




Araştırma Makalesi / Research Article

ANALİTİK HİYERARŞİK SÜREÇ ve CBS TEKNİKLERİ KULLANILARAK ÇORUM ÇAYI HAVZASI'NDA TOPRAK EROZYONU RİSKİNİN MODELLENMESİ

Modeling the Risk of Soil Erosion in the Çorum Creek Basin Using Analytical Hierarchic Process and GIS Techniques

İnci DEMİRBAĞ TURAN^a, Ali UZUN^b

^aSamsun Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Samsun
dmrginci@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-5810-6591>

^bOndokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Samsun
aliuzun@omu.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0003-3854-2780>

Makale Tariğesi

Geliş 20 Aralık 2020

Düzenleme 12 Ocak 2021

Kabul 14 Ocak 2021

Article History

Received December 20, 2020

Received in revised form January 12, 2021

Accepted January 14, 2021

Anahtar Kelimeler

Erozyon Risk, Çok Kriterli Karar Verme, AHS, Çorum - Türkiye

Keywords

Erosion Risk, Multi-Criteria Decision Making, AHP, Çorum - Turkey

Atıf Bilgisi / Citation Info

Turan, D.İ. & Uzun, A. (2021) Analitik Hiyerarşik Süreç ve CBS Teknikleri Kullanılarak Çorum Çayı Havzası'nda Toprak Erozyonu Riskinin Modellenmesi / Modeling the Risk of Soil Erosion in the Çorum Creek Basin Using Analytical Hierarchic Process and GIS Techniques, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2021 (6): 41-55
doi: 10.46453/jader.843857

ÖZET

Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan analitik hiyerarşik süreç (AHS) yardımıyla Çorum Çayı Havzası'nda toprak erozyonu duyarlılık sınıflarının belirlenmesi ve haritalanması amaçlanmıştır. Çorum Çayı Havzası Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümünde yer almakta ve yaklaşık 1510 km² yüzölçüme sahip bulunmaktadır. Toprak erozyonu duyarlılık sınıflarını belirlemek için erozyon oluşumunu etkileyen sekiz kriter (erodabilite, yağış, eğim, arazi kullanımı, toprak derinliği, ana malzeme, bitki örtüsü kapallığı ve fizyocoğrafik ana yer şekilleri) ve bu kriterlere ait alt kriterler belirlenmiştir. Bu kriterlere ait verilerin üretilmesinde, çalışma alanının 1:25.000 ölçekli sayısal topografya haritaları; erodabilite ve derinlik verileri için araziden alınan 282 toprak örneğinin laboratuvar analizleri ve hesaplamaları; arazi kullanımı ve bitki örtüsü kapallılığının belirlenmesi için de 26 Eylül 2015 tarihli Landsat 8 OLI_TIRS uydü görüntüleri kullanılmıştır. Kriterlerin ve alt kriterlerin önceliklerinin belirlenmesinde AHS tekniği, 4 sınıftan oluşan erozyon duyarlılık sınıflarının belirlenmesinde ise lineer kombinasyon tekniği kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, havzanın % 18.7'sinde erozyon riski görülmezken, % 41.6'sında ise çok yüksek çıkmıştır. Erozyon riskinin yüksek olduğu kesimler kısmen ya da tamamen bitki örtüsünden yoksundur. Ayrıca kuru tarım yapılan yüksek eğimli yamaçlarda da erozyon riski çok yüksek çıkmıştır. Bu alanlarda ayrıntılı planlama çalışmaları yapılmalıdır.

ABSTRACT

The aim of this study to determine and map soil erosion susceptibility classes in Çorum Creek Basin with the help of analytical hierarchical process (AHP), which is one of the multi-criteria decision making methods. Çorum Creek Basin is located in the Central Black Sea Part of the Black Sea Region and has an area of about 1510 km². In order to determine soil erosion susceptibility classes, eight criteria (erodability, precipitation, slope, land use, soil depth, parent material, vegetation cover and physiogeographic main landforms) and sub-criteria of these criteria were determined. In the production of data belonging to these criteria, 1: 25.000 scaled digital topography maps of the study area; Laboratory analysis and calculations of 282 soil samples taken from the field for erodability and depth data; Landsat 8 OLI_TIRS satellite images dated September 26, 2015 were used to determine the land use and vegetation cover. The AHP technique was used in determining the priorities of the criteria and sub-criteria, and the linear combination technique was used in determining the erosion susceptibility classes consisting of 4 classes. According to the analysis results, erosion risk is not observed in 18.7% of the basin, while it is very high in 41.6%. Areas with high erosion risk are partially or completely devoid of vegetation. In addition, the erosion risk has been found to be very high on very inclined slopes where dry farming is carried out. Detailed planning studies should be done in these areas.

1. GİRİŐ

Toprak erozyonu doğal bir süreçtir. Ancak insan faaliyetleri erozyonu hızlandırmakta ve bunun sonucu olarak verimli alanlar azalmaktadır (Bai vd., 2008; Fernandez vd., 2003). Toprak erozyonu yüksek organik madde ve besin değerlerinin bozulmasını, besinlerin yetersiz kalmasını, toprak verimliliklerinin azalmasını, toprak gözeneklerinin tıkanmasını ve böylece suyun sızmasına engel olup erozyonun daha da hızlanmasını içermektedir (Lal, 2001; Stocking, 2003; Haregeweyn vd., 2006; Lal, 2010; Demirci & Karaburun, 2012; Xu vd., 2013). Bu nedenle birçok bölgede erozyon oranını düşürmek ve kontrol altına alabilmek için toprak ve su koruma programları uygulanmaktadır (Morgan, 2005).

Erozyon tahmini ve değerlendirilmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmıő ve modeller geliőtirilmiőtir. En çok kullanılan modellerden bazıları evrensel toprak kaybı eőtliđi (USLE) (Wischmeier ve Smith 1978) ve revize edilmiőt toprak kaybı eőtliđi (RUSLE) (Renard vd., 1991)'dir. Erozyona karőt hasas alanları belirlemek amacıyla da CORINE (1992), ICONA (1997) ve LEAM (Manrique, 1988) gibi erozyona hassas alanların belirlenmesi için birçok modeller de geliőtirilmiőtir.

Son zamanlarda yapılan erozyon risk araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri önemli bir yer tutmaktadır (Cürebali & Ekinci, 2006; Sönmez vd., 2013; Sepuru vd. 2018; Vijith & Dodge-Wan, 2019; Hatipoğlu & Uzun, 2020;). Bazı çalışmalarda ise çok kriterli karar verme süreci (ÇKKV) kullanılmıőtir (Demirağ Turan & Dengiz, 2017; Güney & Turoğlu, 2018; Arabameri vd., 2019). ÇKKV yöntemlerinde coğrafi boyuttaki heterojenliği göz önünde bulunduran Mekânsal Çok Kriterli Analiz (MÇKA) tekniği kullanılmıőtir (Malczewski, 1999). Bu çalışmada ÇKKV tekniklerinden biri olan Analitik Hiyerarőt Süreci (AHS) yöntemi kullanılmıőtir.

Türkiye'nin yarı kurak bölgelerindeki topraklar, erozyona karőt dirençlerinin zayıf olması veya kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı

