



# Bendimahi alt havzası potansiyel erozyon riskinin CORINE ve ICONA modelleri kullanılarak haritalanması

## Mapping potential erosion risk in Bendimahi sub-basin using CORINE and ICONA models

Hande ÖZVAN<sup>1\*</sup>, Büşra ARIK<sup>2</sup>, Onur ŞATIR<sup>3</sup>, Pınar BOSTAN<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü Van, Türkiye, YÖK 100/2000 doktora öğrencisi

<sup>3,4</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü Van, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-3738-6272>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-3093-8772>;

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-0666-7784>; <sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-8947-1938>

### To cite this article:

Özvan, H., Arık, B., Şatır, O. & Bostan, P. (2022). Bendimahi alt havzası potansiyel erozyon riskinin CORINE ve ICONA modelleri kullanılarak haritalanması. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 389-404.

DOI:10.29050/harranziraat.1128828

### \*Address for Correspondence:

Hande ÖZVAN

e-mail:

handeozvan1@gmail.com

### Received Date:

10.06.2022

### Accepted Date:

19.08.2022

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

### Öz

Erozyon, günümüzde ülkemizin maruz kaldığı en önemli çevresel risklerden birisidir. Bulduğumuz coğrafyadaki topografik çeşitlilik, toprak çeşitliliği, yağış rejimindeki değişiklikler, çeşitli erozyon risk derecelerinin oluşmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizdeki birkaç kapalı havzadan birisi olan Van Gölü Havzası içerisinde yer alan Bendimahi alt havzasındaki erozyon riski, iki farklı risk değerlendirme yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve yöntemlerin birbirleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, erozyon risk derecelendirilmesinde en çok kullanılan tekniklerden olan Institute for the Conservation of the Nature (ICONA) ve The Coordination of Information on the Environment (CORINE) risk değerlendirme sistemleri kullanılmıştır. Bu çerçevede, kullanılan tekniğe göre toprak özellikleri, yağış, bitki kapallığı, eğim, kuraklık ve litojik yapı gibi erozyona doğrudan etki eden veriler kullanılmıştır. Sonuçlar saha çalışmalarından elde edilen yüksek düzeyde erozyona maruz kalmış 18 alanla doğrulanmıştır. Buna göre; ICONA ve CORINE risk derecelendirme tekniklerinin doğruluk oranları %50 olarak saptanmıştır. Ancak çapraz doğrulama yapıldığında bu oran %33 olmuştur. Dolayısıyla, her ne kadar iki yöntemin doğrulukları aynı olsa da birbirleriyle uyumlarının sınırlı düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ICONA modelinin daha az girdi verisiyle aynı doğrulukta sonuç üretebilmesinden dolayı küçük havzalar için daha verimli bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çevresel riskler, Ekosistem hizmetleri, Erozyon riski, Modelleme, Van Gölü Havzası

### ABSTRACT

Erosion is one of the most important environmental risks that our country is exposed to today. Topographic diversity, soil diversity, changes in precipitation regime in our geography cause various erosion risk levels to occur. In this study, the erosion risk in the Bendimahi sub-basin located in the Van Lake Basin, which is one of the few closed basins in our country, was determined by using two different risk assessment methods and it was aimed to compare the methods with each other. In this context, the Institute for the Conservation of the Nature (ICONA) and The Coordination of Information on the Environment (CORINE) risk assessment systems, which are among the most used techniques in erosion risk classification, were used. In this framework, according to the technique used, data that directly affect erosion such as soil structure, precipitation, vegetation cover, slope, drought and lithological structure were used. The results were confirmed with 18 highly eroded areas from field studies. According to this; The accuracy rates of ICONA and CORINE risk classification techniques were found to be 50%. However, when cross-validated, this rate was 33%. Therefore, although the accuracy of both methods is the same, it has been determined that their compatibility with each other is limited. In addition, it has been determined that the ICONA model is a more efficient method for small basins because it can produce results with the same accuracy with less input data.

**Key Words:** Ecosystem services, Environmental risks, Erosion risk, Modeling, Van Lake Basin

## Giriş

İnsanların temel ihtiyaçlarından olan gıda ve barınma gereksinimleri için kullandıkları en önemli kaynaklardan birisi de topraktır. Gün geçtikçe artan toprak talepleri nedeniyle; tarım, orman, mera, şehircilik, maden, turizm gibi arazi kullanım amaçları için arazi örtüsü üzerinde yoğun bir antropojenik baskı oluşmaktadır (Everest ve Özcan, 2017). Bu baskının neden olduğu ekosistemdeki bozulmalar sonucu ortaya çıkan aşırı hava olayları, kuraklık, susuzluk, erozyon, taşkın, sel ve hava kirliliği gibi birçok çevresel sorun, insan yaşamını doğrudan etkileyebilmektedir. Gıda ve barınma güvenliği için tehdit oluşturan en önemli sorunlardan birisi olan toprak erozyonu; iklim, arazi ve arazi kullanımı arasındaki dengenin bozulmasının doğal bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Herz, 1973; Volk ve ark., 2010). Toprak erozyonu ayrıca seller ve toprak kaymaları gibi afetleri etkileyerek, araziyle ilgili mevcut sorunları daha da kötüleştirmektedir (Munodawafa, 2007; Arnhold ve ark., 2014; Rickson, 2014; Zeng ve ark., 2017; Berberoğlu ve ark., 2020).

Toprak erozyonu, insanların yaşam kalitesini ve küresel çaptaki sosyo-ekonomik sürdürülebilir kalkınmayı etkileyerek çevresel ve sosyal bir sorun teşkil etmektedir. Şiddetli erozyon beraberinde çeşitli çevre sorunlarını ve dolayısıyla da ekonomik kayıpları getirmektedir. İnsan yaşamına doğrudan bir etkisi yok gibi görünse de erozyon; su ve gıda kalitesinin düşmesi, verimli tarım topraklarının kaybı, arazi kaybı, ani ve şiddetli baskınların meydana gelmesi, heyelanların oluşması gibi can ve mal kayıplarına sebebiyet verecek birçok olumsuz sonuç doğurmaktadır (Artun ve ark., 2017).

Toprak erozyonu çevresel bozulmanın ana kaynağı olarak büyük arazi bozulmalarına sebep olmaktadır (Vrieling, 2006). Doğal etkiler sonucu gerçekleşen toprak erozyonu jeolojik bir süreçtir. Fakat bu süreç antropojenik etkilerden dolayı daha da hızlanabilir. Hızlandırılmış bu süreç ile toprak erozyonu ciddi küresel bir problem olarak kabul edilmektedir (de Graaf, 1996). Avrupa

Komyonu'nun 2006 yılında hazırladığı Toprak Tematik Stratejisi'nde (EU Soils Thematic Strategy) yer alan sekiz büyük toprak tehdidi içinde erozyon, önemli bir toprak tehdidi olarak yer almaktadır (European Commission, 2006; Han ve ark., 2016; Berberoğlu ve ark., 2020). Dünyadaki arazilerin büyük çoğunluğu toprak erozyonuna maruz kalmıştır.

Erozyon nedeniyle ürün verimliliği, tarımsal verim ve gelirden önemli bir düşüş meydana gelmiştir (Begum Nasir Ahmad ve ark., 2020; Uzuner ve Dengiz, 2020; Wuepper ve ark., 2020;). Yirminci yüzyılda artan toprak erozyonu, (Angima ve ark., 2003; Li ve ark., 2017) tıpkı iklim değişikliğinde olduğu gibi artık bir kriz olarak kabul edilmektedir (Trimble, 2000; Fernández ve Vega, 2016; Berberoğlu, 2020). Toprak erozyonunun yoğunluğu ve mekânsal dağılımı biliniyorsa, erozyon koşullarını en aza indiren yönetimsel uygulamalar etkin bir şekilde planlanabilir. Ancak uzun bir süre boyunca çok faktörlü, doğal ve/veya antropojenik etkileşimler tarafından belirlenen karmaşık doğa-insan etkileşimlerinde, toprak erozyonunu net olarak değerlendirmek de zor olmaktadır (Ananda ve Herath, 2003; Lu ve ark., 2004; Zhu, 2012).

Kurak ve yarı-kurak bölgelerde görülen ve ciddi bir çevresel sorun olarak nitelendirilen toprak erozyonu, Türkiye topraklarının büyük bir bölümünün kurak ve/veya yarı-kurak olması nedeniyle ülkemiz için de önemli bir tehdit olarak görülmektedir (Avcı, 2016). Türkiye'nin coğrafi konumu, topografik yapısı ve sahip olduğu iklim koşulları, ülkemizi kuraklığa karşı daha kırılgan bir hale getirerek erozyon riskini arttırmakta ve erozyonla mücadeleyi zorlaştırmaktadır. Toprağın kaybı ile bitki örtüsünün yok oluşu erozyonla beraber toprak kaymasına, sellere, taşkınlara ve çığ gibi felaketlerin oluşumuna sebep olabilmektedir. Bunun yanı sıra bitki örtüsündeki kayıplar küresel ısınmayı hızlandırıcı bir etkiye sahiptir (Şatır, 2016).

