



Malatya ilinde ICONA yöntemi ile CBS ve uzaktan algılama tabanlı erozyon risk analizi

Erosion risk analysis in Malatya province using the ICONA method based on GIS and remote sensing

Sevgi Bilgiç¹ , Selman Er^{2,*} 

^{1,2} İnönü Üniversitesi, 44280, Malatya Türkiye

Öz

Erozyon, toprağın su, rüzgâr ve insan faaliyetleriyle aşınması sürecidir ve tarım arazilerinin verimliliğini azaltarak çevresel ve ekonomik sorunlara yol açmaktadır. Bu çalışmada, Malatya ilinin erozyon riskini belirlemek için ICONA yöntemi kullanılmıştır. ICONA, arazinin eğimi, litolojisi, arazi kullanımı ve vejetasyon yoğunluğu gibi parametreleri dikkate alarak risk haritaları oluşturmada etkin bir yöntemdir. Çalışma kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanılarak, Malatya'nın %20.17'sinin düşük, %64.99'unun orta ve %14.19'unun çok yüksek erozyon riski taşıdığı belirlenmiştir. Malatya'nın erozyon riski genellikle eğimin fazla olduğu alanlarda çok yüksek olarak çıkmıştır. Erozyon riskinin çok yüksek olduğu yerler ise Malatya ilinin kuzeyi ve güneyinde eğimli alanlarda yayılış göstermiştir. Ayrıca, eğimin olmadığı ancak litolojik özelliklere bağlı olarak aşınabilirliğin yüksek alanlar ise orta derecede erozyon riskinin olduğu alanlar olarak yayılış göstermiştir. Elde edilen bulgulara göre, erozyon riski, dik eğimler ve yetersiz bitki örtüsü ile karakterize edilen kuzey bölgelerinde yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Bulgular, toprak koruma ve sürdürülebilir arazi yönetimi için rehber niteliğindedir. Bu çalışma, bölgesel erozyon riskinin anlaşılmasına katkı sağlamak ve benzer bölgelerde uygulanabilir bir yöntem sunmaktadır. Doğal kaynakların korunması için alınacak önlemler bilimsel temellere dayandırılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Erozyon riski, ICONA yöntemi, Coğrafi bilgi sistemleri, Toprak koruma

1 Giriş

Erozyon, dünyanın oluşumundan beri süregelen doğal bir süreçtir. Ancak insan faaliyetleri, özellikle yerleşim ve tarımsal amaçlarla fiziki çevreyi dönüştürmeye başladığında, bu süreç hız kazanmıştır [1]. Tarımsal faaliyetlerin yoğunlaşmasıyla erozyonun şiddeti artmış, bu da toprak verimliliğinde azalmaya ve su kaynaklarının kalitesinde bozulmalara yol açmıştır [2]. Sonuç olarak, verimsizleşen topraklar ve artan nüfusa yeterli ürün sağlanamaması gibi ekonomik ve sosyal sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu sorunlar hem insanları hem de karasal ekosistemleri olumsuz etkileyerek ekosistemin dengesini bozmuştur. Erozyon,

Abstract

Erosion is the process of soil degradation caused by water, wind, and human activities, leading to reduced agricultural productivity and significant environmental and economic challenges. In this study, the ICONA method was employed to assess erosion risk in the province of Malatya. ICONA is an effective approach for creating risk maps, taking into account parameters such as slope, lithology, land use, and vegetation density. Using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques, it was determined that 20.17% of Malatya is at low erosion risk, 64.99% at moderate risk, and 14.19% at very high risk. Areas with steep slopes were found to exhibit very high erosion risks. The regions with the highest erosion risk are predominantly located in the northern and southern parts of Malatya on sloped terrains. Conversely, areas with no slope but high erodibility due to lithological properties were identified as having moderate erosion risk. The findings indicate that erosion risk reaches critical levels in the northern regions, characterized by steep slopes and insufficient vegetation cover. These results provide guidance for soil conservation and sustainable land management. This study contributes to understanding regional erosion risks and offers a replicable method for similar regions. Measures to preserve natural resources should be based on scientific evidence.

