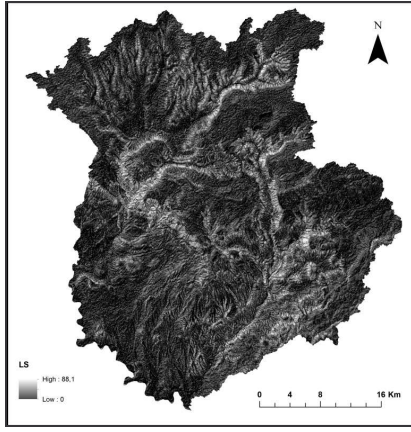
Şekil 6: KHGM arazi kullanım haritası ve çalışma sahasının güneyindeki Göcekler – Tuğrul Köyleri civarı

Şekil 6 incelendiğinde, KHGM tarafından üretilen çalışma sahasına ait arazi kullanım durumu haritasında, orman alanı olarak belirtilen Göcekler ve Tuğrul

köylerinin kuzeybatı bölümünde arazi çalışmaları sırasında yoğun bir orman örtüsüne rastlanmamıştır. Bunun aksine yamaçlarda seyrek yayılış alanı göstermiş genç kızılçamlar bulunmaktadır. Daha önce de ifade edildiği üzere USLE eşitliğinde C faktörünün oluşturulmasında kullanılan yöntemlerden biri KHGM tarafından üretilen arazi kullanım durumu haritasıdır. Orman alanı olarak belirtilen sahalar gerçekte bazı yerlerde çıplak arazi iken bazı yerlerde ise çalı formundadır. Diğer taraftan sayısal uydu verileri kullanılarak sınıflandırılan ve üretilen NDVI görüntülerinde bu alanların çalılık veya çıplak alan oldukları belirtilmiştir. Bilindiği üzere USLE eşitliğinde bitki amenajman faktörü (C) katsayılarının ağırlıkları arazi örtüsünün türüne göre değişiklik göstermektedir. Orman alanları 0,05' lik katsayı değeriyle erozyona en az duyarlı alanlar olarak sınıflandırılırken, çıplak alanlar 1 katsayı değeriyle en yüksek erozyona duyarlı alanlar olarak belirtilmektedir (İrve ve Tülüçü, 2004:5). Bu nedenle arazi örtüsünün karakteri ortaya konurken sonuçlara direkt etki edeceğinden dikkat edilmesi gerekmektedir. Havza için üretilen sonuç duyarlılık haritalarında farklılığın oluşmasındaki sebeplerden en önemlisi de arazi örtüsündeki farklılıktır. Çünkü yağmur damlası, arazi örtüsü tarafından tutulmadan zemine ulaşması durumunda erozyon sürecini etkileyecektir. Şöyle ki; bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda yağmur damlası toprağa ulaşmadan bir engelleyici tarafından tutulmasıyla toprağın parçalanması yavaşlayacaktır. Hatta bu alanlarda bitki kök, yaprakları tarafından bu yağmurların bir kısmı tutularak yüzeysel akışa geçmesi engellenmiş olacaktır (Sönmez vd., 2013:10). Bu nedenle USLE modeline dahil edilen arazi kullanımı/örtüsü haritaları sonuç duyarlılık haritalarında farklılıklara sebep olacaktır.

USLE modelindeki diğer parametrelere ait tematik katmanlar ve çalışma sahası için oluşturulan mekânsal analiz modeli şekil 7 ve 8' de görülmektedir.