ICONA raporuna (1991) göre, Avrupa Birliği (AB) ülkelerinin tarım arazilerinin yaklaşık %20'si yüksek veya çok yüksek su erozyonu hassasiyetine sahiptir. Mevcut toprak erozyonu oranlarına göre,

AB ülkelerinin tarım alanlarının %51'inin 2050 yılına kadar ciddi insan kaynaklı arazi bozulması ve artan toprak erozyonu sorunlarıyla karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir (Bayramin ve ark., 2003). Ekolojik bozulmaları beraberinde getiren bu zincirlemeler, biyolojik çeşitlilikte kayıplara sebep olmaktadır. Berberoğlu ve ark. (2020)' ye göre ülkemizde erozyon sonucu oluşan yıllık toprak kaybı %94'e yakın bir doğrulukla, 285.4 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Aynı çalışmada Van Gölü Havzası, Türkiye'deki 26 havza içerisinde hektar başına 492.7 ton toprak kaybıyla 6. sırada yer almıştır. Erozyon risk haritalama çalışmalarına bakıldığında, sonuç çıktılarında göre genel olarak 2 temel yaklaşım olduğu görülmektedir. Bunlar; CORINE ve ICONA gibi kategorik çıktı verisi üreten yaklaşımlar ve RUSLE, PESERA gibi sediment taşınım miktarını alan başına kütle birimi olarak ifade eden modelleme yaklaşımlarıdır. Alana ait verilerin elde edilmesi ve işlenmesinde Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) yararlanılmaktadır. Yöntemin işlenmesi ve değerlendirilmesi sonucu erozyona sebep olan faktörlerin şiddet ve derecesi belirlenmektedir. Karasal ekosistemlerdeki toprak kaybını önlemek ve bunun sonucunda hidrolojik drenaj ağlarına ve rezervuarlara tortu taşınmasını azaltmak için birçok planlama ve yönetim teorisi ve formülü geliştirilmiştir (Amore ve ark., 2004; Volk ve ark., 2010). Erozyon sonucu oluşacak bozunumların tahmininde ICONA, CORINE, LEAM, LUCC, RUSLE, RIVM, GLASOD, INRA ve PESERA gibi birçok model kullanılmaktadır (Tombuş, 2005; Kanar ve Dengiz, 2015). Bir çevresel simülasyon modeli, özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntemleri ile bütünleştirilerek, erozyon araştırmalarında etkili bir yol izlenebilir.

The Coordination of Information on the Environment (CORINE) model (CORINE, 1992) ve Institute for the Conservation of the Nature (ICONA) erozyon risk tahmin modelleri, girdi verisi olarak kategorize edilmiş verilerle çalışmakta ve deneysel çalışmalarla önceden belirlenmiş standart kategorizasyon eşik değerlerine göre erozyon riskini sınıflamaktadır. Bu yöntemler, birbirlerine benzer alanların gruplanması

prensibine göre çalıştığı için, büyük verilerin işlenmesi noktasında avantajlıdır. Ayrıca, basit coğrafi analiz teknikleriyle kolay öğrenilip hızlı sonuç veren tekniklerdir. Bu nedenlerden dolayı, literatürde uygulamalarına sık rastlanılır (Gupta ve Unial, 2012; Zhu, 2012; Dengiz ve ark., 2014).

Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Renard ve ark., 1997) modeli ve Pan-European Soil Erosion Assessment (PESERA) (Kirkby ve ark., 2004) modelleri de deneysel çalışmalarla elde edilen verilerin yanı sıra işlem tabanlı döngüsel bir sistemde çalışarak grid bazında toplam toprak kaybını, "ton ha<sup>-1</sup> yr" gibi yıllık birim alana düşen toplam kütle değeri olarak verirler. Bu modeller bir dizi algoritmanın bir araya gelmesiyle şekillenir ve erozyona neden olan etkenleri içeren veriler girdi verisi olarak kullanılır. RUSLE modeli PESERA modeline göre çok daha az bir girdi verisi gerektirir. RUSLE modelinin, PESERA modeline göre aşırı tahmin yaptığı bazı yayınlarda gözlemlenmiştir. PESERA'da ise tahminler, ölçümlerle daha uyumlu ve doğrudur (Fernandez ve Vega, 2016).

Bu çalışmada, Van Gölü Havzası'nın topografik çeşitliliği yüksek en büyük alt havzalarından birisi olan Bendimahı alt havzasının erozyon riski açısından değerlendirilmesi ve kolay uygulanabilen, kategorik çıktı veren ICONA ve CORINE erozyon risk haritalama tekniklerinin uygulama olanaklarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metot

Çalışmada girdi olarak kullanılan toprak verileri, toprağın aşınabilirlik durumunun ortaya koyulması amacıyla; derinlik, taşlılık ve tekstür özelliklerine göre sınıflandırılarak CORINE yöntemi uygulamasında; litolojik sınıflandırma ise ICONA yöntemi uygulamasında kullanılmıştır. Her iki yöntemde de k-faktör dikkate alınarak toprak aşınabilirlik düzeyi belirlenmiştir. ICONA yönteminde arazi örtüsü/arazi kullanımının tespiti için Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri, bitki kapallılık durumunu ortaya koyan "Normalized Difference Vegetation Index" (NDVI) analizlerde

kullanılmıştır. Aynı zamanda alana ait ASTER GDEM verisi çalışma alanının eğim ve yükseklik gruplarının belirlenmesinde kullanılmıştır. CORINE yönteminin uygulanmasında ise çalışma alanı içinde ve yakın çevresindeki meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilerle Bagnouls-Gausson kuraklık İndeksi ve Fournier yağış İndeksi hesaplanmıştır. İklim istasyonlarından alınan

verilerin haritalanmasında Radyal Tabanlı Fonksiyon (Radial Basis Function) enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın son aşamasında, araziden alınan gerçekte erozyona uğradığı bilinen yüksek erozyona uğramış 18 adet alan belirlenmiş ve çalışmanın son aşaması olan doğrulama analizinde kontrol verisi olarak kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan sayısal materyaller

Table 1. Numerical materials used in the study

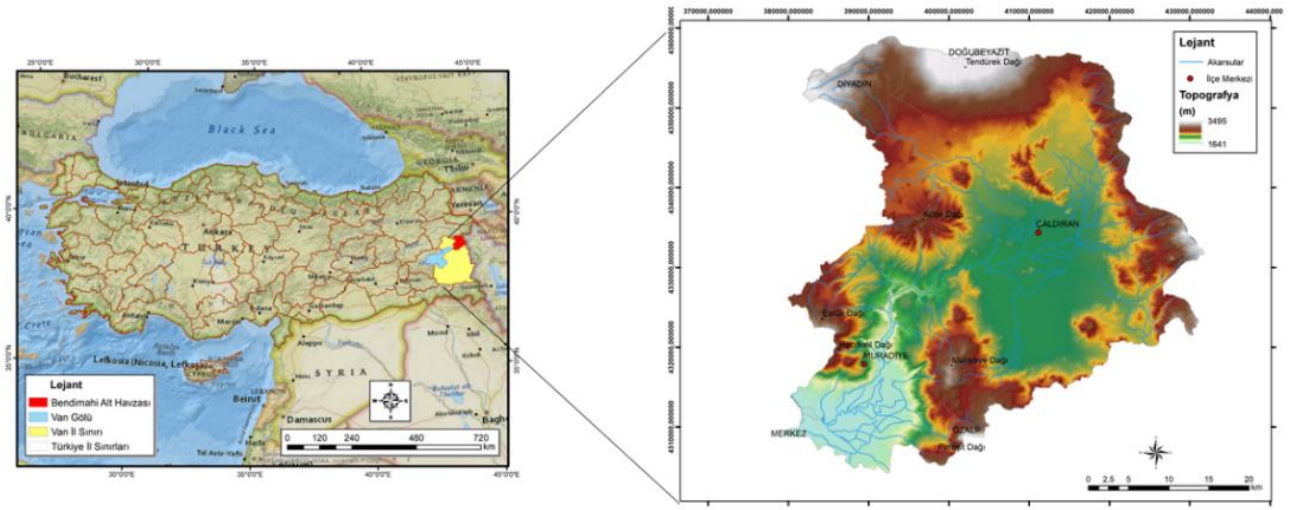
Veri Seti Dataset	Özellik Characteristic	Kullanım Amacı Purpose of usage	Kaynak Source
Toprak verisi Soil data	1/25000 ölçekli sayısal harita 1/25000 scale digital map	Toprak derinliği, taşlılığı ve tekstür verilerinin üretimi	KHGM, 1996
Landsat Veri Seti (Landsat 8 OLI/TIRS) Landsat dataset	30 m Mekânsal Çözünürlük 30 m spatial resolution	ICONA Erozyon Modeli için NDVI analizi	<a href="https://glovis.usgs.gov/app">https://glovis.usgs.gov/app</a>
ASTER Küresel Sayısal Yükseklik Modeli ASTER Global Digital Elevation Model	30 m Karasal Çözünürlük 30 m terrestrial resolution	Eğim ve yükseklik verilerinin üretimi (ICONA ve CORINE modelinde)	<a href="https://search.earthdata.nasa.gov/search">https://search.earthdata.nasa.gov/search</a>
Meteorolojik veriler Meteorological data	Ortalama yağış ve ortalama sıcaklık Avg. precipitation and avg. temperature	Toprak aşınım verisi üretimi (CORINE)	MGM, 2020
Toprak Aşınım Faktörü (k Faktör) Soil erodibility factor	250 m Karasal Çözünürlük 250 m terrestrial resolution	Erozyon analizinde (ICONA model)	Çilek, 2013
Erozyona uğramış alan verisi Eroded land data	18 adet vektör veri 18 vector data	ICONA ve CORINE verilerinin doğrulanmasında	Arazi çalışmalarından elde edilmiştir.