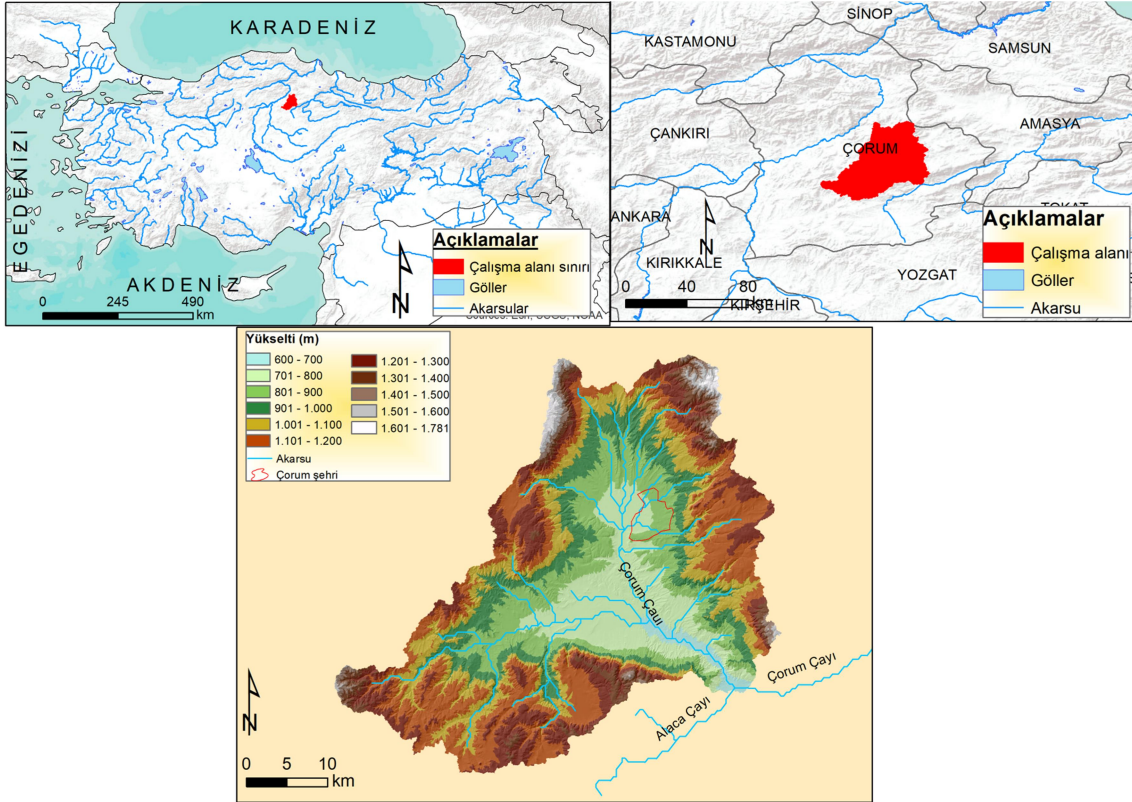
bozulmaya açıktır (Günel vd., 2018). Bu çalışma ile yarıkurak bir bölge olan Çorum Çayı Havzası'nda erozyona karőt hasas alanların belirlenmesi ve çalışma alanındaki risk alanların dađılıőtını ortaya koymak amaçlanmıőtir. Bu doğrultuda çalışma alanında toprak erozyonunu etkileyen erodibiliteler, eğim, yağış, toprak derinliği, arazi kullanımı, bitki örtüsü kapalılığı, ana materyal, ana yer Şekillerinden oluşan sekiz faktör ve bunlara ait alt faktörler ele alınmıőtir.

Bu çalışma, birinci yazarın "Çorum Çayı Havzası'nın Uygulamalı Jeomorfolojisi" isimli doktora tezinden üretilmiştir (Demirağ Turan, 2016).

1.1. Araştırma Alanının Yeri ve Sınırları

Araştırma sahası Çorum Çayı'nın su toplama havzasıdır. Yaklaşık 1510 km² yüzölçüme sahip olan havza, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümünde bulunmaktadır (Şekil 1). İdari yönden bütünüyle Çorum İli sınırları içinde yer alan havza 40°15'36"K ve 40°43'37"K enlemleri ile 34°30'27"D ve 35°08'19"D boylamları arasında kalmaktadır (Şekil 1). Çorum Çayı güneydoğuda Kırklar Dağı'nı yararak Alaca Çayı ile birleŐip doğuya doğru devam eder. Daha sonra YeŐilirmak'la birleŐip Karadeniz'e dökülür.

Havza'nın merkezi kısmında yer alan Çorum Meteoroloji İstasyonu verileri doğrultusunda yıllık ortalama sıcaklık 10.7°C, yıllık toplam yağış ise 441 mm'dir. Bahar aylarında görülen dolu yağışları çalışma alanında özellikle tarım alanlarını olumsuz etkiler. Ayrıca karların erimesi ve bahar yağışları akarsuyun debisini yükselir. Yazın zaman zaman etkili olan kısa süreli sağanak yağışlar taŐkınlara sebep olur. Yörede hakim rüzgar yönü kuzeydoğudur. Thornthwaite metoduna göre Çorum C1 harfi ile gösterilen kurak, az nemli iklim tipine sahiptir. Ayrıca yörenin iklim tipi B'1dB'3 harfleri ile ifade edilen mezotermal orta sıcaklıktaki, su fazlası olmayan ya da pek az olan tali ve deniz tesirine yakın iklim tipi olarak sıralanabilir.



Şekil 1: Çorum çayı havzasının lokasyon haritası / Figure 1: Location map of Çorum Creek basin

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Erozyon duyarlılık veya risk haritalarının oluşturulmasına yönelik çalışmalarda, birden fazla kriteri değerlendirerek çalışan veya çok kriterli karar verme problemi olarak tanımlanan yöntemler mevcuttur. Bu çalışmada kullanılan Analitik Hiyerarşi Süreç (AHS), Thomas L. Saaty (1980) tarafından geliştirilen ve literatürde sıklıkla uygulanmış çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biridir (Akbulak, 2010; Özşahin, 2014; Dağlı & Çağlayan, 2016; Demirağ Turan & Dengiz, 2019; Dedeoğlu & Dengiz, 2019; Kum vd., 2019). Parametrelerin havzanın özelliklerine göre tercih edilmesi bu yöntemin kullanılmasına sebep olmuştur. Farklı parametreler farklı havzalar için seçilip değerlendirilebilir. Ayrıca yöntemin hem objektif hem subjektif olması ve sonucunda doğruluğunun test ediliyor olması yöntemin avantajları arasındadır. AHS yöntemi doğrultusunda sahada erozyonda etkili olan erodibilite, eğim, yağış, derinlik, arazi kullanımı, bitki örtüsü kaplama, jeoloji ve fizyografik ana yer şekillerinden oluşan 8 kriter ele alınmıştır. Bu kriterler alt parametrelere ayrılmıştır. Ele alınan alt parametrelere 1 ile 4

arasında ağırlık değerleri verilmiştir. Bu parametrelerin erozyon oluşturma ihtimali yüksek ise 4, erozyon oluşma ihtimali düşük ise 1 değeri atanmıştır. Aradaki değerler ise parametrelerin erozyonun oluşturmadaki durumuna göre verilmektedir (Tablo 1).

Alt parametreler için erodibilite, eğim, derinlik, arazi kullanımı, bitki örtüsü kaplama, jeoloji, jeomorfoloji araştırmalardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Bir yerdeki erozyonun belirlenmesinde yağış önemli bir faktördür. Yağış faktörünün (erozivite) belirlenmesinde Fournier İndeksi kullanılır (Arnoldus, 1977). Çalışmada yağış indeksinin belirlenmesinde 1960-2019 yıllarına ait Çorum Meteoroloji İstasyonu'nun verileri kullanılmıştır (MGM, 2019). İndeksin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$FI = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P}$$

Burada; FI: Fournier İndeksi, Pi: Ay içerisindeki toplam yağış (mm), P: Yıllık ortalama yağış miktarı.

Tablo 1: Erozyon duyarlılık sınıflarını oluşturulmasına yönelik ele alınan alt parametreler ve onlara ait ağırlık puanları / **Table 1:** Sub-parameters and their weight scores for the establishment of erosion susceptibility classes

Erodibilite		Eğim (%)		Yağış		Derinlik (cm)	
Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı	Ağırlık Puanı	Ağırlık Puanı
K1:0,00-0,05	1	0-2	1	<60	1	Derin: 90+	1
K2:0,05-0,10	2	2.1-6	2	60-90	2	Orta Derin: 50-90	2
K3:0,10-0,20	3	6.1-12	3	90-120	3	Sığ: 20-50	3
K4: 0,20+	4	12.1+	4	>120	4	Çok Sığ: 0-20	4
Arazi Kullanımı		Bitki Örtüsü Kaplama Oranı		Ana Materyal / Jeoloji		Fizyografik Ana Yerşekilleri	
Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı
Orman	1	<25	4	Çok sert kayalar Kompakt silisli kayalar	1	Ovalar ve geniş vadi tabanları, sekili ovalar ve sekiler	1
Mera	3	25-50	3	Kalkerli kayalar	2	Yüksek ve alçak platolar,	2
Tarım	4	50-75	2	Gevşek yapıda, az dayanıklı kayalar ve yumuşak formasyonlar	3	Yüksek dalgalı ve tepelik arazi	3
Tarım dışı	2	>75	1	Killer, siltler, kumlar ve Kuvaterner dönemine depozitler	4	Derin vadi, çok dik yamaç ve depresyonlar alanları	4

Tablo 2: AHS tekniğinde tercihler için kullanılan ikili karşılaştırmalar ölçeği / **Table 2:** Paired comparison scale used for preferences in the AHP technique

Sözel Tercih Hükümü	Açıklama	Değer
Eşit Tercih Edilme	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur.	1
Kısmen Tercih Edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre kısmen tercih ettiriyor.	3
Oldukça Tercih Edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre oldukça tercih ettiriyor.	5
Kuvvetle Tercih Edilme	Bir faaliyet değerine göre kuvvetle tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görünüyor.	7
Kesinlikle Tercih Edilme	Bir faaliyetin değerine göre tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenirliliğe sahiptir.	9
Orta Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler.	2, 4, 6, 8
Ters (Karşit) Değerler	Bir eleman başka bir elemanla karşılaştırıldığında yukarıdaki değerlerden birisi atanır. Bunlardan ikinci eleman birinci eleman ile karşılaştırıldığında ters değere sahip olur.	