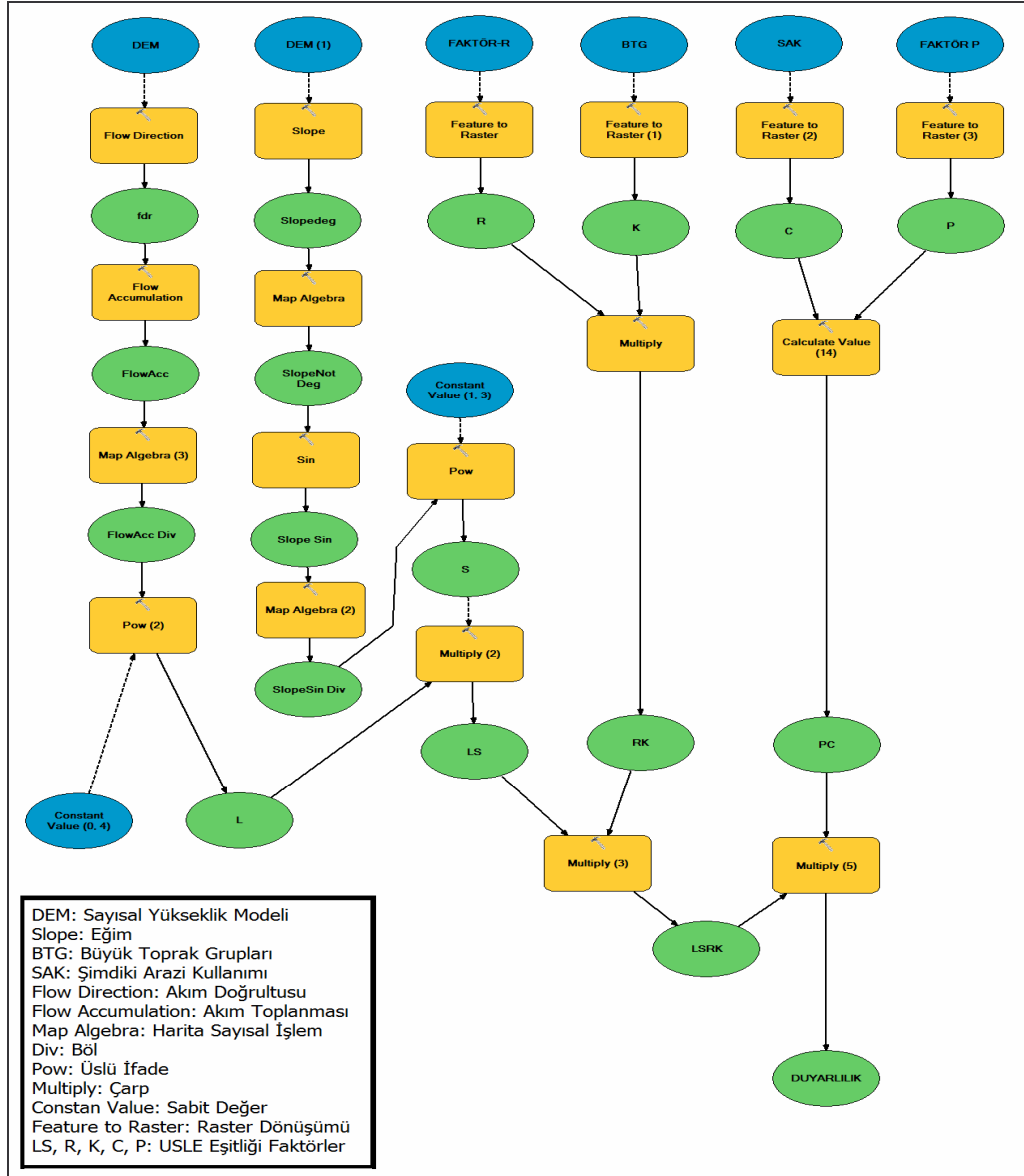




Şekil 7: USLE modeli için oluşturulan katmanlar.

Kurtsuyu ve Pirinçsuyu dereleri havzasında erozyon duyarlılık alanlarının belirlenmesi için kullanılan USLE modelindeki parametreler CBS ortamında sınıflandırılarak tematik katmanlar şeklinde oluşturulmuştur. Şekil 7' de görüldüğü üzere C-1 olarak ifade edilen katman Landsat TM uydu görüntüsünden kontrolsüz sınıflandırma tekniğiyle elde edilmiştir. C-2 olarak belirtilen katman ise KHGM' den elde edilen arazi kullanımını gösteren haritaya daha önceki çalışmalardan elde edilen C faktör değerlerinin sisteme girilmesiyle üretilmiştir.

C-3 olarak belirtilen tematik katman yine Landsat TM uydusundan normalize fark bitki indeksi (NDVI) üretilerek bitki örtüsünün yoğun, az yoğun ve hiç olmadığı alanlar şeklinde sınıflandırılarak elde edilmiştir. Söz konusu oluşturulan bitki amenajman faktörleri, USLE modeline ayrı ayrı dahil edilerek üç farklı erozyon duyarlılık haritası üretilmiştir. Söz konusu sonuç haritalarına ait havzada erozyona duyarlı sahaların alansal ve oransal dağılımları tablo şeklinde verilmiştir (Tablo 4).



Şekil 8. Çalışma sahası için oluşturulan erozyon modeli (Karabulut ve Küçükönder, 2008' den uyarlanmıştır)

USLE-CBS entegrasyonu ile elde edilen sonuç duyarlılık haritalarına göre; Duyarlılık-1 ve Duyarlılık-3 erozyon alanlarının oransal dağılımı yüksek benzerlik göstermektedir. Elde edilen üç erozyon duyarlılık haritasında da en yüksek oranı çok hafif erozyon sınıfı almaktadır. Duyarlılık-1'e göre erozyon duyarlılığının çok yüksek olarak sınıflandırıldığı alan 605 ha, Duyarlılık-2' de 546 ha ve Duyarlılık-3' te 589 ha ile birbirlerine benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Ancak; bu benzerlik hafif erozyon duyarlılığının olduğu alanlarda farklılaşarak, Duyarlılık-2 diğerlerinden ayrılmaktadır. Bu duruma benzer diğer bir erozyon duyarlılık sınıfı da orta seviyede erozyon duyarlılığının olduğu sınıfta gerçekleşmektedir (Tablo 4). USLE modelindeki diğer parametreler sabit kalmasına rağmen, bitki amenajman

faktörünün elde edilme biçimlerinde farklılık olması durumunda elde edilen sonuçlar da farklılık göstermiştir.

Erozyon modelleme çalışmalarında gerçekçi sonuçlara ulaşmak tamamen kullanılan veri parametrelerinin doğruluğuyla ilgilidir. Arazi kullanımı/örtüsünün söz konusu haritalarda farklılık oluşturması sonuç duyarlılık haritalarına yansımıştır. Bu durum USLE eşitliğinde C faktörünün etkisini pozitif yada negatif yönde etkileyerek diğer faktörlerin eşitlikteki ağırlıklarında farklılaşmaya sebep olacaktır. Böylece erozyon duyarlılık alanlarının mekânsal dağılımında, duyarlılık haritaları arasında farklılıklar oluşmuştur. Türkiye' de birçok araştırmacı tarafından

belli bölgeler için arazi kullanımı/örtüsü haritaları üretilmiştir. Bu haritalar, uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak elde edilmiş ve yüksek doğruluğunun yanında güncellenebilme özelliğine sahiptir. Önceki yıllarda arazi örtüsü/kullanımıyla ilgili sayısal haritalar bazı kurum ve kuruluşlar tarafından yapılmış olmasına rağmen günümüzde bu haritaların revize edilme ihtiyacı olduğu anlaşılmaktadır. Bu noktada uzaktan algılama teknolojilerinden yararlanılarak uzman kişilerin desteğiyle söz konusu haritaların revize edilmesi sağlanabilir.