### Çalışma alanı

Van Gölü'nün kuzeydoğu ucunda, Muradiye ilçesi, Çaldıran İlçesi, Kaz Gölü Bölgesi, Tendürek Dağı'nın bir kısmı ve Bendimahî Deltası'nı da kapsayan 176181 ha alanın tamamı Bendimahî alt havzası olarak tanımlanmaktadır (Baylan ve ark., 2016). Alanın en alçak bölgesi 1641 m en yüksek bölgesi ise 3495 m'dir (Şekil 1). Çalışma alanı Kuzey, Kuzeybatı ve Güney bakılı yüksek tepelerle çevrili durumdadır.

Muradiye Şelalesi'nin Muradiye ilçesinden sonra yayılım oluşturmasıyla başlayan Bendimahî deltası, geniş bir sazlık alan oluşturarak Van Gölü'ne dökülür. Van Gölü'nü besleyen Bendimahî deltası, büyük tatlı su kaynaklarından

birdir. Van ili sınırları dâhilinde farklı boyutlarda akarsular yer almaktadır. Bu akarsulardan Van'ın güneyinde yer alanlar Basra Körfezi'ne, doğusundan geçenler ise İran sınırları içine akmaktadır. Bendimahî Çayı, Karasu Çayı, Hoşap Çayı, Kotur Çayı, Deli Çay, Zilan Deresi ve Memedik Çayı Van ili içerisinde yer alan önemli akarsulardandır. Bendimahî Deltasının geniş bir alan kaplaması, etrafında bataklık, sazlık ve çayırılık alanların oluşması ile biyolojik çeşitliliği olumlu yönde desteklemektedir. Van Gölü havzası önemli su kuşu türlerine üreme alanı olmasının yanı sıra inci kefalı ve Bendimahî kertenkelesi gibi endemik türler için de habitat oluşturmaktadır (ÖDA, 2006).



Şekil 1. Çalışma alanının haritadaki konumu  
Figure 1. Location of the study area on the map

### Uydu verileri

Çalışmada 2021 yılına ait Landsat 8 OLI/TIRS görüntüleri ile ASTER GDEM sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır.

### Meteoroloji verileri

Çalışma alanının içinde ve çevresinde yer alarak çalışma alanını belli bir düzeyde etkileme potansiyeli olan 11 meteorolojik istasyona ait, son on yıllık veriler, Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF) yöntemi kullanılarak haritalanmıştır ve CORINE yöntemi için yağış – kuraklık indislerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

### Toprak verileri

Arazi karakteristikleri toprak tekstürü, toprak derinliği ve toprak taşlılığı şeklinde sınıflandırılarak model çıktılarının elde edilmesinde kullanılmıştır.

### Toprak derinliği

Toprak derinliğinin azalması, erozyon kaynaklı sorunları arttırmakta ve toprağın su tutma kapasitesini düşürerek yüzey su akışlarının şiddetlenmesine neden olmaktadır. CORINE yönteminde toprağın aşınabilirlik durumunu ortaya koyan bir bileşen olan toprak derinliği; 25 cm'den daha sığ topraklar ile 75 cm'den derin toprakları içerecek şekilde üç sınıfa ayrılmıştır (Şekil 8).

### Toprak taşlılığı

Toprak taşlılığı için CORINE yönteminde eşik

değeri %10 olarak belirlenmiştir (Şekil 8). Bu eşik değeri yöntem için standart bir değerdir. Taşlılığı %10'dan büyük alanlar tam korunmuş topraklar olarak belirlenmiş ve taşlılığı %10'dan küçük alanlar ise tam korunmamış topraklar olarak belirlenerek iki sınıfa ayrılmıştır (Şekil 7).

### Toprak tekstürü

Toprak tekstürü (bünyesi), su ve rüzgâr erozyonunun en belirleyici unsurlarından biri olarak görülmektedir. CORINE yönteminde; toprağı oluşturan parçacıkların büyüklüğü, kohezyon direnci ve agregat oluşumu bakımından toprak bileşenleri sınıflandırılarak, 0-3 sınıf arasında toplam dört sınıf oluşturulmuştur (Şekil 8).

### Toprak aşınabilirlik faktörü (k-faktör)

"k-faktörü", hem toprağın erozyona karşı duyarlılığını hem de yüzeysel akış oranını temsil eden toprak aşınabilirlik faktörüdür. Kil içeriği yüksek topraklar, parçalanmaya karşı dirençli olduklarından, yaklaşık 0,05 ila 0,15 arasında düşük k değerlerine sahip olmaktadır (Çilek, 2013).

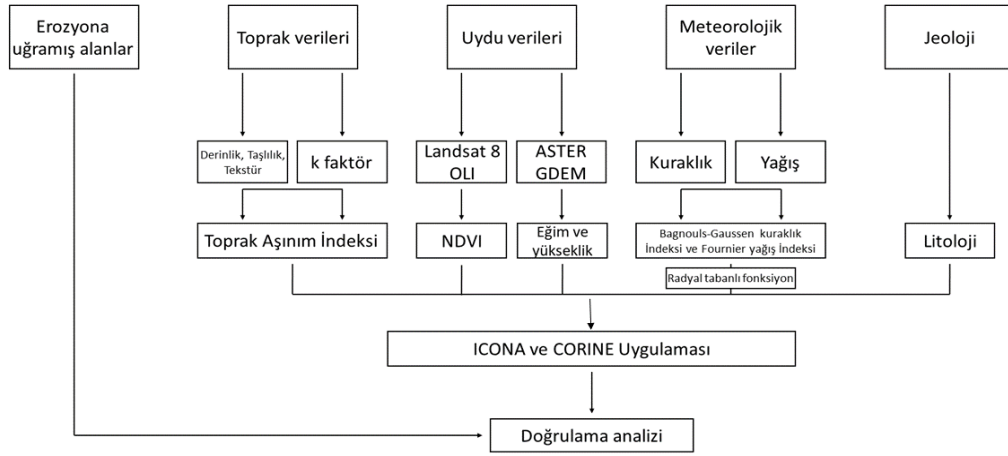
### Yüksek erozyona uğramış alanlar

Arazi çalışmaları ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda 18 farklı bölgede yüksek erozyona uğramış alanlar tespit edilmiştir. Bu alanlar daha çok yol güzergâhlarına yakın ve profili net görünen bölgelerde yer almaktadır.

## Yöntem

Çalışmanın yöntemi üç farklı aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2):

1. Verilerin geometrik düzeltilmesi
2. Erozyon modellerinin uygulanması
3. Doğruluk analizleri



Şekil 2. Çalışmanın yöntem akış şeması  
Figure 2. Method flow chart of the study

## Geometrik düzeltme

Çalışmada kullanılan veriler farklı kaynaklardan elde edildiği ve veri tipi farklılık gösterdiği için coğrafi veriler ön işlemlerden geçirilmiştir. Bunun için verilerin projeksiyon sistemleri tanımlanmış ve birbirleriyle uyumlu hale getirilerek geometrik düzeltmeleri UTM WGS 84 Zone 38 harita projeksiyonuna göre yapılmıştır.