Ana kriterlerin ağırlık puanları Saaty (1980) tarafından geliştirilen AHS tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Bu teknik ile parametreler ikili karşılaştırılıp öncelik değerleri belirlenir. Ayrıca karar verilirken hem nicel hem de nitel faktörler incelenir. İkili karşılaştırmalara esasına dayanan göreceli önceliklendirme ölçeği Tablo 2'de verilmiştir.

Çalışmada ele alınan parametrelerin ağırlık puanları AHS tekniği ile 3 aşamada belirlenir:

İlk adımda parametrelerin etki durumu değerlendirilerek ikili karşılaştırmaların yapıldığı matrislerle hesaplanır.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Burada,

A = Karşılaştırma matrisi,

a_{ij} = Hiyerarşinin bir üst düzeydeki elemanına

göre,

i elemanının j elemanına göre önemidir

(i, j = 1,2,...,n)'dir.

İkili karşılaştırma matrisinin özellikleri

- $a_{ji} = 1/a_{ij}$,

- $a_{ij} > 0$ (i, j = 1,2,...,n)'dir.

- Karşılaştırmalar matrisinin tutarlı olması için şu gereklidir:

$a_{ik} = a_{ij}a_{jk}$ (i,j,k = 1,2,...,n)

İkili karşılaştırma hükümleri kesin olarak tutarlı ise, A ikili karşılaştırmalar matrisinin girdileri hata içermeyecektir ve şu eşitlik ifade edilebilecektir.

$$a_{ij} = \frac{W_i}{W_j}$$

Burada; W_i = A ikili karşılaştırmalar matrisi vasıtasıyla hesaplanmış olan, i elemanına ilişkin öncelik değer, W_j = A ikili karşılaştırmalar matrisi vasıtasıyla hesaplanmış olan, j elemanına ilişkin öncelikli değeridir.

Yukarıdaki eşitlikten faydalanılarak şöyle bir eşitlik yazılabilir:

$$a_{ik}a_{kj} = \frac{W_i}{W_k} \frac{W_k}{W_j} = \frac{W_i}{W_j} = a_{ij} \quad (i,j,k = 1,2,..,n)$$

İkili karşılaştırmalar matrisinin köşegen elemanları 1 değerini almaktadır. Yani, $a_{ii} = 1$ (i,j,k = 1,2,..,n) olur.

Tablo 3: AHS Tekniğindeki Tutarlılık Oranının Hesaplanmasında Kullanılan ve Matris Boyutlarına Göre Değişen Rastgele İndeks Değerleri (Saaty, 1980) / **Table 3:** Random Index Values Used in Calculating the Consistency Ratio in the AHP Technique and Varies According to Matrix Dimensions (Saaty, 1980)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rİ	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Tutarlılık kontrolü ile oluşabilecek hataların belirlenmesi sağlanır. Yapılan işlemin doğru

İkinci adımda A matrisi oluşturulması sonrasında karşılaştırılan parametrelerin her birinin önceliğinin hesaplanması üç adımda gerçekleştirilir.

Adım 1: İkili karşılaştırmalar matrisinin her sütunundaki değerler toplanır.

Adım 2: İkili karşılaştırmalar matrisindeki her bir eleman, bulunduğu sütunun toplam değerine bölünür. Bunun sonucunda *normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi* elde edilir.

Adım 3: Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırındaki elemanların aritmetik ortalaması hesap edilir.

Yöntemin son aşamasında elde edilen özvektörün tutarlılık kontrolü yapılır. İkili karşılaştırmalar matrisi (A), öncelik vektörü (W) ile çarpılarak yeni bir vektör elde edilir. Yeni vektörün her bir elemanını öncelik vektöründe buna karşılık gelen değere bölerek ikinci bir yeni vektör hesaplanır. Son vektör değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak maksimum özdeğere (λ_{max}) ulaşılmış olur. Maksimum özdeğer (λ_{max}) ikili karşılaştırmalar matrisindeki elemanların sayısına (n) ne kadar yakınsa sonuç da o kadar tutarlı olacaktır (Kumar & Ganesh, 1996).

Tutarlılık oranı "Tutarlılık İndeksi (Tİ)" ve "Rastgele (Tesadüfi) İndeks (Rİ)" kullanılarak hesaplanır:

$$TO = T_i / R_i$$

"Tutarlılık İndeksi (Tİ)" aşağıda formülü verilen formülü yardımı ile hesaplanır:

$$T_i = \lambda_{max} - n / n - 1$$

"Rastgele (Tesadüfi) İndeks (Rİ)" hesaplamak için AHS tekniğindeki tutarlılık oranının hesaplanmasında kullanılan ve matris boyutlarına göre değişen rastgele indeks değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

sonuç vermesi için tutarlılık oranı 0.10 (%10) veya daha küçük olmalıdır. Eğer bu oran

0.10'dan büyük ise ikili karşılaştırma matrislerinin baştan oluşturularak yeniden bir değerlendirme yapılması gerekmektedir (Saaty, 1980).

Kriterlerin ve alt kriterlere ait önceliklerin belirlenmesinde AHS tekniği kullanılmış, 4 sınıftan oluşan erozyon duyarlılık sınıflarının belirlenmesinde ise doğrusal kombinasyon tekniğinden yararlanılmıştır. Bu tekniğe ait matematiksel eşitlik şu şekildedir:

$$S = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i)$$

Burada; S: Toplam erozyon duyarlılık puanı, W_i: i parametrenin ağırlık değeri, X_i: i parametresine ait alt kriter puanı, n = ele alınan parametrelerin toplam sayısıdır.

Çalışma alanının arazi kullanım ve normalize edilmiş bitki indeksi haritalarını üretmek için 30 metre mekânsal çözünürlüğe sahip 26 Eylül 2015 tarihli Landsat 8 OLI_TIRS uydu görüntüsü kullanılmıştır. Uydu görüntüsünün eylül ayı sečilmesindeki en önemli sebep arazinin büyük kısmında buğday tarımının yapılmasıdır. Buęday tarımının hasat edildiği tarihler sečilmiřtir. Dięer türlü büyümeye başladığı dönem olan mayıs ve haziranda ise orman arazisi ile karışmaktadır. Arazi kullanım haritası çizilirken günümüzde en çok kabul gören yöntemlerden birisi En Yüksek Olasılık (*Maximum Likelihood*) yöntemidir (Ekercin, 2007). Bu nedenle çalışma alanında sınıflandırmada En Yüksek Olasılık (*Maximum Likelihood*) yöntemi kullanılmıştır. Sınıflandırma ve doğruluk analizi işlemlerinde ENVI 5.1, haritalama işleminde ise ArcGIS10.2.2 programları kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi sonrasında doğruluk araştırması yapılmıştır. Doęruluk işlemi için çalışma alanından 220 adet örneklem alınmıştır. Doęruluk, sınıflandırma sonucu elde edilen verilerle araziden elde edilen referans noktaları arasındaki uyumla belirlenmektedir (ERDAS, 2003). Bunun için Kappa değeri hesaplanır. Daha önceki yapılan çalışmalar esas alınarak uygulayıcılar arasındaki uyumu belirten k değeri aralıkları şöyledir: k: ≤ 0.20 ise önemsiz uyum, k: 0,21-0,40 ise minimal uyum, k: 0.41-0.60 ise orta dercede uyum, k: 0.61-0.80

ise önemli dercede uyum, k: 0.81-1.00 ise gözlemciler arasındaki uyumun tam olduğunu gösterir (Çelik, 2006).

Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) yöntemi kullanılmıştır. NDVI yakın kızılötesi ve kırmızı spektral bantları arasındaki doğrusal ilişkiyi gösteren oran bazlı bir indeks olup aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmaktadır (Bonneau vd., 1999; Edwards vd., 1999; ERDAS, 2003).

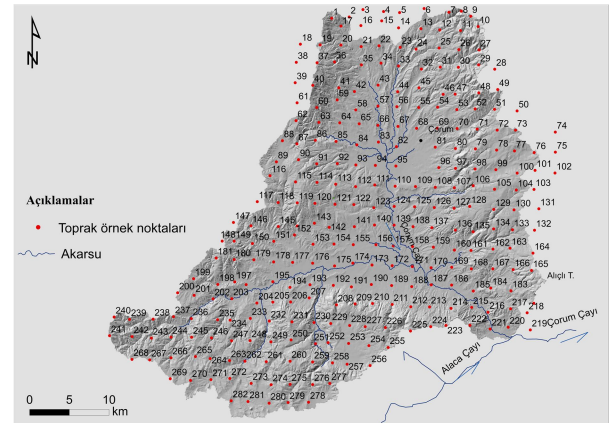
$$NDVI = \frac{\text{Yakın Kızılötesi} - \text{Kırmızı}}{\text{Yakın Kızılötesi} + \text{Kırmızı}}$$

Erodobilité parametresi için alandan grid koordinatları kullanılarak her 2,5 km aralıklarla toplam 282 yüzey (0-20 cm) toprak örneği alınmıştır (Şekil 2). Erodobilité için K faktörü belirlenmiştir. K faktörü ise her bir toprak örneği için yapılan analizler sonucunda şu eşitlikten yararlanılarak belirlenmektedir (Wischmeier & Smith, 1978):

$$K = 1/100 \{2.1 \times 10^{-4} \times (12-OM) \times [SI \times (SA+SI)]^{1.14} + 2.5 \times (PE-3) + 3.25 \times (ST-2)\}$$

K: ta h ha⁻¹ MJ mm⁻¹, OM: Organik Madde, SI: Silt içeriği, SA: Kum içeriği, PE: Geçirgenlik, ST: Strüktür.

Çalışma alanından toprak örnekleri alınırken derinlik ölçümü de yapılmış ve derinlik parametresi oluşturulmuştur.



Şekil 2: Çalışma alanından alınan toprak örnekleri dağılım haritası / **Figure 2:** Distribution map of soil samples taken from the study area

Her bir örnek noktası için K faktörü ve derinlik değerleri hesaplanır. Dağılım haritası yapmak için enterpolasyon yöntemlerinden

yararlanılmıştır. Enterpolasyon yöntemlerinden Ters Mesafe Ağırlıklandırma (Inverse Distance Weighting / IDW), Radyal Tabanlı Fonksiyon (Radial Basis Function / RBF) deterministik yöntemler ile stokastik yöntemlerden de (temelde Kriging olarak da bilinmektedir) doğal (ordinary), evrensel (universal), basit (simple) kriging yöntemleri kullanılmıştır. ArcGIS'de enterpolasyon yöntemlerinden 15 yöntem RMSE değerleri esas alınarak karşılaştırılmıştır. RMSE'nin en düşük olması bizim kullanacağımız yöntem olarak belirlenmiştir. RMSE değerinin hesaplanmasında ağaşıdaki formül kullanılmıştır (ESRI, 2008).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(z_i^* - z_i)^2}{n}}$$

Z_i : tahmin edilen

değer, Z_i^* : Ölçülen değer ve n : Örnek sayısını ifade etmektedir.

1/25.000 ölçekli topografya haritalarından sahanın eğim haritası üretilmiş ve model çerçevesinde sınıflandırılmıştır.

Arazi çalışmaları ve topoğrafya haritaları yardımıyla sahanın jeomorfoloji haritası çizilmiş ve modele dahil edilmiştir. Sahanın jeoloji haritası ise MTA tarafından hazırlanmış 1/100.000 ölçekli Çorum G33, G34, G35, H33, H34, H35 ve Çankırı H32 pafta numaralı jeoloji paftalarından yararlanılarak çizilmiştir. Elde edilen veriler birlikte kullanılmış ve havzanın erozyon risk haritası oluşturulmuştur.

3. BULGULAR

3.1. Parametrelerin Dağılışı

Çalışma alanında toprak erozyonuna neden olabilecek öncelikli parametreler belirlenip CBS ile UA teknikleri yardımıyla farklı yöntemler (AHS ve DKT) kullanılarak havzanın erozyon riski ortaya konulmuştur. Çalışma alanının Landsat uydu görüntüleri yardımıyla bitki örtüsü yoğunluğu ve arazi kullanım parametreleri ele alınmıştır. Toplam alanın %48.01'i tarım alanını oluştururken, %8.58'ini tarım dışı alanları oluşturmaktadır (Tablo 4). Çalışma alanının kuzey ve güneyinde ormanlar

geniş alan kaplarken, havza tabanında ise tarım alanları daha geniş alan kaplamaktadır (şekil 3a, şekil 4a ve şekil 4b). Çalışma alanının sınıflandırılmış görüntüsünde 220 referans noktası ile doğruluk analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda %86.40 doğruluk sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 5). Kappa değeri 0,82 ile uyumun tam olduğunu gösterir.

Tablo 4: Çalışma sahasında 2015 yılına ait arazi kullanım sınıflarının alansal oransal dağılımları / **Table 4:** Spatial distribution of land use classes of 2015 in the study area

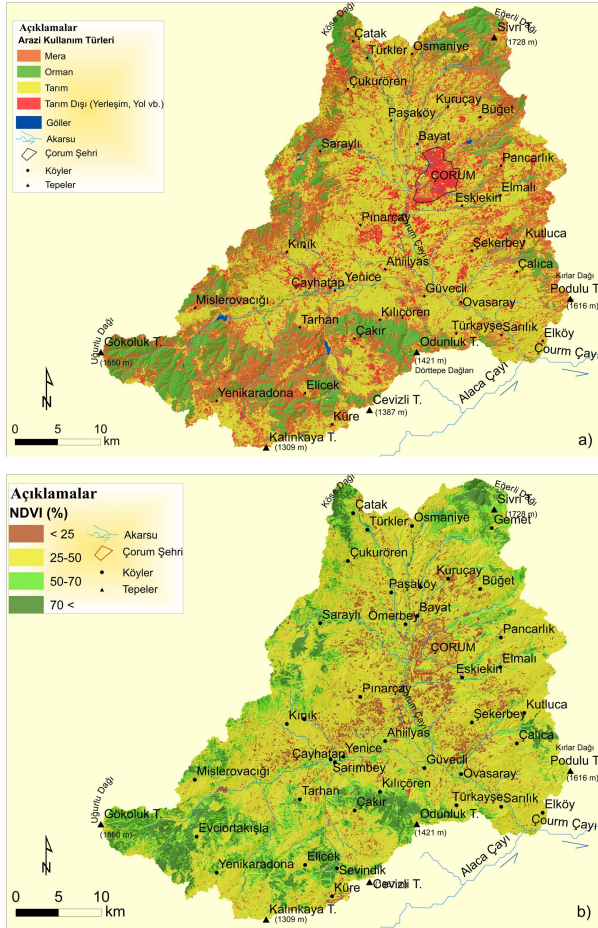
Arazi Sınıfları	Kapladığı Alan	
	km ²	%
Mera	412	27,28
Orman	240	15,89
Tarım	725	48,01
Tarım dışı	131	8,68
Su	2	0,13
Toplam Alan	1510	100,00

Yapılan NDVI analizinde, havzanın kuzey ve güneydeki dağlık alanlarda bitki örtüsü kaplama oranının yüksek olduğu, buna karşılık havza tabanındaki tarım alanların ile yerleşim alanlarında düşük olduğu görölür (şekil 3b).