Erozyon sürecinin başlama ve gelişim aşamasında, eğim derecesi ve eğim uzunluğundan sonra belki de en önemli faktör olarak karşımıza çıkan arazi örtüsünün belirlenmesinde daha gerçekçi teknolojilerin kullanılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

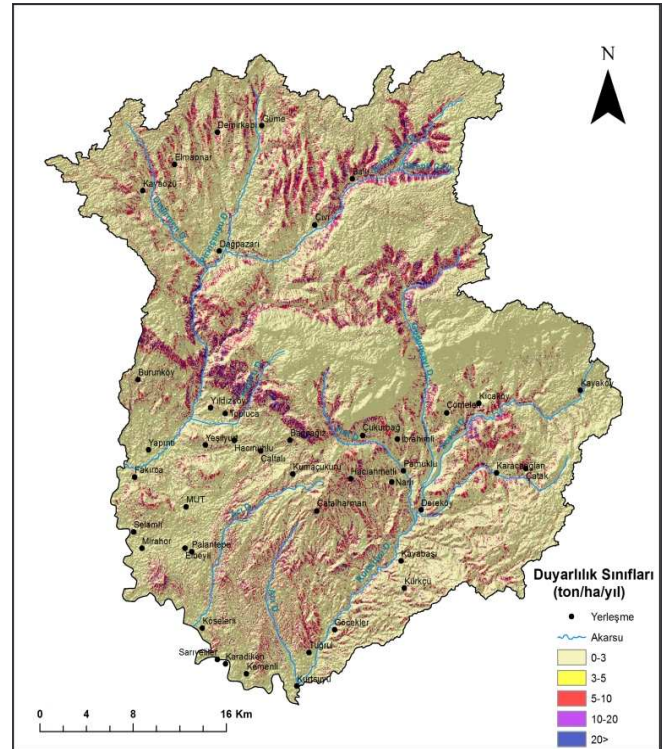
**Tablo 4:** Çalışma sahasına ait erozyon duyarlılık alanların dağılımı

Duyarlılık Sınıfları	Duyarlılık-1		Duyarlılık-2		Duyarlılık-3	
	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
Çok hafif	136995	86,38	142766	90,02	135327	85,34
Hafif	17026	10,81	11762	7,41	18944	11,88
Orta	3106	1,96	2814	1,79	3097	1,95
Yüksek	736	0,47	675	0,44	737	0,46
Çok yüksek	605	0,38	546	0,34	589	0,37
<b>TOPLAM</b>	<b>158,588</b>	<b>100</b>	<b>158,588</b>	<b>100</b>	<b>158,588</b>	<b>100</b>

Çalışma alanındaki erozyona duyarlı alanların mekânsal dağılışı incelendiğinde, özellikle eğim değerinin yüksek olduğu, bitki örtüsünün hiç olmadığı yada çok zayıf olduğu alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 9; 10; 11).

USLE modelindeki en önemli parametrelerden olan C faktörünün oluşturulmasında kullanılan Landsat TM uydusundan kontrolsüz sınıflandırma ile elde edilen havzanın arazi örtüsü/kullanımı modele dahil edilerek Duyarlılık-1 haritası üretilmiştir. Buna göre, yüksek erozyona duyarlı alanlar; Kurtsuyu deresinin kollarından olan Yurt deresinin batısından başlayarak, güneydoğu-kuzeybatı istikametinde Bağcağz, Topluca, Yıldzıköy, Burunköy hattı boyunca ve Gödençayı' nın kaynak kısmından batıya doğru erozyon duyarlılığının diğer alanlara göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda, Dikenli ve Kaldıravuk dereleri ile Değirmendere arasındaki sahalarda da diğer alanlara göre erozyona daha duyarlı olduğu görülmektedir. Karacaoğlan yerleşmesi ile Kurtsuyu deresi kollarından olan Sosan deresi arasındaki alanlarda ve Yurt deresiyle Kumru deresi arasındaki sahalarda yüksek duyarlı ve

çok yüksek duyarlı erozyon sahaları tespit edilmiştir. Özellikle Tuğrul, Köseleli ve Hacıahmetli üçgeninde orta ve yüksek seviyede duyarlı erozyon sahaları tespit edilmiştir (Şekil 9).

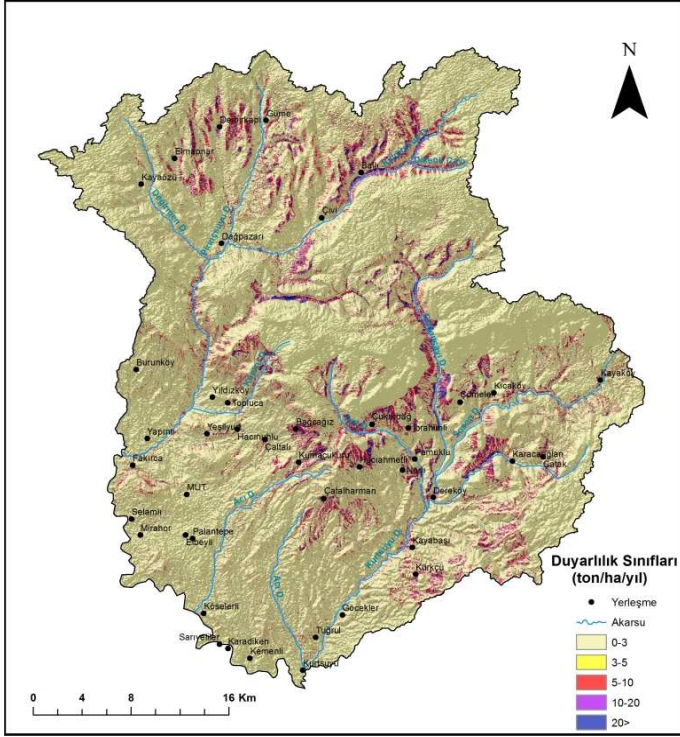


**Şekil 9:** Çalışma alanı erozyona duyarlı alanlar - Duyarlılık-1

Çalışmada kullanılan C faktörünün hesaplanmasındaki diğer bir yöntem ise KHGM tarafından üretilen arazi kullanım haritasına, arazi kullanımıyla ilgili C değerlerinin girilerek C faktör katmanının elde edilmesi şeklinde olmuştur. Bu katman da USLE modeline dahil edilerek Duyarlılık-2 haritası elde edilmiştir. Duyarlılık-2 haritası incelendiğinde; Duyarlılık-1 ve Duyarlılık-3 haritalarından farklılık göstermektedir. Çalışma sahasının %90' ından fazlası çok hafif erozyon sahası olarak görülmektedir. Bu da toplam çalışma alanının 154,528 hektarında hafif ve çok hafif, geriye kalan 4060 hektarlık alanında orta, yüksek ve çok yüksek erozyon duyarlılığının olduğunu göstermektedir.