## Modellerin uygulanması

Erozyon modelleri gerekli olan girdi verilerinin hazırlanması ve diğer hazır verilerle birlikte model uygulamasının yapılması aşamasıdır. Bu kapsamda meteoroloji verilerinin haritalanması, NDVI analizi için verilerin oluşturulması ve bu verilerin diğer harita verileri ile ICONA ve CORINE modelleri bağlamında ilişkilendirilmesi yoluyla modellerin uygulanması gerçekleştirilmiştir.

## Radyal Tabanlı Fonksiyon yöntemi

Radyal Tabanlı Fonksiyon (RTF), bilinen değerlerden bilinmeyen alan değerlerini uzamsal olarak tahmin etmek için bir dizi matematiksel fonksiyon içeren bir jeostatistiksel modeldir (Barton ve ark., 1999). Esasen, RTF doğrusal bir sistemde Öklid mesafesi ile ifade edilir. Ancak tahmin çizgisi, Gaussian, Kuadratik veya Kübik gibi

tahmin fonksiyon tipine göre tanımlanabilir. Bu çalışmada Gauss tipi fonksiyon kullanılmıştır, çünkü bu fonksiyon girdi veri değerlerinin yakın tahminleriyle sonuçlanmıştır.

## Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) analizi

Görüntülerin alındığı uydunun yakın kızılötesi bandı (N) ile kırmızı bandın (R) birlikte formüle edilmesi sonucu Rouse ve ark. (1973)' e göre hesaplanmıştır (Eşitlik 1):

$$NDVI = \frac{N-R}{N+R} \quad (1)$$

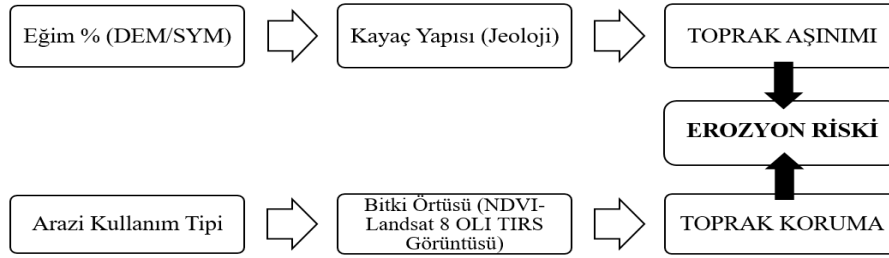
Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi, toprak ve bitki örtüsünü birbirinden ayırabilmektedir. En çok kullanılan bitki indeksi ise Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi'dir. Burada bitki yoğunluğu (kapalılığı) -1 ile +1 arasında bir değer alır. Örnek vermek gerekirse, elde edilen değer 0,1 veya daha düşükse çıplak alanlara; 0,2 ile 0,3 arasında ise çayır ve meralara; 0,6 ile 0,8 arasında ise tropikal yağmur ormanlarına karşılık gelmektedir (Akkartal ve ark., 2005).

## ICONA modeli

Çeşitli katmanların CBS ortamında çakıştırılmasıyla alana ilişkin erozyon

modellemeleri yapılabilmektedir. ICONA (Institut National pour la Conservation de la Nature) erozyon risk belirlenmesinde en önemli yöntemlerden birisidir. ICONA, erozyon riskinin havza veya bölge ölçeğinde kategorik olarak haritalanmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, topografya (eğim) ve litoloji (jeoloji) özellikleri değerlendirilerek toprağın aşınım düzeyi, arazi örtüsü- alan kullanımı ve bitki örtüsü

yoğunluğu (NDVI) özelliklerinden de toprak koruma düzeyleri belirlenir. Oluşturulan toprak aşınım ve toprak koruma harita verilerinin çakıştırılması sonucuyla "Erozyon Risk Durum Haritası" oluşturulur (ICONA, 1991; Tombuş ve ark., 2012; Gündüzoğlu, 2019). Çalışmada kullanılan ICONA modelinin temel akışı Şekil 3'te detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 3. ICONA Erozyon Risk Modeli yönteminin aşamaları

Figure 3. Stages of the ICONA Erosion Risk Model method

### CORINE modeli

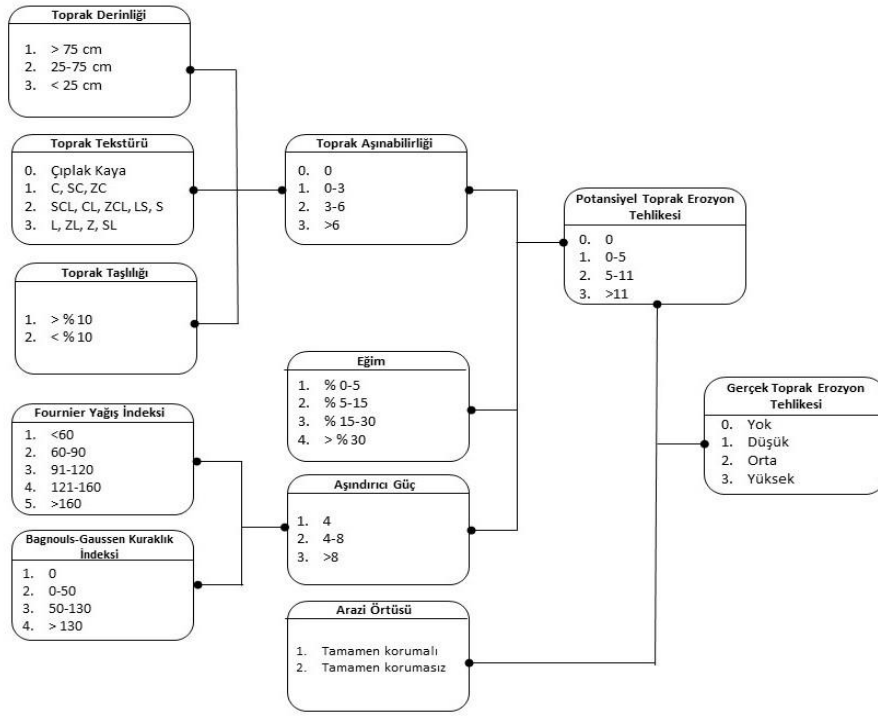
Toprak erozyonunu mekânsal olarak önceden tahmin edebilen Çevre Bilgilerinin Koordinasyonu (CORINE, 1992) modeli, ampirik bir modeldir. CORINE, birkaç katmanlı tematik haritaların tasarlanmasını ve üst üste bindirilmesini içeren yarı nitel kategorik bir yöntemdir ve CBS ortamında toprak erozyonu riskinin mekânsal dağılımının belirlenmesinde etkin olarak kullanılmaktadır. Gobin ve ark. (2003)' e göre CORINE modeli, Akdeniz'in en yüksek erozyon riskine sahip alanlarını doğru bir şekilde tanımlamıştır. Daha sonra ise yine toprak erozyon risk değerlendirmesi için Avrupa ve Akdeniz ülkeleri tarafından da yaygın olarak kullanılmıştır (Bayramin ve ark., 2006; Parlak ve ark., 2007; Husnjak ve ark., 2008; Yuksel ve ark., 2008; Aydın ve Tecimen, 2010; Zhu, 2012).

CORINE (Coordination of Information on the Environment) yöntemiyle erozyon risk durum değerlendirmesinde, toprağın aşınabilirliği, toprak için aşındırıcı güç ve topografya fonksiyonları hesaplanarak potansiyel toprak erozyon riski belirlenir. Alanın mevcut kullanım durumu ve bitki örtüsünün de potansiyel erozyon tehlikesi ile

birlikte incelenmesi ve değerlendirilmesi ile "Gerçek Toprak Erozyon Riski Haritası" oluşturulur (Tombuş ve ark., 2012, Gündüzoğlu, 2019).

Çalışmada sayısal yükseklik modeli (DEM) aracılığıyla eğim sınıflarının oluşturulması için 30m yersel çözünürlükteki ASTER GDEM verisi ve arazi örtüsünün belirlenmesi için 2018 yılına ait CORINE arazi örtüsü sınıflandırması kullanılmıştır. Meteorolojik veriler, topografik veriler ve arazi örtüsü parametreleri prensiplerine dayanan CORINE erozyon tahmini yönteminde, toprağa ilişkin tekstür, derinlik ve taşlılık gibi değişkenler için literatürdeki diğer çalışmalardan faydalanılmıştır (Everest, 2015; Everest ve Özcan, 2017).