Tablo 5: Çalışma alanının doğruluk analiz sonuçları / **Table 5:** Accuracy analysis results of the study area

Sınıf	Mera	Orman	Tarım	Tarım dışı	Sütun Toplam	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Mera	34	1	5	0	40	61.82	85
Orman	2	53	0	0	55	96.36	96.36
Tarım	16	0	48	0	64	87.27	75
Tarım dışı	3	1	2	55	61	100.00	90.16
Satır Toplam	55	55	55	55	220		

Genel Doğruluk: % **86,40** Kappa Değeri: 0.82



Şekil 3: Çalışma alanının arazi kullanım (a) ve NDVI (b) haritası / **Figure 3:** Land use of the study area (a) and NDVI (b)

Havzadan alınan toprak örneklerinin K faktörü değerleri en düşük 0.01 ve en yüksek 0.43 değerler arasındadır (Tablo 6). Yapılan hesaplamalara göre toprak örneklerinin %75.9'u çok az ve az aşınabilir sınıfta, % 5.3'ü ise çok yüksek aşınabilir, %18.8'i ise orta aşınabilir sınıftadır (Tablo 6, Şekil 5a). Çalışma alanından alınan örneklere yapılan analiz sonuçlarına göre Doğan & Güçer (1978)'e göre oluşturulan sınıflandırmada doğrultusunda çok yüksek aşınabilir toprak sınıfı çıkmamıştır. K Faktörü diğer faktörlerle birlikte erozyonu desteklemektedir.

Çalışma alanında K faktörü dağılım haritası yapmak için en düşük RMSE değerini veren Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW) 1 enterpolasyon modeli kullanılmıştır. Toprak aşınım faktörü dağılım haritasında ise genel olarak az ve orta derecede aşınabilir araziler geniş alan kaplamaktadır (Şekil 5a). Çorum İl Arazi Varlığı Raporları (Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1987) verilerine göre havza

tabanında derin topraklar yaygınken çevredeki yüksek sahalarda ise sığ topraklar yer alır (Şekil 5b). Bunda çevredeki yüksek ve eğimli sahalardan havza tabanına toprağın taşınması etkilidir. Alansal dağılımına baktığımızda ise derin toprakların havzanın %28.2 sini kapladığı görmekteyiz (Tablo 6). Sığ ve çok sığ toprakların 827 km²'lik alanla havzanın %54.8'ini kaplamaktadır.

Tablo 6: K faktörüne ve derinlik faktörüne göre toprakların sınıflandırılması (Doğan & Güçer, 1978) / **Table 6:** Classification of soils according to the K factor and the depth factor (Doğan & Güçer, 1978)

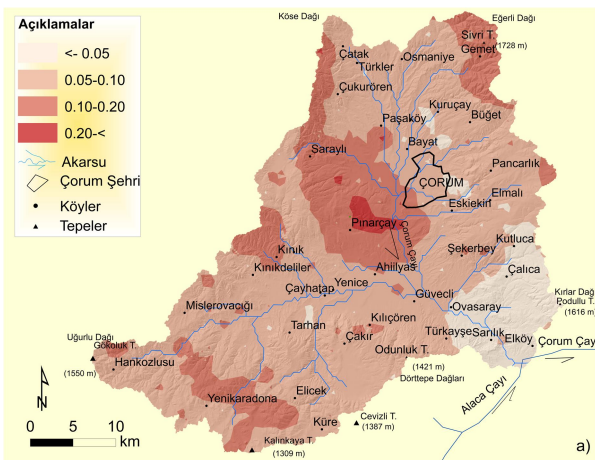
K Sınıfı	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%	Derinlik Sınıfı	Alan (km ²)	Yüzde (%)
0-0.05	Çok az aşınabilir	84	29.8	Derin (90+)	426	28.2
0.05-0.10	Az aşınabilir	130	46.1	Orta Derin (50-90)	257	17.0
0.10-0.20	Orta derece aşınabilir	53	18.8	Sığ (20-50)	625	41.4
0.20-0.40	Yüksek derece aşınabilir	15	5.3	Çok Sığ (0-20)	202	13.4
> 0.40	Çok yüksek aşınabilir	-	-			
Toplam		282	100	Toplam	1510	100.0

Toprakların derinlik durumları da erozyona neden olan faktörler arasındadır. Derinlik arttıkça toprağın taşınması azalırken, derinlik azaldıkça toprağın taşınması artmaktadır. Çalışma alanında ova tabanında derin topraklar varken çevredeki yüksek sahalara doğru gidildikçe özellikle yamaçlarda sığ ve çok sığ topraklar görülmektedir (Şekil 5b).

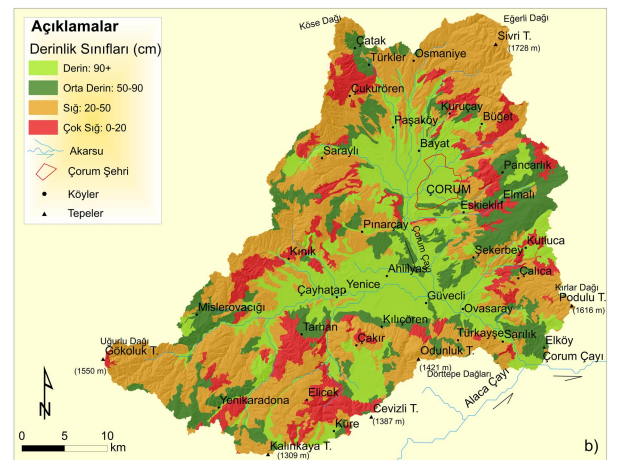
Esasen tüm havzada eğimin arttığı yerlerde erozyon sorunu dikkat çekmektedir (Şekil 6a). Çalışma alanının %51,88'i %12'den fazla eğime sahiptir. Bu kesimlerde şiddetli erozyon sorunu yaşanmaktadır. Eğimin azaldığı yerlerde ise taşınan malzemenin biriktiği alanlara karşılık gelmektedir. Çalışma alanında yüksek eğimli alanlar çevredeki yüksek sahalardadır (Şekil 6a). Eğimin az olduğu alan ise havza tabanıdır. Bu durumda da erozyon çevredeki alanlarda fazla havza tabanında ise az ya da hiç yoktur.



Şekil 4: Çalışma alanının kuzeyindeki sarıçam ormanları (a) ve Havza tabanında yerleşim yeri ve tarım arazileri; Çorum Ovası kuzey kesimi (b) / **Figure 4:** Scotch pine forests to the north of the study area (a) and settlement and agricultural lands at the basin base; Çorum Plain northern part (b)

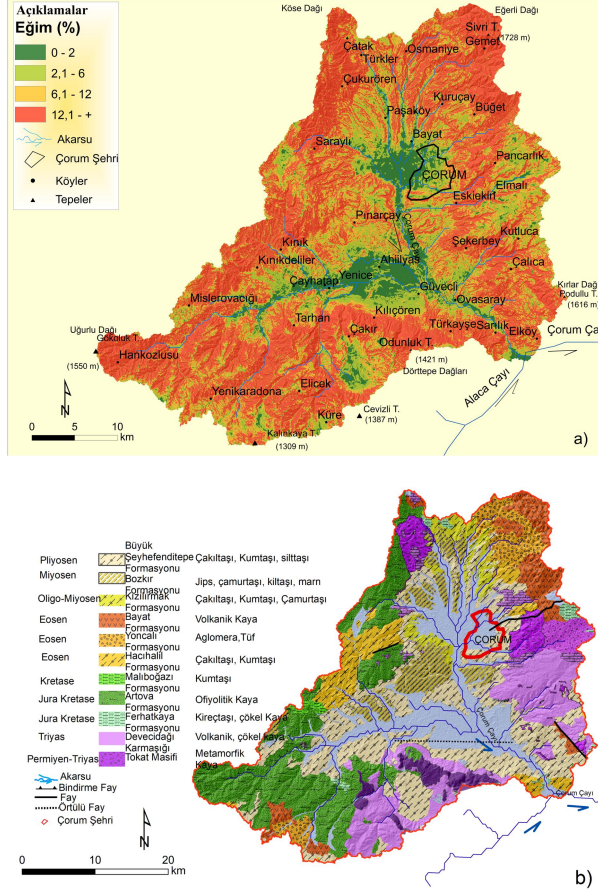


Şekil 5a: Çorum çayı havzası topraklarının K faktör haritası (Çorum İl Arazi Varlığı Raporları, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1987) / **Figure 5a:** K factor map of Çorum Creek basin



Şekil 5b: Çorum çayı havzası topraklarının derinlik haritası (Çorum İl Arazi Varlığı Raporları, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1987) / **Figure 5b:** Soil depth distribution map of Çorum Creek basin