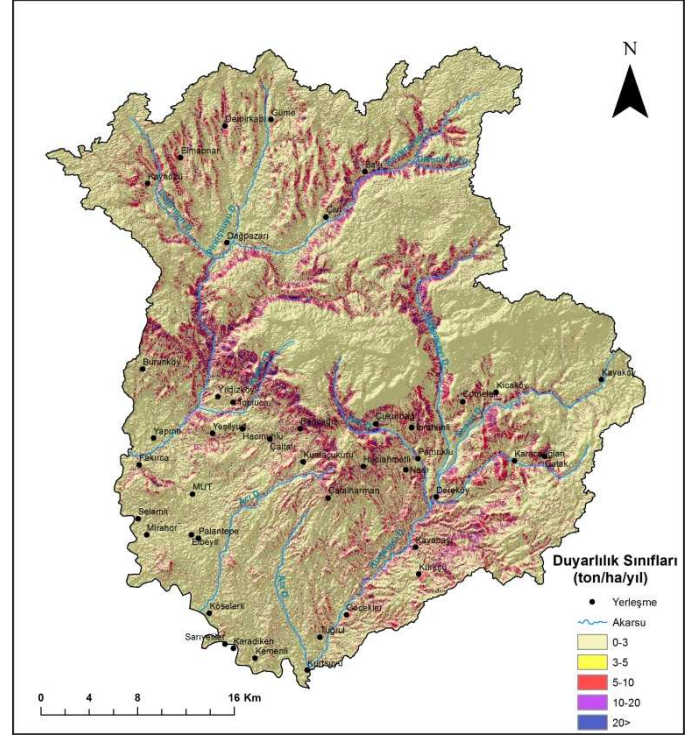
Duyarlılık-2 haritasına göre çalışma sahasındaki erozyona duyarlı alanların mekânsal dağılışı incelendiğinde; Duyarlılık-1' dekinden farklı bir durum ortaya çıkmaktadır. Duyarlılık-1' de belirtilen Tuğrul, Köseleli ve Hacıahmetli üçgeninde orta ve yüksek duyarlı erozyon sahaları belirginliğini kaybederek, Çatalharman mevkiinin güney yamaçlarında orta düzeyde duyarlı erozyon alanı tespit edilmiştir. Buna benzer yine Duyarlılık-1' de Bağcağz, Topluca,

Yıldızköy, Burunköy hattı boyunca orta ve yüksek seviyede duyarlı erozyon alanları yayılım gösterirken Duyarlılık-2' de bu durum çok hafif seviyede duyarlı erozyon sahası olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10: Çalışma alanı erozyona duyarlı alanlar - Duyarlılık-2

Landsat TM uydu görüntüleri kullanılarak, normalize fark bitki indeksi (NDVI) tekniğiyle çalışma sahasına ait bitki örtüsü kapallık durumu tespit edilmiştir. USLE modelindeki parametrelerden olan C faktörü olarak NDVI kullanılmış ve Duyarlılık-3 haritası üretilmiştir. Buna göre; Duyarlılık-1 ve Duyarlılık-3 haritalarında erozyon duyarlılık sınıflarının oransal dağılımı yüksek benzerlik göstermektedir. Duyarlılık-3'e göre çalışma sahasında erozyon duyarlılık alanlarının mekânsal dağılımı incelendiğinde; Duyarlılık-1' de olduğu gibi Bağcağız, Topluca, Yıldızköy, Burunköy hattı boyunca ve Gödençayı'nın kaynak kısmından batıya doğru orta, yüksek ve çok yüksek erozyona duyarlı sahalarda yayılım göstermektedir. Havzanın güneydoğusunda Kürkcü, Kayabaşı, Dereköy ve Karacaoğlan yerleşmeleri civarındaki sahada yüksek ve orta düzeyde erozyona duyarlı sahalarda tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra havzanın kuzeydoğusundaki Çivi ve Ballı yerleşmeleriyle Kaldıravuk ve Dikenli çayı civarında orta, yer yer çok yüksek seviyede erozyon duyarlılık alanları görülmektedir (Şekil 11).



Şekil 11: Çalışma alanı erozyona duyarlı alanlar - Duyarlılık-3

USLE modelindeki en önemli parametrelerden olan eğim derecesi ve eğim uzunluğu faktörü (LS) için oluşturulan tematik katmanda yüksek LS değerlerinin olduğu alanlar ile yüksek erozyon potansiyeli görülen alanlar arasında yüksek bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Duyarlılık-1, Duyarlılık-2 ve Duyarlılık-3 haritalarından da anlaşılacağı üzere eğim değerlerinin düşük olduğu alanlarda erozyon duyarlılığı da düşük; yüksek eğime sahip alanlarda yüksek seviyede erozyona duyarlı olduğu görülmektedir. Bu durum, eğim derecesi ve eğim uzunluğunun erozyon üzerinde belirleyici bir etken olduğunu göstermektedir. Çalışma alanı için oluşturulan eğim haritası incelendiğinde; toplam alanın 43,281 hektarlık alanı orta, dik ve çok dik eğimli olarak sınıflandırılırken, geriye kalan 115,307 hektarlık alanı düze yakın ve hafif eğim sınıfında yer almaktadır. Diğer taraftan her üç erozyon duyarlılık haritasında erozyon duyarlılık alanlarının yüksek olduğu sahalarda eğim değerlerinin yüksek olduğu alanlar örtüşmektedir. Duyarlılığın yüksek olduğu Bağcağız, Topluca, Yıldızköy ve Burunköy yerleşmeleri hattı boyunca eğim de yüksek değerler göstermektedir.

Erozyon sürecini, etkisini, yönünü ve gücünü ortaya koyabilmek için çalışılan sahanın litolojik özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak büyük avantajlar sağlamaktadır. Özellikle farklı jeolojik birimler üzerinde farklı toprak tipleri oluşmaktadır. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri erozyona maruz kalma derecelerini

önemli ölçüde etkilemektedir. Toprağın kırıntı büyüklüğü, dayanıklılığı ve su geçirgenliği erozyon eğilimini belirlemektedir. Özellikle toprağın tekstür, strüktür, sıkışma ve toprağın ince ve kaba çakıl içeriği gibi özelliklerindeki farklılık, toprağın erozyona uğrama derecesi üzerinde etkilidir (Çepel, 1997:10).