Toprağa ilişkin tekstür, derinlik, taşlılık, eğim sınıfı ve arazi örtüsü ölçütleri, CORINE erozyon modeli yönteminin öngördüğü şekilde yeniden sınıflandırılarak sayısallaştırılmıştır. Tekstür, derinlik ve taşlılık parametrelerinin birbirleri ile oluşturdukları çarpan etkisi sonucunda potansiyel ve gerçek erozyon tehlikesi Everest (2015)'deki işlemler bütünü takip edilerek haritalanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. CORINE Erozyon risk modeli yöntem akış şeması  
Figure 4. Flow chart of CORINE erosion risk model

#### İndislerin hesaplanması

Aşındırıcı gücün belirlenmesinde Fournier yağış indeksi (FI) (Eşitlik 2) ve Bagnouls-Gausson kuraklık indeks değerleri (BGI) (Eşitlik 3) kullanılmıştır.

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

Eşitlik 2’de  $P_i$ , i ayına ait toplam yağışı;  $P$  ise yıllık toplam yağışı ifade etmektedir.

$$BGI = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i) \cdot k_i \quad (3)$$

Eşitlik 3’te  $t_i$ , i ayı için ortalama sıcaklık değerini;  $P_i$ , i ayına ait toplam yağışı;  $k_i$ :  $2t_i - P_i > 0$  olduğu ayları ifade etmektedir (Everest ve Özcan, 2017). Bu indisler 11 meteoroloji istasyonu kullanılarak hesaplanmış ve RTF ile haritalanmıştır.

#### Doğruluk analizleri

Çalışmada iki tip doğruluk analizi kullanılmıştır. İlki hata matrisi tabanlı genel doğrulama analizidir

(Foody, 2002). Diğeri ise, sonuçların birbiri ile uyumuna bakılan çapraz doğrulamadır. Araziden toplanan veriler yardımıyla hata matrisi analizi yapılmıştır. İki erozyon modeli sonucu birbiriyle çapraz doğrulamaya tabi tutulmuş ve sonuçların birbiri ile uyumuna bakılmıştır.

#### Bulgular ve Tartışma

##### ICONA modelinin uygulanması

Dört ana katmanın bir araya getirilmesi ile erozyon riskinin belirlendiği ICONA, topografya, jeoloji, bitki örtüsü ve arazi örtüsü ve alan kullanım etmenlerine bağlı olarak elde edilen verileri dikkate alarak oluşturulan bir modeldir.

##### Eğim sınıfları

Potansiyel erozyon riskinin belirlenebilmesi için yükseklik verilerinden üretilen eğim sınıfları Çizelge 2’de gösterilmiştir. Çalışma alanının yaklaşık %47’lik kısmında %3-12’lik orta eğimli bölgeler bulunmaktadır. Alanın yaklaşık %33’ü düz veya hafif eğimli olarak belirlenmiş ve %1’den daha küçük bir kısmı ise sarp (>%35) bölgeler olarak belirlenmiştir (Şekil 5).



Çizelge 2. ICONA yöntemine ait eğim sınıfları ve bitki örtüsü yoğunluğu  
Table 2. Slope classes and vegetation density of the ICONA method

Eğim Slope	Alan (ha) Area (ha)	Bitki Örtüsü Vegetation	Alan (ha) Area (ha)
Düz-Çok Az Eğim (%0-3) Flat	57287.62	<%50	68022
Orta Eğim (%3-12) Undulating	82019.45	%50-75	76045
Dik (%12-20) Hilly	26428.72	> %75	32108
Çok Dik (%20-35) Steep	10212.21		
Sarp (>%35) Very steep	227		

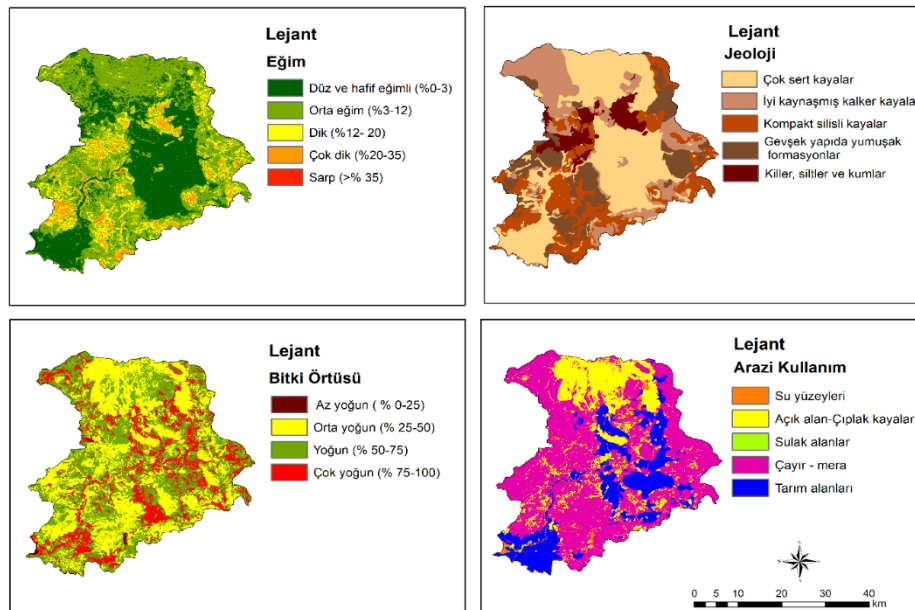
#### Arazi kullanım sınıfları

Toprak koruma düzeyinin belirlenmesi için arazi kullanımına ait sınıflar ICONA yöntemine göre beş gruba ayrılmış ve Şekil 5'te gösterilmiştir. Arazi örtüsü ve alan kullanım sınıfları ICONA modeli için Şatır ve ark. (2017)'den düzenlenerek kullanılmıştır. Alanın büyük bir bölümü çayır-meralardan oluşmaktadır. Kuzeyde çıplak kayalık bir bölüm yer almakta ve alanın güneybatısı ile doğusunda yoğunlaşan tarım alanları göze çarpmaktadır.

#### Bitki örtüsü sınıfları

Doğada bulunan bitkilerin yansımaları değerlendirilerek NDVI (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) analizi yapılmıştır. NDVI yardımı ile doğada bulunan bitki yansımalarının

değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Bitkiler, kızılötesi (NIR) bantta yüksek; görünür kırmızı bantta (R) düşük yansımaya değeri göstermektedirler. ICONA yönteminde, alandaki bitki örtüsü yoğunluğunu/kapalılığını belirlemek için vejetasyon indekslerinden NDVI kullanılmaktadır. Çalışma alanı bitki örtüsü yoğunluğu için, 2020 yılı mayıs ayına ait uydu görüntüleri kullanılarak Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) yardımıyla alanın bitki örtüsü yoğunluğu haritalanmıştır (Şekil 5). Havzanın bitki örtüsü yoğunluğu ICONA yöntemine göre üç sınıfa ayrılarak Çizelge 2'de verilmiştir. Alanın yaklaşık %82'si düşük ve orta bitki örtüsü kapalılığı göstermektedir. Sulak alanlar ve çevreleri görece yüksek bitki örtüsü yoğunluğuna sahiptir.



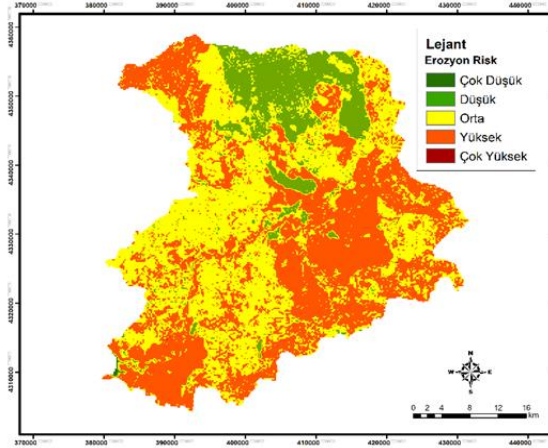
Şekil 5. ICONA yöntemine göre oluşturulan girdi verileri

Figure 5. Generated input data according to the ICONA method

### ICONA erozyon modelleme sonuçları

İlgili girdi verilerinin bütünleştirilmesiyle toprak koruma ve toprak aşınım verileri oluşturulmuş ve her iki verinin karşılaştırılması sonucunda, ICONA erozyon risk dereceleri elde edilmiştir (Şekil 6). Çalışma alanının potansiyel erozyon tehlikesinin

çok yüksek (%0,03) ve yüksek (%44,8) olduğu alanlar alanın yaklaşık %45'ini oluştururken; potansiyel erozyon riskinin çok düşük (%0,08) ve düşük (%12,24) olduğu alanlar ise çalışma alanının yaklaşık %12'sini oluşturmaktadır (Çizelge 3).