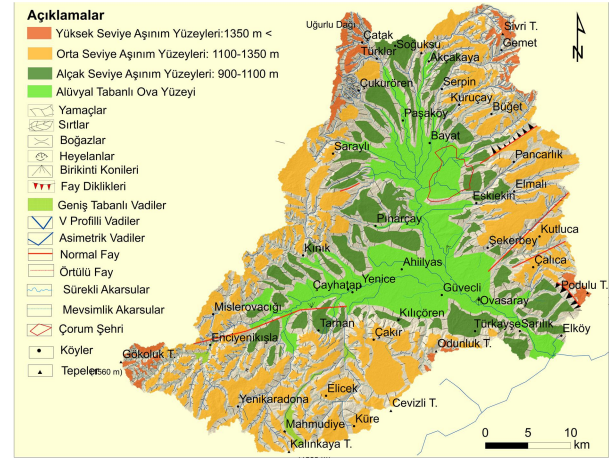
Havzada yüzeleyen kayalar da erozyonu etkilemektedir. Geniş yayılış gösteren sedimanter kayalarda erozyon yüksek, volkanik ve dirençli kayalarda ise düşüktür. Havzada Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar farklı yaş ve özellikle kayalar yayılış gösterir (Şekil 6b).



Paleozoyik'e ait metamorfik kalkerlere Çorum şehrinin doğusunda ve Tarhan köyünün güneydoğusunda rastlanmıştır. Çalışma alanı Mesozoyik boyunca denizel bir istiflenme sahası içinde kalmıştır. Tersiyer dönemine ait araziler çalışma alanında yaklaşık 660 km²lik alan kaplamaktadır. Bu alan havzanın yaklaşık %43.7'lik kısmını oluşturmaktadır. Kuvaterner'e ait birimler Çorum çayı ve kollarının açtığı vadi tabanı ile havza tabanında görülür. Birim kil, silt, kum ve çakıl boyutundaki malzemeden oluşur.

Erozyonun en önemli sebeplerden birisi de yağıştır. Bunun için erozyon modellerinde kullanılan Fournier İndeksi araştırılmış ve

41.72 olarak bulunmuştur. Elde edilen sayı FI sınıflamasına göre 1.sınıfa karşılık gelmektedir. Erozyona etki derecesi düşüktür.



Şekil 7: Çorum çayı havzasının jeomorfoloji haritası / Figure 7: Geomorphological map of Çorum Creek basin



Şekil 8: Pancarlık Köyü yakınlarında asimetrik vadiler, batıya bakış (a), Akçakaya Köyü yakınlarında geniş tabanlı akarsular menderes çizerek akması, geniş tabanlı vadilerde kurulmuş hobi bahçeleri (b) / Figure 8: Valleys with asymmetric near Pancarlık Village, looking West (a) Near Akçakaya Village, wide-based rivers meandering and hobby gardens established in wide-based valleys (b).

Jeomorfoloji haritasında harita birimleri yerşekillerin dış özelliklerinin görsel yorumudur (Zinck, 2016). Çalışma alanının jeomorfoloji haritası oluşturulmuş ve ana hatlarıyla bir depresyon tabanı (Çorum Ovası) ile çevresindeki yüksek dağlık alanlardan oluşmaktadır (Şekil 7). Eğerli Dağı, Köse Dağ, Kırlar Dağı, Uğurlu Dağı ve Dörttepe Dağları çevredeki yüksek alanları meydana getirir. Depresyon tabanında ise 278 km²'lik alanla Çorum Ovası yer almaktadır. Ayrıca çalışma alanında "V" şekilli, asimetrik ve geniş tabanlı vadi örneklerine rastlanmıştır (Şekil 8a, Şekil 8b). Havzada en geniş alanı 900-1500 m yükseklikler arasında uzanan aşınım yüzeyleri kaplar. Aşınım yüzeyleri çalışma alanının %59.5'ini oluşturmaktadır.

3.2 Erozyon Risk Dağılımı

Çalışma alanında dağılım gösteren arazilerin erozyona karşı hassaslık durumlarının değerlendirmesinde kullanılan parametrelere yönelik ilk olarak göreceli önemleri veya etki

dereceleri dikkate alınan bir kriter ağırlığı verilmiştir. Bu işlemin gerçekleştirilmesinde AHS tekniği kullanılmış olup bu teknik kapsamında ele alınan parametrelerin kendi aralarında ikili karşılaştırılması ve bu parametrelerin her birisi için ağırlık değerlerinin belirlenmesi ile oluşturulmuştur. Bu yöntemle göre çalışma alanının erozyon riskine yönelik kriterler belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler arasında ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturmuş ve elde edilen ağırlık değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Bu tabloda da görüleceği üzere, uygunluk kriterlerinden bitki örtüsü 0.250 ağırlık değeri ile en yüksek ağırlığa sahip kriter olarak ortaya çıkmıştır. Bu kriteri sırasıyla arazi kullanımı (0.227), jeomorfoloji (0.153), eğim (0.141), yağış (0.084), toprak derinliği (0.064) erodibilite (0.048) ile jeomorfoloji (0.034) izlemektedir. Kriterler arasındaki ikili karşılaştırmalar ve bunlara ait Tutarlılık Oranı ise 0.10 olarak hesaplanmıştır. Bu da yapılan işlemin tutarlı olduğunu gösterir.

Tablo 1 7: Parametrelere ait ağırlık değerlerinin belirlenmesine yönelik AHS tekniği hesaplamaları/ **Table 7:** AHS technique calculations to determine the weight values of the parameters

İkili Karşılaştırmalar Matrisi								
	Jeomorfoloji	Eğim	Derinlik	Erodibilite	Yağış	Arazi Kullanımı	Bitki Örtüsü	Jeoloji
Jeomorfoloji	1.000	2.000	5.000	5.000	3.000	0.333	0.333	3.000
Eğim	0.500	1.000	3.000	7.000	3.000	0.500	0.333	5.000
Derinlik	0.200	0.333	1.000	3.000	0.333	0.333	0.333	3.000
Erodibilite	0.200	0.142	0.333	1.000	0.333	0.200	0.200	5.000
Yağış	0.333	0.333	3.000	3.000	1.000	0.200	0.200	5.000
Arazi Kullanımı	3.000	2.000	3.000	5.000	5.000	1.000	1.000	3.000
Bitki Örtüsü	3.000	3.000	3.000	5.000	5.000	1.000	1.000	5.000
Jeoloji	0.333	0.200	0.333	0.200	0.200	0.333	0.200	1.000
Toplam	8.566	9.008	18.666	29.200	17.866	3.899	3.599	30.000
Normalize Edilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi								
	Jeomorfoloji	Eğim	Derinlik	Erodibilite	Yağış	Arazi Kullanımı	Bitki Örtüsü	Jeoloji
Jeomorfoloji	0.117	0.222	0.268	0.171	0.168	0.085	0.093	0.100
Eğim	0.058	0.111	0.161	0.240	0.168	0.128	0.093	0.167
Derinlik	0.023	0.037	0.054	0.103	0.019	0.085	0.093	0.100
Erodibilite	0.023	0.016	0.018	0.034	0.019	0.051	0.056	0.167
Yağış	0.039	0.037	0.161	0.103	0.056	0.051	0.056	0.167
Arazi Kullanımı	0.350	0.222	0.161	0.171	0.280	0.256	0.278	0.100
Bitki Örtüsü	0.350	0.333	0.161	0.171	0.280	0.256	0.278	0.167
Jeoloji	0.039	0.022	0.018	0.007	0.011	0.085	0.056	0.033
Öncelik Vektör								
	Normalize Edilmiş Satırlar Toplamı			Normalize Edilmiş Satırlar Ortalaması			Öncelik Vektörü	
Jeomorfoloji	1.224			1.224/8			0.153	
Eğim	1.126			1.126/8			0.141	
Derinlik	0.514			0.514/8			0.064	
Erodibilite	0.384			0.384/8			0.048	
Yağış	0.670			0.670/8			0.084	
Arazi Kullanımı	1.818			1.818/8			0.227	
Bitki Örtüsü	1.996			1.996/8			0.250	
Jeoloji	0.271			0.271/8			0,034	

$$\lambda_{\max} = 9.1 \quad T\bar{I} = 0.43 \quad T\bar{O} = 0.10$$

Yapılan AHS ağırlıklandırma analizine göre, bitki örtüsü kaplama kriteri en yüksek ağırlığa (0.250) ulaşmıştır (Tablo 7). Dolayısıyla bitki örtüsü kaplama durumu toprak erozyonunu etkileyen en önemli parametre olarak dikkati çeker. Toprak üzerinde herhangi bir koruyucu örtünün bulunmaması diğer şartlarla birlikte erozyonu arttırmaktadır. Bitki örtüsü kaplama faktörünü arazi kullanımı, jeomorfoloji ve eğim faktörleri takip etmiştir.