Çalışma alanı sınırları içerisinde marn, kireçtaşı gibi yüzeylerin yoğun olması ve bu yüzeylerin cılız yada herhangi bir bitki örtüsüyle kaplı olmaması, erozyon sürecini hızlandırmada etkilidir. Çalışma alanında, gevşek ve düşük dirence sahip birimlerin yoğun olması, bu alanlarda yetişen bitkilerin kök sisteminin çok gelişmemesine sebep olmaktadır. Bu durum toprakların ayrışmasına neden olmakta ve erozyon sürecini etkilemektedir.



Şekil 12: Tuğrul-Çatalharman, Sarıveliler Köyleri civarında belirlenen erozyona duyarlı alanlar

Nitekim çalışma alanında eğimin %10' un üzerinde olduğu alanlar ile litolojinin zayıf direnç gösterdiği sahalar erozyon sürecini hızlandıran faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle çalışma alanında daha önce belirtilen erozyon duyarlılığının yüksek olduğu alanlar ile Orta Miyosen' e ait marnlı ve resifal kireçtaşı yüzeyleri arasında paralellik görülmektedir. Orta Miyosen yaşlı marnlı arazilerin erozyona karşı daha duyarlı olması daha önce yapılan birçok çalışmada belirtilmiştir (Biricik, 1985:175 İkinci, 2005:126; Sönmez vd., 2013:8). Bu çalışmalarda, marn taşlarının çok kolay

ufalanması dolayısıyla erozyon için çok riskli alanlar olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda marnlı yüzeyler üzerinde bitki örtüsü oluşumunun da çok zayıf olması bu alanları erozyon bakımından daha duyarlı alanlar haline getirmektedir. Belirtilen bu durum, arazi çalışmalarında ve literatürde yapılan çalışmalarda açık bir şekilde dikkati çekmektedir.

Çalışma sahasının arızalı topoğrafyaya sahip olması nedeniyle havza sınırları içerisindeki yerleşimler genel manada su kaynaklarına yakın alanlarda yoğunlaşmıştır. Havzadaki Kurtsuyu, Pirinçsuyu, Sosan, Kaldıravuk, Değirmen, Dikenli ve Acı dere gibi su kaynakları, yerleşimlerin yoğunlaştığı alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna bağlı olarak söz konusu alanlarda yoğun tarım faaliyetleri yapılmaktadır. Nitekim yoğun tarım faaliyetlerin yapıldığı alanlarda toprağın sürülmesine bağlı olarak erozyon riski artmaktadır (Sönmez vd., 2013:10). Özellikle sıkışmaya eğimli toz ve kil bakımından zengin toprakların nem miktarının fazla olduğu dönemlerde makineli sürümün yapılması toprağın sıkışmasına sebep olarak toprağın gözenekliliğini ortadan kaldırır. Bu durum toprağın infiltrasyon özelliğini azaltarak yağmur sularının toprağa geçmesini engelleyerek yüzey akışa geçmesine sebep olmaktadır (Çepel, 1997:12).

## 5. Sonuç ve Öneriler

Avrupa birliği ülkelerinin tamamında tarım, mera ve orman arazilerinde 25 milyon hektarlık alanda erozyon sorunu bulunmaktayken, Türkiye' de tarım, mera ve orman arazilerinde 57,1 milyon hektarlık alan erozyonun etkisinde olduğu ifade edilmektedir. Türkiye' de 1950' li yıllardan sonra nüfus artışıyla beraber artan mekanizasyon ihtiyacı, insanların mera ve orman gibi alanları tarım arazisine dönüştürmek suretiyle tahribatta bulunmuşlardır (Kasap ve Irmak, 1998:6). Bu durumun uzun yıllar devam etmesine paralel olarak Türkiye' de erozyon sahalarının giderek artmasına sebep olmuştur. Erozyonun zararları sadece fiziksel olarak toprak kaybı şeklinde olmamaktadır. Brown ve Wolf, 1997 yılında yayımladığı kitabında erozyonu, küresel boyutta incelemiş, erozyonun görünen zararların yanında dolaylı birçok sorunu beraberinde getirdiğini ve oluşum sürecinin yavaş olduğunu ifade ederek erozyonu, "dünya ekonomisindeki sessiz kriz" olarak ifade etmiştir.

Erozyon ve buna benzer problemlerin çözümünde ilk etapta sorunun nerede ve hangi oranda olduğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Böylece, sorunun boyutu ve çözümünde daha radikal karar almak imkânı elde edilmiş olur.

Erozyonun dinamik bir karakterde olmasının yanında oluşum ve gelişim sürecinin genel anlamda yavaş olması gibi nedenlerden dolayı sürekli izlenmesi gerekmektedir. Mekânda gerçekleşen olguların hızlı, ekonomik ve gerçekçi bir şekilde izlenebilmesini sağlayan coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknolojileri son yıllarda teknolojideki gelişmelere paralel olarak hızla artmaktadır. Geleneksel metotlara göre birçok avantajı olmasından dolayı erozyon tahminlerinde de CBS ve uzaktan algılama teknolojilerinin kullanımı giderek artmaktadır. Son yıllarda Türkiye’de birçok kamu kurum ve kuruluşu da uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan USLE modelinin uzaktan algılama ve CBS teknolojileriyle kombinasyonu neticesinde Göksu nehrinin kollarından olan Kurtsuyu ve Pirinçsuyu dereleri için erozyon duyarlılık alanları belirlenmiştir. Çalışma sahasına ait üç farklı erozyon duyarlılık haritası üretilmiştir. Buradaki temel hedef çalışma sahasındaki erozyona duyarlı alanlarının belirlenmesinin yanında, CBS ve uzaktan algılama verilerinin erozyon çalışmalarında uygulanabilirliğini ortaya koymak ve geleneksel metotlara göre avantajlarını belirlemektir. Birçok araştırmacı tarafından geliştirilen farklı erozyon tahmin modelleri bulunmaktadır. Türkiye’de ve dünyanın birçok bölgesinde kullanılan USLE modeli bu çalışma için tercih edilmiştir. Önceki yıllarda USLE eşitliği geleneksel yöntemlerle yapılırken günümüzde bilgisayar ve mekânsal analiz araçlarının gelişmesiyle daha hızlı ve daha pratik bir hal almış durumdadır.