Şekil 6. ICONA Erozyon risk kategorileri  
Figure 6. ICONA Erosion risk categories

Çizelge 3. ICONA erozyon risk sınıfları

Table 3. ICONA erosion risk classes

Sınıf Class	Tanım Definition	Alan (ha) Area (ha)	Yüzde (%) Percentage (%)
1	Çok Düşük Very low	146	0.08
2	Düşük Low	21565	12.24
3	Orta Moderate	75480	42.85
4	Yüksek High	78918	44.8
5	Çok Yüksek Very high	66	0.03

### CORINE modelinin uygulanması

CORINE modeli, toprak aşınabilirlik durumu, toprağa uygulanan aşındırıcı güç, topografya ve bitki örtüsü olmak üzere dört ana etkeni uygulanması ile oluşturulan erozyon tahmin modellemesidir.

### Eğim sınıfları ve arazi örtüsü

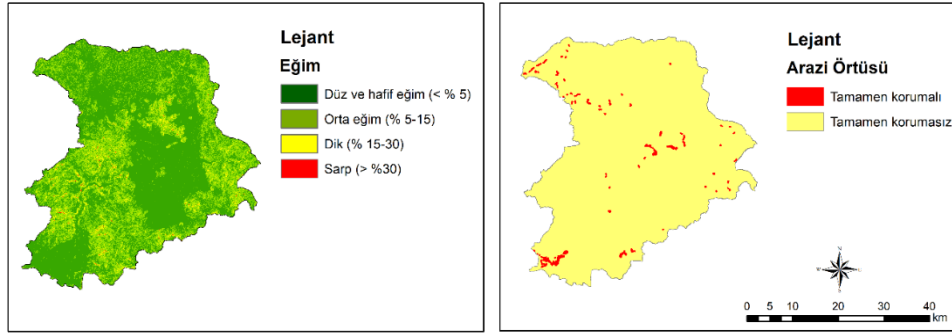
Çalışma sahası toplam 176181 ha'lık bir

alandan oluşmaktadır. Bu alandaki eğim CORINE yöntemine göre dört sınıfa ayrılmıştır. Hafif ve orta eğimli alanlar çalışma alanının yaklaşık %87'sini oluşturmaktadır. Çok dik eğimli alanlar ise havzanın yalnızca %0,65'ini oluşturmaktadır (Çizelge 4). Ayrıca CORINE yöntemi temel alınarak korumalı (kısıtlayıcı veya erozyon riski olamayacak alanlar) ve korumasız (erozyon riski hesaplanabilir alanlar) arazi örtüsü ve alan kullanımları temel alınarak oluşturulmuştur (Şekil 7).

Çizelge 4. CORINE yöntemine göre eğim ve arazi örtüsü sınıfları

Table 4. Slope and land cover classes according to the CORINE method

Eğim Sınıfları Slope classes	Tanım Definition	Alan(ha) Area (ha)	Arazi Örtüsü Sınıfları Land cover classes	Alan (ha) Area (ha)
<%5	Düze yakın Gentle to flat	79920	Tamamen korumalı Completely protected	700
%5-15	Hafif eğim Gentle	72762	Tamamen korumasız Completely unprotected	175.47
%15-30	Dik Steep	22348		
> %30	Çok dik Very steep	1145		



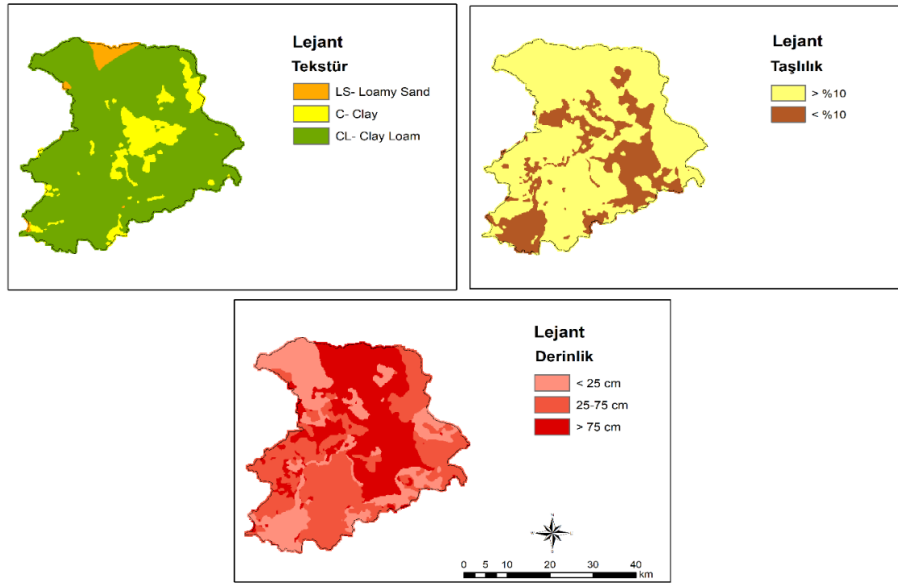
Şekil 7. CORINE yönteminde üretilen eğim ve arazi örtüsü haritaları

Figure 7. Produced slope and land cover maps in the CORINE method

#### Toprak sınıfları

Toprak sınıfları CORINE yöntemine göre; toprak derinliği, toprak tekstürü ve toprak taşlılığı şeklinde sınıflandırılmıştır. Şekil 8'de görüldüğü gibi çalışma alanında en fazla "Killi Tın" (CL) tekstürlü (%85,93) topraklar; en az ise "Tınlı Kum" (LS) tekstürlü (%2.23) topraklar bulunmaktadır (Çizelge 5). Çalışma alanı topraklarının %25,17'si derin; %35,8'i ise siğ topraklardan oluşmaktadır. Derinliğe ait bilgiler Şekil 8'de ve Çizelge 4'te verilmiştir. Yüze taşlılığına bakıldığında ise, Şekil 8'de gösterilen çalışma alanının %73,33'ünün

yüze taşlılığının %10'dan fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 5). Arazi örtüsü sınıflandırmasında orman, çalılık, maki-funda gibi arazi kullanımları tamamen korumalı alanlar olarak belirlenirken Bendimahi Alt Havzası'nda orman, maki-funda bitki örtüleri tamamen tahrip edildiğinden yerini step-bozkır bitki örtüsüne bırakmıştır. Yalnızca sulak alanlar ve çevrelerindeki alanlar tamamen korumalı olarak; bu alanların dışında kalan alanlar ise tamamen korumasız olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 8. CORINE yöntemine göre üretilen toprak haritaları  
Figure 8. Produced soil maps according to the CORINE method

Çizelge 5. CORINE yöntemine göre toprak sınıfları  
Table 5. Soil classes according to the CORINE method

Tekstür Sınıfları	Alan(ha)	Taşlılık Sınıfları	Alan(ha)	Derinlik Sınıfları	Alan(ha)
Texture classes	Area (ha)	Stoniness classes	Area (ha)	Depth classes	Area (ha)
LS	3916	> %10	129187.59	> 75 cm	44350.82
C	20860	<%10	46987.43	25-75 cm	68744.18
CL	151399			<25 cm	63080

#### Meteoroloji verilerinin sınıflandırılması

Aşındırıcı gücün hesaplanması için Fournier yağış İndeksi (FI) ve Bagnouls-Gaussen kuraklık İndeksi (BGI) değerleri kullanılmıştır. Çalışma alanında 2010-2020 yıllarına ait meteorolojik verilere göre Bendimahi alt havzasının Fournier yağış İndeksi, tüm istasyonlarda 60 birimden küçük hesaplanmıştır. Bu nedenle CORINE sistemine göre 1. sınıf (düşük yağış) kategorisine dâhil edilmiştir. Bagnouls-Gaussen kuraklık İndeksi ise tüm istasyonlarda 130 birimden büyük çıkmıştır. Bu nedenle 4. sınıf (kurak kategoride) olduğu belirlenmiştir.

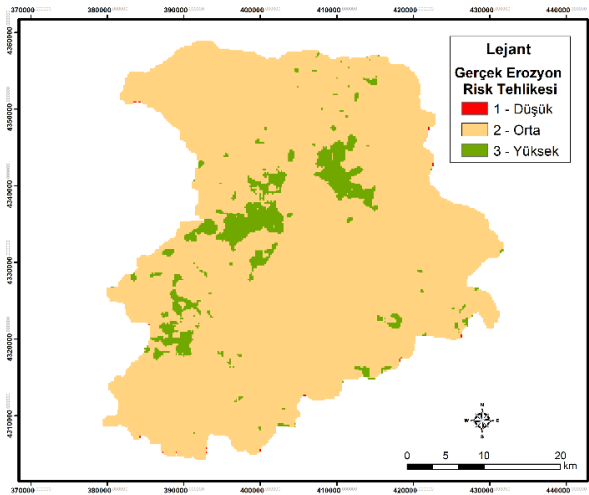
#### CORINE erozyon modelleme sonuçları

Bendimahi alt havzasına ait toprakların potansiyel ve gerçek erozyon riskleri CORINE erozyon risk tahmin yöntemine göre belirlenmiştir. Çalışma alanındaki toprakların erozyona karşı duyarlılıklarını ortaya koyan CORINE uygulaması sonucunda, alanın

%88,48'inin düşük; geriye kalan %11,52'sinin ise orta derecede potansiyel erozyon riski bulunmaktadır. Korunmalı ve korumasız olmak üzere ikiye ayrılan arazi örtüsü sınıfları ile potansiyel erozyon tehlikesinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, alanın %0,03'lük çok küçük bir kısmının düşük; %88,18'inin orta; %11,79'unun ise yüksek derecede gerçek erozyon riski taşıdığı belirlenmiştir (Çizelge 6 ve Şekil 9).