Doğrusal Kombinasyon Tekniği ile hesaplanan değerler Tablo 8'de verilmiştir. Bu sınıflar kullanılarak havzanın erozyon risk haritası oluşturulmuştur (Şekil 9). Ayrıca, erozyon risk sınıflarının alanları ve alanların çalışma içindeki oranlarının dağılımları ise Tablo 9'de verilmiştir. Buna göre çalışma alanında çok şiddetli erozyon alanları yaklaşık %41.6'dır. Havzanın %18.7'sinde ise erozyon riski belirlenmemiştir.

Tablo 8: Erozyon risk sınıfları ve sınıflara ait değerler / **Table 8:** Erosion risk classes and values belonging to the classes

Tanımlama	Sınıf	Değer
Az veya Hiç yok	E1	> 3.501
Orta	E2	2.501 – 3.501
Şiddetli	E3	1.501 – 2.500
Çok Şiddetli	E4	0.000 – 1.500

Tablo 9: Doğrusal Kombinasyon Tekniğine göre erozyon risk sınıflarının alansal ve oransal dağılımı / **Table 9:** Spatial and proportional distribution of erosion risk classes according to Linear Combination

Tanımlama	Sınıf	Alan (km ²)	Oran (%)
Az veya Hiç yok	E1	282	18.7
Orta	E2	261	17.3
Şiddetli	E3	339	22.5
Çok Şiddetli	E4	628	41.6
Toplam		1510	100

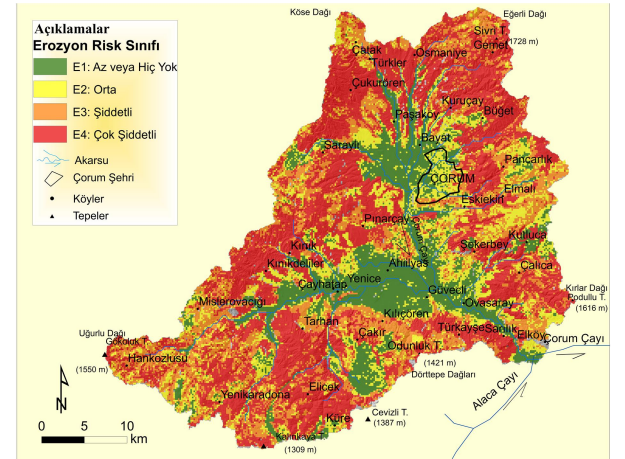
Havzada erozyon riskinin en yüksek olduğu alanlar yüzeyi erozyona karşı koruyan bir bitki örtüsünün olmadığı veya çok zayıf olduğu yüksek eğimli yamaç arazilerdir. Ayrıca kuru tarım yapılan eğimli yamaç araziler üzerinde de erozyon riski çok yüksektir (Şekil 10). Yapılan saha çalışmaları sırasında Çorum Ovası'nı çevreleyen yüksek eğimli yamaçlarda şiddetli erozyon görülmektedir (Şekil 11). Arazi çalışmaları sırasında yüzey erozyonu ile

toprağın taşınması sonucu kökleri çıkan ağaçlara rastlanmıştır (Şekil 12). Hankozlusu Köyü yakınlarında parmak (oluk) erozyonunun örnekleri görülmüştür (Şekil 13).

Çalışma alanının elde edilen sonuçları 1987 yılında yayınlanmış Çorum il arazi envanter raporu ile karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı buradaki veriden kesilerek erozyon risk dağılım haritası üretilmiştir. (Şekil 14). Çorum ili arazi envanter raporuna göre çalışma alanının % 12.8'i (192.9 km²) çok şiddetli erozyon sınıfı içerisindedir. % 25.9'u ise orta sınıf şiddette erozyon riskindedir (Tablo 10).

Tablo 10: Çalışma alanının 1987 yılı arazi envanter raporuna göre erozyon haritasına göre erozyon risk sınıflarının alansal ve oransal dağılımı / **Table 10:** Spatial and proportional distribution of erosion risk classes According to the 1987 land inventory report of the study area, the erosion map.

Tanımlama	Sınıf	Alan (km ²)	Oran (%)
Az veya Hiç yok	E1	290.6	19.2
Orta	E2	390.4	25.9
Şiddetli	E3	636.1	42.1
Çok Şiddetli	E4	192.9	12.8
Toplam		1510.0	100.0



Şekil 9: Çalışma alanının erozyon risk dağılım haritası / **Figure 9:** Erosion risk distribution map of the study area

Güncel verilerle arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla hazırlanan erozyon risk durumu ile karşılaştırdığımızda çok şiddetli erozyon sınıfının alan ve oranının arttığı gözlemlenmiştir. Orman alanlarının tarım alanlarına açılması araziye uygun kullanılmaması erozyon riskinin arttırmıştır. 1987 yılı verileri arazi kullanımı ve topografya ile yapılmıştır. Ancak bu çalışmada elde edilen

erozyon risk haritası güncel toprak, güncel arazi ve topografya verileri ışığında elde edilmesi verilerin doğruluğunu daha da arttırmaktadır.



Şekil 10: Alçak seviye aşınım yüzeyleri yamaçlarda görülen erozyon alanları, Kılıçören Köyü çevresi / **Figure 10:** Erosion areas with erosion surfaces on the low level slopes, Kılıçören Village surroundings.



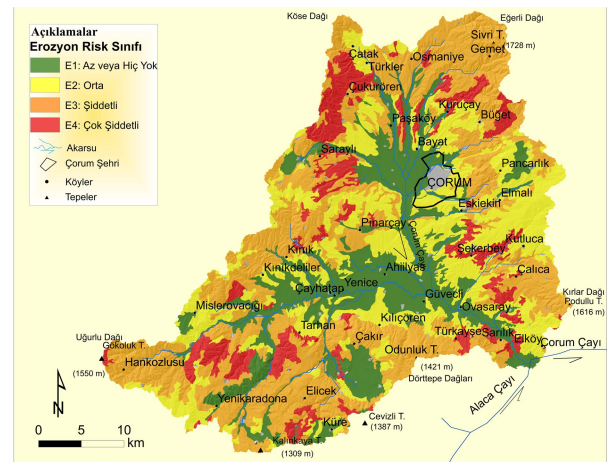
Şekil 11: Kınıkdeliler Köyü çevresindeki erozyon alanları, yarıntı erozyonu / **Figure 11:** Erosion areas around Kınıkdeliler Village, gully erosion



Şekil 12: Gemet Köyünde yüzey erozyon sonucu yüzeye çıkan ağaç kökleri/ **Figure 12:** Tree roots emerging as a result of surface erosion in Gemet Village



Şekil 13: Hankozlusu Köyünde erozyon örneği; parmak (Oluk) erozyonu / **Figure 13:** An example of erosion in Hankozlusu Village; finger (groove) erosion



Şekil 14: Çalışma alanının 1987 yılı arazi envanter raporuna göre erozyon haritası / **Figure 14:** Erosion map of the study area according to the 1987 land inventory report

3. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma ile Çorum Çayı Havzasında erozyon risk haritası oluşturulurken çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHS ve Doğrusal Kombinasyon yöntemlerinden faydalanılmıştır. Erozyon risk dağılım haritasından havzanın yaklaşık % 41.6'sı çok şiddetli erozyon riski olduğu, % 18.7'sinde ise erozyon riski bulunmadığı belirlenmiştir. Havzada erozyon riskinin yüksek olduğu alanlar havzanın erozyonu engelleyici bir bitki örtüsünün olmadığı veya bitki örtüsünün az olduğu, eğimin fazla ve hatta yer yer de arazinin kuru tarım amaçlı kullanıldığı sahalar olarak tespit edilmiştir. Erozyon riskinin aşınım yüzeylerini yaran vadilerin yamaçlarında da fazla olduğu tespit edilmiştir.