Bu çalışmada kullanılan USLE modeli, erozyon sahalarının tespitinde pratik ve kullanışlı bir özellik göstermiştir. Geleneksel yöntemlerin yanı sıra USLE-CBS ve uzaktan algılama entegrasyonu, erozyonun mekânsal olarak analiz edilmesinde, haritalanmasında ve yorumlanmasında önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Özellikle bu tür çalışmaların arazi çalışmalarıyla desteklenmesi sonuçların daha da geliştirilmesini sağlamaktadır (Karabulut ve Küçükönder, 2008:21). Modelleme çalışmalarında sonuçların gerçeği yansıtması tamamen kullanılan veri parametrelerinin kalitesi ve doğruluğuyla orantılıdır. Özellikle çalışma alanındaki erozyon duyarlılık sahalarının belirlenmesi için USLE modelindeki faktörlerden bitki amenajman faktörünün elde edilmiş biçimindeki farklılık, sonuç duyarlılık haritalarına da yansımıştır. Türkiye’de birçok araştırmacı tarafından belli bölgeler için arazi kullanımı/örtüsü haritaları üretilmiştir. Bu haritalar, uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak elde edilmiş ve yüksek doğruluğunun yanında güncellenebilme

özelliğine sahiptir. Önceki yıllarda arazi örtüsü/kullanımıyla ilgili sayısal haritalar bazı kurum ve kuruluşlar tarafından yapılmış olmasına rağmen günümüzde bu haritaların revize edilme ihtiyacı olduğu anlaşılmaktadır. Bu noktada uzaktan algılama teknolojilerinden yararlanılarak uzman kişilerin desteğiyle söz konusu haritaların revize edilmesi sağlanabilir. Böylece mekânsal analiz noktasında bilimsel çalışmalar, daha gerçekçi, pratik ve daha ekonomik sonuçlara ulaşacaktır.

USLE modelindeki C faktörünün belirlenmesi üç farklı yöntemle belirlendiği daha önce ifade edilmiştir. Landsat TM uydu verileriyle normalize fark bitki indeksi ve kontrolsüz sınıflandırma tekniği sonucu üretilen C faktörünün modele dâhil edilmesi sonucu erozyon duyarlılık haritaları üretilmiştir. Uzaktan algılama ve CBS teknolojileriyle üretilen bu haritalar ile KHGM tarafından üretilen sayısal arazi kullanım haritaları arasında belirgin farklar bulunmaktadır. Arazi kullanımı/örtüsünün söz konusu haritalarda farklılık oluşturması sonuç erozyon duyarlılık haritalarına yansımıştır. Bu durum USLE eşitliğinde C faktörünün etkisini pozitif yada negatif yönde etkileyerek diğer faktörlerin eşitlikteki ağırlıklarında farklılaşmaya sebep olacaktır. Böylece erozyona duyarlı alanların mekânsal dağılımında, duyarlılık haritaları arasında farklılıklar oluşmuştur. C faktörünün uydu verileri kullanılarak kontrolsüz sınıflandırma tekniğiyle elde edilmesi sonucu Duyarlılık-1 haritası elde edilmiştir. Buna göre çalışma sahasında 136,995 hektarlık alanda çok hafif erozyon, 4,447 hektarlık alanda orta, yüksek ve çok yüksek erozyon duyarlılığı tespit edilmiştir. C faktörünün elde edilmesinde, normalize fark bitki indeksi kullanılarak Duyarlılık-3 haritası üretilmiştir. Duyarlılık-3’e göre 135,327 hektarlık alanda çok hafif, 4,423 hektarlık alanda orta, yüksek ve çok yüksek erozyon duyarlılık sahası tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere uzaktan algılama teknolojileriyle elde edilen sonuç duyarlılık değerleri arasında yüksek benzerlik bulunmaktadır. Diğer taraftan KHGM tarafından üretilen sayısal arazi kullanım durumu haritasına C faktörü katsayılarının girilmesiyle C faktörü üretilmiş ve USLE modeline dâhil edilerek Duyarlılık-2 haritası elde edilmiştir. Buna göre; 142,766 hektarlık alanda çok hafif, 4,035 hektarlık alanda ise orta, yüksek ve çok yüksek erozyon duyarlılık sahası tespit edilmiştir. Daha önce de belirtildiği üzere erozyon modellemelerinde gerçekçi sonuçlara ulaşmak için verinin güvenilir olması önemlidir.

Çalışma sahasının arızalı topoğrafyaya sahip olması nedeniyle USLE modelindeki eğim derecesi ve uzunluğu parametresi olan LS faktörü erozyon