Çizelge 6. Çalışma alanı gerçek erozyon risk sınıfları  
Table 6. Working area real erosion risk classes

Tanım ve Sınıf	Alan (ha)	Yüzde (%)
Definition and class	Area (ha)	Percentage (%)
1	57	0.03
2	155353	88.18
3	20765	11.79



Şekil 9. CORINE Erozyon risk haritası

Figure 9. CORINE Erosion risk map

### Doğruluk analizleri

Alan çalışmasıyla belirlenen ve kesin olarak erozyona uğramış 18 adet poligon, ICONA ve CORINE Erozyon Risk yöntemi sonuçlarıyla ayrı ayrı eşleştirilmiş ve her iki yöntemde de kesin olarak erozyona uğradığı bilinen noktaların %50'sinin yüksek veya çok yüksek; kalan %50'sinin ise düşük veya çok düşük derecede erozyon risk tehlikesi altında olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 7). Literatürdeki benzer uygulamaların çoğunda doğrulama analizi yapılmamıştır. Bu yayının amacı aynı zamanda her iki yöntemi uygulanabilirlik açısından karşılaştırmak olduğu için, modellerin geçerlilikleri de test edilmiştir.

Çizelge 7. ICONA ve CORINE hata matrisi ve doğruluk oranları

Table 7. ICONA &amp; CORINE error matrix and accuracy rates

Referans ve Sınıf Reference and class	Risk var Risk	Risk yok No risk	Kullanıcı doğruluğu User accuracy
Risk var	9	9	0.5
Risk yok	9	9	0.5
Üretici doğruluğu	0.5	0.5	Genel doğruluk: 0.5

Çizelge 8. ICONA ve CORINE yöntemlerinin karşılaştırılması

Table 8. ICONA &amp; CORINE method comparisons

Yöntem Method	Uygulama kolaylığı Applicability	İşlem süresi Process time	Veri erişimi Data access	Çözünürlük Resolution	Model doğruluğu Model accuracy
ICONA	*****	****	****	****	***
CORINE	***	**	**	**	***

“\*\*\*\*\*” en iyi, “\*\*” en kötü performansı ifade etmektedir.

Erozyona uğrayan yer gerçeği bölgelerinin, uygulanan modellerde yüksek ve çok yüksek riskli alanları karşılaması, modelin riskli alanlara tepki verdiğini doğrulamıştır. Bu gibi modeller kategorik veri ürettikleri için doğrulaması yapılırken, yüksek ve çok yüksek kategoriler erozyona uğramış olarak kabul edilmiştir. Her iki model de yer gerçeği verileriyle karşılaştırıldığında %50 oranında erozyon riski kesin olarak gözlenen bölgelerle uyuşma sağlanmıştır. Bu durum her iki modelin de çok iyi derecede erozyon riski olan alanları tahmin edemese de genel olarak erozyona duyarlı alanları tespit etmek için gösterge niteliğinde kullanılabileceğini ifade etmektedir.

Bununla birlikte, her iki modelin birbirleriyle uyumu ayrıca incelenmiştir. Kappa analizi ile yapılan eşleşmede, her iki sonucun birbirini karşılama oranı 0,33 olarak tespit edilmiştir. Bu durum, her iki modelin de erozyona duyarlı olduğu alanların birbirlerinden farklı olduğunu göstermektedir.

### Yöntemlerin işlevsel olarak karşılaştırılması

Her iki yöntemin de birbirleriyle karşılaştırılması yapılırken 5 kategoride değerlendirilmiştir. Bunlar; Uygulama kolaylığı, İşlem süresi, Veri erişimi, Çözünürlük ve Model doğruluğu' dur. Uygulama kolaylığı, modelin içerdiği alt analizlerin sayısı temel alınarak değerlendirilmiştir. İşlem süresi, analizler için gerekli olan toplam süreyi ifade eder. Veri erişimi, analiz için gerekli olan verilerin sayısı ve teminini içerir. Çözünürlük, üretilen sonuç verilerinin detayına göre değerlendirilmiştir. Model doğruluğu, yapılan doğruluk analizlerine göre belirlenmiştir.

## Sonuçlar

Bendimahi alt havzası ölçeğinde uygulanabilirliği test edilen ICONA ve CORINE kategorik erozyon risk modelleme tekniklerinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde;

- Her iki modelde de aynı oranda doğruluk saptanmasına karşın, iki modelin birbirleriyle uyumu çok sınırlı çıkmıştır. Dolayısıyla, bir modelin başarısız olduğu bölgede diğeri başarılı sonuçlar üretmiştir.
- ICONA modeli CORINE modeline göre daha az girdi verisiyle aynı doğrulukta sonuç üretebilme yeteneğinden dolayı daha verimli çalışmıştır. Bu nedenle, küçük havzalarda ICONA modelinin uygulanması daha hızlı sonuca ulaşılmasını sağlayacaktır.
- Her iki modelde de orta ve yüksek erozyon riski kategorileri diğerlerinden fazla olmuştur. Dolayısıyla Bendimahi alt havzasında ciddi bir erozyon riski vardır ve özellikle Van Gölü'ne yakın yerlerdeki verimli toprakların korunması noktasında canlı ve/veya cansız materyallerle tedbirler alınmaya başlanmalıdır.
- ICONA modeli çıktı verisi olarak daha detaylı bir kategorizasyon içerdiğinden dolayı, alt havza ölçeğindeki çalışmalarda alanın daha detaylı analiz edilmesi açısından CORINE yöntemine kıyasla daha iyidir. Ancak, global veya ülkesel çalışmalarda CORINE yöntemi, daha standart bir sonuç üreteceği için karşılaştırma kolaylığı açısından tercih edilebilir.

**Çıkar Çatışması:** Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

**Yazar Katkısı:** Hande ÖZVAN makale yazımı, risk analizlerinin yapılması, yayın konusunun belirlenmesi; Büşra ARIK makale düzeni, verilerin hazırlanıp düzenlenmesi; Onur ŞATIR doğruluk analizleri, risk analizleri ve makale yazımı; Pınar BOSTAN; dil kontrolü, veri hazırlama ve yazım aşamalarında katkıda bulunmuştur.

## KAYNAKLAR

- Akkartal, A., Türüdü, O., & Erbek, S. (2005). Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Bitki Örtüsü Değişim Analizi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart- 1 Nisan 2005, Ankara.
- Amore, E., Modica, C., Nearing, M., & Santoro, V. (2004). Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. *Journal of Hydrology*, 293, 100–114.
- Ananda, J., & Herath, G. (2003). Soil erosion in developing countries: a socio-economic appraisal. *Journal of Environmental Management*, 68:343–353.
- Angima, S., Stott, D., O'Neill, M., Ong, C. K., & Weesies, G. A. (2003). Soil erosion prediction using RUSLE for central Kenyan highland conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 97, 295–308.
- Arnhold, S., Lindner, S., Lee, B., Martin, E., Kettering, J., Nguyen, T. T., Koellner, T., Ok, Y. S., & Huwe, B. (2014). Conventional and Organic Farming: Soil Erosion and Conservation Potential for Row Crop Cultivation. *Geoderma*, 219–220, 89–105. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.12.023>
- Artun, O., Dinç, A.O., & Şatır, O. (2017). Estimation of soil losses using various soil erosion models in a sample plot in Mediterranean part of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (5): 3385-3394.
- Avcı, V. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Gökdere Havzası ve Çevresinin (Bingöl) Erozyon Duyarlılık Analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(26):170-193.
- Aydın, A., & Tecimen, H. S. (2010). Temporal soil erosion risk evaluation: a CORINE methodology application at Elmalı dam watershed, Istanbul. *Environmental Earth Sciences*, 61:1457–1465.
- Barton, M.H., Buchberger, S.G., & Lange, M.J. (1999). Estimation of error and compliance in surveys by kriging. *J. Surv. Eng.* 125, 87–108.
- Baylan, E., Şatır, O., Şehribanoğlu, S., Bostan, P., Hüseyini, E., & Koçaklı, K. (2016). Peyzaj Hizmetlerinin Sosyo-Kültürel Değerlendirmesinin Peyzaj Planlamadaki Rolü: Bendimahi Deltası (Van Gölü Havzası) Örneği. TÜBİTAK 3501 programı proje sonuç raporu, proje no: 214O392, Ankara.
- Bayramın, İ., Dengiz, O., Başkan, O., & Parlak, M. (2003). Soil erosion risk assessment with icona model; Case study: Beypazarı area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27:105-116.
- Bayramın, İ., Gunay, E., & Erdogan, H. E. (2006). Use of CORINE methodology to assess soil erosion risk in the semi-arid area of Beypazarı, Ankara. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30:81–100.
- Berberoglu, S., Cilek, A., Kirkby, M., Irvine, B., & Donmez, C. (2020). Spatial and temporal evaluation of soil erosion in Turkey under climate change scenarios using the Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(8), 1-22.
- Begum Nasir Ahmad, N. S., Mustafa, F. B., Yusoff, S. Y. M., & Gideon, D. (2020). A systematic review of soil erosion control practices on the agricultural land in Asia.