Havzada özellikle bitki örtüsü kaplama durumunun zayıflığı ve arazi örtüsünün bozulması erozyon oluşmasındaki en etkili parametre olarak çıkarılmıştır. Erozyonda etkili olan diğer faktörler ise jeomorfoloji, eğim, yağış, derinlik, erodobilite ve jeolojidir. Hassas olan alanların bu faktörleri de göz önünde bulundurularak erozyonunun önlenmesi için gerekli planlama ve çalışmalar yapılarak önlemler alınması gerekmektedir.

UA, CBS ve AHS teknikleri tarafından erozyon risk durumunun ortaya konulabileceği gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar çalışma alanı ile ilgili yeni bilimsel çalışmalara ışık tutacak ve yerel yöneticilere özellikle planlama aşamasında veri sağlanmış olacaktır. Kullanılan yöntemden elde edilen sonuçlarda havza alanının yüksek oranda şiddetli erozyon tehlikesi ile dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Böylece çalışma alanında belirlenmiş şiddetli erozyon alanları önlem alınması gereken yerler olarak tespit edilmiştir. Diğer alanlarda ise araziye ve toprağı korumak için gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

KATKI BELİRTME / TEŞEKKÜR

Bu çalışma, birinci yazarın "Çorum Çayı Havzası'nın Uygulamalı Jeomorfolojisi" isimli doktora tezinden üretilmiştir. Toprak analizleri sürecinde emeği geçen sayın Prof. Dr. Orhan DENGİZ'e teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

Akbulak, C. (2010). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile Yukarı Kara Menderes Havzası'nın arazi kullanımı uygunluk analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 557-576.

Arabameri, A., Yamani, M., Pradhan, B., Melesse, A., Shirani, K. ve Bui, D.T. (2019). Novel ensembles of COPRAS multi-criteria decision-making with logistic regression, boosted regression tree, and random forest for spatial prediction of gully erosion susceptibility, *Science of the Total Environment*, 688, 903-916, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.205>

Arnoldus, H.M.J. (1977). Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in

Morocco, *FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Soils Bulletin*, 34, 39-44.

- Bai, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L., ve Schaeppman, M.E. (2008). Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use Manag.* 24, 223-234, doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-2743.008.00169.x>.
- Bonneau, L.R, Shields, K.S. ve Civco, D.L. (1999). Using satellite images to classify and analyze the health of hemlock forests infested by the hemlock woolly adelgid. *Biological Invasions* 1, 255-267.
- Cürebal, İ. & Ekinci, D. (2006) Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3D) Yöntemiyle Erozyon Analizi, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 47, 115-130, İstanbul.
- Çelik, H. (2006). *İstanbul Sarıyer İlçesine Ait Uzaktan Algılama Uydu Verileri ile Mekansal Veri Analizleri*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Dağlı, D. ve Çağlayan, A. (2016). Analitik hiyerarşi süreci ile optimal arazi kullanımının belirlenmesi: Melendiz Çayı havzası örneği. *Türk Coğrafya Dergisi*, (66), 83-92, doi: [10.17211/tcd.28071](https://doi.org/10.17211/tcd.28071)
- Dedeoğlu, M. ve Dengiz, O. (2019). Generating of land suitability index for wheat with hybrid system approach using AHP and GIS. *Computers and Electronics In Agriculture*, 167, 105062-0, doi: [10.1016/j.compag.2019.105062](https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105062)
- Demirağ Turan, İ. (2016). *Çorum Çayı Havzası'nın Uygulamalı Jeomorfolojisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Samsun.
- Demirağ Turan, İ. ve Dengiz, O. (2017). Çok Kriterli Değerlendirme ile Ankara Güvenç Havzası'nda Erozyon Risk Tahminlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(3), 285-297, doi: <https://doi.org/10.15832/ankutbd.447600>
- Demirağ Turan, İ. ve Dengiz, O. (2019). Parametrik ve Hiyerarşik Modelsel Yaklaşımla Samsun İli Arazilerinin Tarımsal Arazi Uygunluk Sınıflarının Belirlenmesi. *International Journal of Geography and Geography Education*, (40), 490-506, doi: [10.32003/iggei.531850](https://doi.org/10.32003/iggei.531850)
- Demirci, A. ve Karaburun, A. (2012). Estimation of soil erosion using RUSLE in a GIS framework: a case study in the Buyukcekmece Lake watershed, northwest Turkey. *Environmental Earth Sciences*,

- 66(3), 903-913, doi: 10.1007/s12665-011-1300-9
- Dönmez, Y. (1984). *Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları*, Güryay Matbaacılık, İstanbul.
- ERDAS (2003). *Erdas Field Guide, 7th Edn. Leica Geosystems, GIS and Mapping LLC*: Atlanta, Georgia.
- Edwards, M.C., Wellens, J. ve Al-Eisawi, D. (1999). Monitoring the grazing resources of the Badia region, Jordan, using remote sensing. *Applied Geography*, 19: 385–398.
- ESRI, (2008). *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*, Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, USA.
- Fernandez, C., Wu, Q., McCool, D.K., ve Stockle, C.O. (2003). Estimating water erosion and sediment yield with GIS, RUSLE, and SEDD. *J Soil Water Conserv* 58, 128.
- Günel, H., Haktanır, K. ve Kapur, S. (2018). *The Soils of Turkey*. In: Kapur S, Akça E and Günel H (Eds). Historical Perspective of Soil Research in Turkey. 13-50.
- Güney, Y. ve Turoğlu, H. (2018). Çok Ölçütlü Karar Analizi İle Erozyon Duyarlılık Çalışmalarında Erozyon Yüzeyleri Envanter Verisinin Kullanımı: Selendi Çayı Havzası Örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16 (1), 105-119, doi: https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000193.
- Haregeweyn, N., Poesen, J., Nyssen, J., De Wit, J., Haile, M., Govers, G., ve Deckers, S. (2006). Reservoirs in Tigray (Northern Ethiopia): characteristics and sediment deposition problems. *Land Degradation & Development*, 17(2), 211-230.
- Hatipoğlu, İ. K. ve Uzun, A. (2020). Melet Irmağı Havzası'nda Erozyon Riskinin MICONA Modeli ile Değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 25-39, doi: 10.17211/tcd.644135.
- Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (1987). *Çorum İli Arazi Varlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.
- Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land degradation & development*, 12(6), 519-539.
- Lal, R. (2010). Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical reviews in plant sciences*, 17(4), 319-464, doi: <https://doi.org/10.1080/07352689891304249>.
- MGM (2018). *Çorum, Alaca, Mecitözü, Ortaköy ve Osmancık Ortalama Değerler Bülteni*, Ankara.
- Morgan, R.P.C. (2005). *Soil Erosion and Conservation*, 3rd edition. Blackwell Publishing, Oxford, ISBN 1-4051-1781-8.
- M.T.A., 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Çorum G-33 Paftası.
- M.T.A., 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Çorum G-34 Paftası.
- M.T.A., 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Çorum H-32 Paftası.
- M.T.A., 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Çorum H-33 Paftası.
- M.T.A., 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Çorum H-33 Paftası.
- Özşahin, E. (2014). Tekirdağ İlinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşı Süreci Kullanarak Heyelan Duyarlılık Analizi. *Humanitas - Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi* , 2 (3) , 167-186, doi: 10.20304/husbd.84015.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill. New York.
- Sepuru, T.K. ve Dube, T. (2018). An appraisal on the progress of remote sensing applications in soil erosion mapping and monitoring. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 9, 1–9, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.10.005>.
- Sönmez, M.E., Çelik, M.A. ve Seven, M. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Kilis Merkez İlçesinin Erozyon Risk Alanlarının Belirlenmesi, *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 10 (1).
- Stocking, M. A. (2003). Tropical soils and food security: the next 50 years. *Science*, 302(5649), 1356-1359.
- Vijith, H. ve Dodge-Wan, D. (2019). Modelling terrain erosion susceptibility of logged and regenerated forested region in northern Borneo through the Analytical Hierarchy Process (AHP) and GIS techniques. *Geoenvironmental Disasters* 6, 8, doi: 10.1186/s40677-019-0124-x.
- Wischmeier, W. H. ve Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses USDA*. Agricultural Handbook, 537, Washington D.C.
- Zinck, G.Z, Metternicht, G., Bocco, H. ve Del Valle. (2016). *Geopedology*. An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies Springer International Publishing.