duyarlılık sahalalarının mekânsal dağılışı üzerinde belirleyici bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Sayısal yükseklik modeli kullanılarak elde edilen eğim haritasına göre yüksek eğim değerlerinin olduğu alanlar ile erozyona duyarlı alanlar arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Bu noktada LS faktörünün USLE modelindeki önemi ortaya çıkmaktadır. Yüksek LS değerleri yüksek duyarlı erozyon sahalalarıyla örtüşmektedir. Diğer yandan çalışma sahasının litolojik özellikleri de erozyona duyarlı sahalaların mekânsal dağılışı üzerinde belirleyicidir. Özellikle düşük dirençli yüzeylerin olduğu alanlar erozyon duyarlılığının yüksek olduğu alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Akarsu vadileri boyunca yüksek eğimli yamaçlarda arazi örtüsünün cılız bitki örtüsüyle kaplı yada çıplak olması nedeniyle bu alanların erozyona daha fazla duyarlı olmasına neden olmuştur. Çalışma sahasında yerleşmeler, su kaynaklarına yakın alanlarda yoğunlaşmış ve bu alanlarda tarımsal faaliyetlerde bulunmaktadırlar. Nitekim yoğun tarım faaliyetlerinin olduğu alanlarda toprağın sürülmesine bağlı olarak erozyon riski artmaktadır (Sönmez vd., 2013:10). Bu bağlamda erozyonun önlenmesi noktasında birçok araştırmacı önerilerde bulunmasının yanında neredeyse bu önerilerin tamamında insan faktörünün önemi üzerinde durmuşlardır. Özellikle hızlandırılmış erozyonun en büyük sorumlusu olarak beşeri faaliyetleri görmüşlerdir. Bu faaliyetlerin başında ise hatalı teknik uygulamalar ve sosyo-ekonomik politikalarından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Bunlardan bazıları: yanlış tarım işletmeciliği, arazi yetenek sınıflarının tam manasıyla bilinmemesi ve uygun olmayan topraktan yararlanma çabaları, doğal bitki örtüsünün tahribatı ve hızlı nüfus artışı şeklinde sıralanabilir (Çepel, 1997:28). Erozyona karşı alınabilecek önlemlere gelince, USLE modelinde sonuçları belirleyen en önemli faktörler; arazi örtüsü ve topoğrafik özellikler olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle çalışma alanında eğim değerlerinin yüksek olduğu sahalarda doğal bitki örtüsünün korunmasının yanında teraslama, malçlama, bitki rotasyonu gibi doğru toprak yönetim uygulamalarının gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Çalışma alanında erozyona duyarlı sahalaların oransal olarak azaltılmasında etkili olabilecek diğer bir yöntem ise arazi kullanım tiplerinin uygunluğu tespit edilmesine öncelik verilmesidir (Karabulut ve Küçükönder, 2008:21; Özsoy, 2007:12). Çalışma alanında cılız veya tamamen çıplak alanlarda ekonomik ve toprağı koruyucu türlerle bitki-toprak-su arasındaki dengenin kurulması ve yörenin klimaksını oluşturan bitki türlerinin stabilizasyonunun sağlanması önemlidir (Reis vd., 2009:12). Çalışma alanı sınırları içerisinde yerli halk tarafından eğimin yüksek olduğu alanlarda erozyonu önlemek amacıyla birtakım tedbirler

alınmasına rağmen tam başarı sağlanamamıştır. Bu alanların uzman kişilerce gözden geçirilip daha kesin çözümlerin üretilmesi faydalı olacaktır. Mut Orman İşletme Şefliği tarafından erozyona duyarlı bazı alanlarda ağaçlandırma faaliyetleri yapılmış ve kısmen de olsa erozyonu önlemede başarı sağlanmıştır. Bu noktada erozyonla mücadelede biyolojik önlemler açısından bitki örtüsü önemli bir özellik göstermektedir. Bu nedenle erozyon duyarlılığının yüksek olduğu alanlarda; bölgenin ekolojik koşulları dikkate alınarak hızlı büyüyen yumak formulu, kolay köklenen, toprağı tutan ve iyileştirme özelliğine sahip bitkiler seçilmelidir (Zengin vd., 2008:16).

Bu çalışmada kullanılan, Erozyon tahmin modellerinden USLE' nin, CBS ve uzaktan algılama teknolojileriyle birlikte kullanılması büyük avantajlar sağlamıştır. Buna benzer modellerin gerçekçi sonuçlar üretebilmesi için veri parametrelerinin güvenilir ve doğru olması gerekmektedir. Türkiye' de arazi kullanımı/örtüsü ile ilgili haritaların gözden geçirilmesi ve bunu yaparken geniş alanlarda etkili bir biçimde kullanılma özellikleri nedeniyle uzaktan algılama ve CBS teknolojilerinden faydalanılabilir. Çalışmada elde edilen sonuç duyarlılık haritaları, ileriye dönük yapılacak planlamalarda ve alınacak kararlarda arazi hakkında fikir vermesi açısından önem taşımaktadır.

#### KAYNAKÇA

- AKSU, Necati ve UÇAN, Kenan (2012). "Hurman Çayı Havzasında Ölçülen ve Ampirik Yöntemlerle Hesaplanan Sediment Verimlerinin Karşılaştırılması", KSÜ Doğa Bil. Derg., 15 (3), ss.1-8.
- BECK, Pieter S.A., ATZBERGER, Clement, HOGDA, Kjell A., BERNT, Johansen and SKIDMORE, Andrew K. (2006). "Improved Monitoring of Vegetationdynamics at Very High Latitudes, a New Method Using MODIS NDVI", Remote Sensing of Environment 100, 321-336.
- BİRİCİK, Ali Selçuk (1985). "Sarayköy Civarında Erozyon ve Önlemleri (Konya)", İstanbul Üniv., Coğr. Derg., 1, ss.173-180.
- ÇEPEL, Necmettin (1997). "Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar", TEMA yayınları 14, İstanbul.
- ÇİÇEK, İhsan (2001). "Mut ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi", Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, (11), 2, ss. 1-20.
- DENİZDURDURAN, Mehmet (2012). "Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Kahramanmaraş İli'nin Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- DOĞAN, Orhan ve DENLİ, Öngül (1999). "Türkiye' nin Yağış-Kuraklık-Erozyon İndisleri ve Kurak Dönemleri" KHGM Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın no:215, Teknik Yayın no:60, Ankara.
- DOĞAN, Orhan, CEBEL, Hicrettin, KÜÇÜKÇAKAR, Nurgül ve AKGÜL, Suat, (2000). "Türkiye Büyük Toprak Gruplarının Erozyona Duyarlılık "K" Faktörleri", KHGM APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın no:111, Rehber no:17, Ankara.
- DOĞAN, Orhan (2002). "Türkiye Yağışlarının Erozyon Oluşturma Gücü ve Ünsel Toprak Kaybı Eşitliğinin Yağış Erozyon İndeks Değerleri", KHGM Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın no:220, Rapor Yayın no:R-120, Ankara.