- International Soil and Water Conservation Research*, 8, 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.04.001>.
- Çilek, A. (2013). *Konumsal bilgi sistemleri yardımıyla Türkiye'nin erozyon modellemesi*, (yüksek lisans tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 158s, Adana.
- CORINE, (1992). Soil erosion risk and important land resources in the Southeastern regions of the European community. EUR 13233, Luxembourg, Belgium, pp 32–48.
- De Graff, J. (1996). Price of Soil Erosion: An Economic Evaluation of Soil Conservation and Watershed development, Landbouwniversiteit Wageningen (LUW), Wageningen. 300 s.
- Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygın, F., Göl, C., Ediş, S., & Doğan, A. (2014). İnebolu Havzası'nın ICONA Modeli ile toprak erozyon risk değerlendirmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2): 136-142.
- ÖDA, (2006). Eken G., Bozdağın M., İsfendiyaroğlu S., Kılıç D. T., Lise Y., (editörler). Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları. Doğa Derneği, Ankara.
- European Commission, 2006. EU Soils Thematic Strategy. Erişim adresi: <https://www.daera-ni.gov.uk/articles/eu-soils-thematic-strategy>. (Erişim Tarihi: 15.03.2022).
- Everest, T. (2015). *Truva Tarihi Milli Parkı arazilerinin detaylı toprak etüt ve haritalanması ile arazi değerlendirmesi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, 203s, Çanakkale.
- Everest, T., & Özcan, H. (2017). Dürmek Havzası mansap bölümü erozyon riskinin CORINE yöntemi ile belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (1): 39–47.
- Fernández, C., & Vega, J. A. (2016). Evaluation of RUSLE and PESERA models for predicting soil erosion losses in the first year after wildfire in nw spain. *Geoderma*, 273, 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.03.016>
- Foody, G.M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80, pp. 185–201.
- Gobin, A., Govers, G., Jones, R., Kirkby, M., & Kosmas, C. (2003). Assessment and reporting on soil erosion. Technical report No. 94, Copenhagen.
- Gupta, P., & Uniyal, S. (2012). A case study of Ramgad watershed, Nainital for soil erosion risk assessment using CORINE methodology. *Int. J. Eng. Res. Technol*, 1 (10), 1-7.
- Gündüzoğlu G. (2019). *Kıyı Ege Bölümü'nde Erozyon Risk Modeli Tasarımına Coğrafi Yaklaşım*. Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi, İzmir.
- Han, F., Ren, L., Zhang, X., & Li, Z. (2016). The WEPP model application in a small watershed in the Loess Plateau. *PLoS One*, 11, 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148445>.
- Herz, K. (1973). Beitrag zur Theorie der landschaftsanalytischen Maßstabsbereiche. *Petermann's Geographische Mitteilungen*, 117(2): 91–96.
- Husnjak, S., Simunic, I., & Tursic, I. (2008). Soil erosion risk in Croatia. *Cereal Res Commun* 36:939–942.
- ICONA, (1991). Plan Nacional de Restauracion hidrologico-forestal para el control de la erosion. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Madrid.
- Kanar E., & Dengiz O. (2015). Madendere Havzasında potansiyel erozyon risk durumunun iki farklı parametrik model kullanarak belirlenmesi ve risk haritalarının oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2: 123-134, TÜTAD.
- KHGM, (1996). Van İli Arazi Varlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, 87s, Ankara.
- Kirkby, M.J., Jones, R.J.A., Irvine, B., Gobin, A, Govers, G., Cerdan, O., Van Rompaey, A.J.J., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J., King, D., Montanarella, L., Grimm, M., Vieillefont, V., Puigdefabregas, J., Boer, M., Kosmas, C., Yassoglou, N., Tsara, M., Mantel, S., Van Lynden, G.J., & Huting, J. (2004). European Soil Bureau Research Report No.16, EUR 21176, 18pp., Luxembourg. [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/eusoils\\_docs/doc\\_ESBN.html](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/doc_ESBN.html) (Erişim Tarihi: 15.03.2022).
- Li, P., Irvine, B., Holden, J., & Mu, X. (2017). Spatial variability of fluvial blanket peat erosion rates for the 21st century modelled using PESERA-PEAT. *Catena*, 150, 302–316. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.025>.
- Lu, D., Li, G., Valladares, G. S., & Batistella, M. (2004). Mapping soil erosion risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS. *Land Degradation & Development*, 15:499–512.
- Munodawafa, A. (2007). Assessing nutrient losses with soil erosion under different tillage systems and their implications on water quality. *Physics and Chemistry of the Earth*, 32, 1135–1140. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2007.07.033>.
- Parlak, M., Dincsoy, Y., & Seyrek, K. (2007). Determination of erosion risk according to CORINE methodology (a case study: Kurtbogazi dam). *Int Congress River Basin Manage* 1:844–859.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Mc Cool, D.K., & Yoder, D.C. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Agriculture Handbook No: 703. Natural Resources Conservation Service. Washington DC, USDA.
- Rickson, R. J. (2014). Can Control of Soil Erosion Mitigate Water Pollution by Sediments? *The Science of the Total Environment*, 468–469, 1187–1197. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.057>.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., & Deering, D.W. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS, Third ERTS Symposium, (NASA SP-351 Washington, DC) 1, 309–317.
- Şatır, O. (2016). Defining the plantation role to mitigate the urban heat island effects on global warming using thermal satellite sensors. *Proceeding book of 3rd International Conference on Advanced Technology and Sciences*, Konya, Türkiye, pp.1469-1472.
- Şatır, O., Alp, Ş., Bostan, P., Baylan, E., Yeler, O., & Aşur, F. (2017). Van Gölü Havzası'ndaki arazi örtüsü ve alan kullanım değişimlerinin yarım asırlık süreçte periyodik olarak belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi BAP birimi proje raporu*, proje no: 2014-ZF-B220, Van, Türkiye.

- Tombuş, F. E. (2005). *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak erozyon risk belirlemesine yeni bir yaklaşım, Çorum ili örneği*. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı. Eskişehir.
- Tombuş F. E., Yüksel M., Coşar M., & Ozulu İ. M. (2012). ICONA erozyon risk belirlenme yönteminde zamansal olarak NDVI etkisinin incelenmesi. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Zonguldak.
- Trimble, S. W. (2000). Land use: U.S. Soil erosion rates—myth and reality. *Science*, 289: 248–250.
- Uzuner, Ç., & Dengiz, O. (2020). Desertification risk assessment in Turkey based on environmentally sensitive areas. *Ecological Indicators*, 114, 106295. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106295>.
- Vrieling, A. (2006). Satellite remote sensing for water erosion assessment: A Review. *Catena*, s. 2-18.
- Volk, M., Möller, M., & Wurbs, D. (2010). A Pragmatic approach for soil erosion risk assessment within policy hierarchies. *Land Use Policy*, 27: 997–1009.
- Wuepper, D., Borrelli, P., & Finger, R. (2020). Countries and the global rate of soil erosion. *Nature Sustainability*, 3, 51–55.
- Yuksel, A., Gundogan, R., & Akay, A. E. (2008). Using the remote sensing and GIS technology for erosion risk mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaraş, Turkey. *Sensors* 8:4851–4865.
- Zeng, C., Wang, S., Bai, X., Li, Y., Tian, Y., Li, Y., Wu, L., & Luo, G. (2017). Soil erosion evolution and spatial correlation analysis in a typical karst geomorphology using RUSLE with GIS. *Solid Earth*, 8, 721–736. <https://doi.org/10.5194/se-8-721-2017>.
- Zhu, M. (2012). Soil erosion risk assessment with CORINE model: Case study in the Danjiangkou Reservoir region, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 26:813–822.