- DI, Liping, RUNDQUIST, D.C. and HAN, Luoheng (1994). "Modeling Relationships Between NDVI and Precipitation During Vegetative Growth Cycles", *International Journal of Remote Sensing* 15(10), 2121-2136.
- EKİNCİ, Deniz (2005). "CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzasında Erozyon Analizi", *İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13, ss. 109-119.
- ERENCİN, Zihni (2000). C-Factor Mapping Using Remote Sensing and GIS, A Case Study of Lom Sak/Lom Kao, Thailand, Soil Science Division International Institute for Aerospace Survey And Earth Sciences Enschede, The Netherlands.
- ESTHER, Mbugua W. (2009). "Using GIS Techniques to Determine Rusle's 'R' and 'LS' Factors for Kapingazi River Catchment", Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Department Geomatic Engineering and Geospatial Information Systems, Master of Science Research Project Report.
- GITAS, Ioannis Z., DOUROS, Kostas, MINAKOU, Chara, SILLEOS, George N. and KARYDAS, Christos G. (2009). Multi-Temporal Soil Erosion Risk Assessment in N. Chalkidiki Using a Modified USLE Raster Model. *Earsel Eproceedings* 8, (1), ss. 40-52.
- GONZÁLEZ, Alejandra M. Rojas (2008). "Soil Erosion Calculation Using Remote Sensing and GIS in Río Grande De Arecibo Watershed, Puerto Rico", *ASPRS 2008 Annual Conference*, April 28 - May 2 2008, Portland, Oregon.
- GÖRCELİOĞLU, Ertuğrul (1989). "Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği ve Bunun Yüzey ve Çizgi Erozyonuna Bağlı Toprak Kayıplarının Hesaplanmasında Kullanılması", *İ.Ü., Orman Fakültesi Dergisi*, 38, (2), ss. 31-53.
- İRVEM, Ahmet ve TÜLÜCÜ, Kazım (2011). "Coğrafi Bilgi Sistemi İle Toprak Kaybı ve Sediment Verimi Tahmin Modelinin (Est) Oluşturulması ve Seyhan Körkün Alt Havzasına Uygulanması", <http://fbe.cukurova.edu.tr/makale/cografigibilgisistemi.pdf>, (24.06.2011).
- KANSU, Oğuz (2006). "Uzaktan Algılamada Görüntü Sınıflandırma Yöntemleri Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- KARABULUT, Murat ve KÜÇÜKÖNDER, Muhterem (2008). "Kahramanmaraş Ovası ve Çevresinde CBS Kullanılarak Erozyon Alanlarının Tespiti", *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11(2), ss. 14-22.
- KARABULUT, Murat (2006). "NOAA AVHRR Verilerini Kullanarak Türkiye'de Bitki Örtüsünün İzlenmesi ve İncelenmesi", *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(1), ss. 29-42, Ankara.
- KARABULUT, Murat, KÜÇÜKÖNDER, Muhterem, GÜRBÜZ, Mehmet ve SANDAL, Ersin K. (2006). "Kahramanmaraş Şehri ve Çevresinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak İncelenmesi" *Fatih Üniversitesi 4. CBS Bilişim Günleri*, 13-16 Eylül, İstanbul.
- KARABURUN, Ahmet, DEMİRCİ, Ali ve KARAKUYU, Mehmet (2009). "Erozyon Tahmininde CBS Tabanlı RUSLE Metodunun Kullanılması: Büyükçekmece Örneği", *III. DEÜ CBS Sempozyumu*, 10-11 Aralık 2009, İzmir.
- KARAKOÇ, Ahmet (2011). "Göksu Deltasında (Silifke-Mersin) Meydana Gelen Değişimlerin Uzaktan Algılama Teknikleri İle İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- KASAP, Yaşar ve IRMAK, Seyid, (1998). "Türkiye'de ve Kahramanmaraş İli'nde Tarım Arazileri ve Erozyon Sorunları", *Ekoloji Dergisi*, 8, (29), ss. 6-10.
- MARSH, S.E., WALSH, J.L., LEE, C.T., BECK, L.R. and HUTCHINSON, C.F., (1992). "Comparison of Multi-Temporal NOAA-AVHRR and SPOT-XS Satellite Data for Mapping Land Cover Dynamics in the West African Sahel", *International Journal of Remote Sensing*, 13, 2997-3016.
- MATER, Barış (2004). "Toprak Coğrafyası", Çantay Kitapevi, İstanbul.
- ÖZSOY, Gökhan (2007). "Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Teknikleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi", Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- REİS, Mahmut, KARADEMİR, Nadire ve OĞUZ, Hakan (2009). "Kahramanmaraş Yöresi Keklik Deresi Yağış Havzasında Dere Akımlarını Etkileyen Fizyografik Etmenlerin İrdelenmesi", *III. DEÜ CBS Sempozyumu*, 10-11 Aralık 2009, İzmir.
- SÖNMEZ, Mehmet Emin ÇELİK, Mehmet Ali ve SEVEN, Mutlu (2013). "Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Kilis Merkez İlçesinin Erozyon Risk Alanlarının Belirlenmesi", *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 10 (1), ss.1-21.
- STONE, R.P., HILBORN, D., (2000). "Universal Soil Loss Equation (USLE)", *AGDEX*, ss. 572/751.
- TUNÇ, Erdihan ve SCHRÖDER, Dietmar (2010). "Ankara'nın Batısındaki Tarım Topraklarında USLE ile Erozyon Boyutunun Tespiti", *Ekoloji Dergisi*, 19, (75), ss. 58-63.
- VIQVY, N., ARINO, O. and BELWARD, A.S., (1992). "The Best Index Slope Extraction (BISE): A Method for Reducing Noise in NDVI Time Series", *International Journal of Remote Sensing* 13 (8),1585-1590.
- YAKUPOĞLU, Tuğrul, ÖZDEMİR, Nutullah (2007). "Erozyona Uğramış Topraklara Uygulanan Arıtma Çamuru ve Çay Endüstrisi Atığının Toprakların Mikro Element İçeriklerine Etkileri", 22, (2), ss. 207-213.
- YILMAZ, Erkan (2006). "Çamlıdere Barajı Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya (Fiziki Coğrafya) Anabilim Dalı, Ankara.
- ZENGİN, Murat, ÖZER, Serkan ve ÖZGÜL, Müdahir (2009). "Çoruh Havzası (İspir-Pazaryolu) Erozyon Durumunun CBS ile Belirlenmesi ve Çözüm Önerileri", *Atatürk Üniv., Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40, (1), ss. 9-19.