Keywords: Erosion risk, ICONA method, Geographic information systems, Soil conservation

büyük ölçüde fiziki çevre unsurlarının özelliklerine bağlı olarak meydana gelmekte ve şiddeti de bu özellikler tarafından belirlenmektedir [3-5]. Eğimli, bitkiden yoksun ve zayıf toprak yapısına sahip alanlar erozyona daha yatkındır. Buna ek olarak, insanların araziyi kullanma biçimleri de erozyonu doğrudan etkilemektedir [6,7]. Türkiye'de coğrafi konumun getirdiği farklı iklim tipleri ve topografik yapı erozyon riskini artırır başlıca faktörlerdir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde görülen düzensiz yağışlar ve ülkenin büyük bölümünün %40'tan fazla eğime sahip olması, Türkiye'de erozyon riskini artırmaktadır [8,9]. Erozyonun küresel bir çevresel sorun olması, bu konunun araştırmacılar

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: selmaner@gmail.com (S. Er)

Geliş / Received: 19.11.2024 Kabul / Accepted: 27.12.2024 Yayımlanma / Published: 15.01.2025

doi: 10.28948/ngumuh.1587977

tarafından yoğun olarak incelenmesine yol açmıştır. Erozyon çalışmaları, özellikle 1970'lerin ortalarından itibaren artmış ve bu durum, ulusal ve yerel ölçekte önlemler alınmasına zemin hazırlamıştır [10-13]. Erozyon riskini belirlemek ve bu riskin şiddetine göre planlamalar yapmak amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir [14]. Arazide veya laboratuvarında yapılan ölçümler, teknik ve maddi kısıtlamalar nedeniyle son yıllarda daha az tercih edilmektedir [15]. Bunun yerine, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerindeki gelişmelerle birlikte, risk haritaları oluşturarak modelleme yöntemleri yaygınlaşmıştır. Erozyon riskini belirlemek için kullanılan yöntemler arasında RUSLE, CORINE, LEAM, MEDALUS ve Dis4ME gibi çeşitli modeller bulunmaktadır [16-20]. Bu çalışmada, CBS ve UA tekniklerinden yararlanan ve erozyon risk modellemesinde sıkça kullanılan ICONA (Indicadores de Calidad del Suelo y Agua) yöntemi uygulanmıştır. ICONA, 1997 yılında İspanya Doğa Koruma Enstitüsü tarafından geliştirilmiş ve Akdeniz ile Avrupa ülkelerinde yaygın olarak kullanılmıştır. Ülkemizde de bu yöntem farklı disiplinlerde tercih edilmektedir [1-3,21-25].

Malatya ili için erozyon durumunu tespit etmek amacıyla farklı yöntemler kullanılarak birtakım çalışmalar yapılmıştır. Örneğin; [26] Malatya'nın güneydoğusunda bulunan Kaman Deresi'nin erozyon duyarlılığını tespit etmek amacıyla RUSLE yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Kaman Deresi ve çevresinde bulunan yerleşmelerin erozyon duyarlılığının genellikle eğimin yüksek olduğu alanlarda arttığı tespit edilerek bununla alakalı önerilerde bulunulmuştur. Farklı bir alanda çalışılmış olan [27] Malatya'nın Pütürge ilçesinde bulunan Şiro Çayı'nın erozyon riskini belirlemek amacıyla RUSLE yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, alanın %25'inin aşırı yüksek erozyon duyarlılığına sahip olduğu sonucuna varıldı ve yıllık yaklaşık 25 ton toprak kaybının olduğu tespit edilmiştir.

Malatya ili içerisinde erozyon ile alakalı çalışmalar mevcuttur. Ancak yapılan çalışmalar belirli bir sahayı kapsadığından dolayı Malatya için genel bir erozyon riski ortaya konulmamıştır. Bu nedenle, Malatya ili genelindeki erozyon riski ile alakalı bir değerlendirmeyi amaçlayan bu çalışmada, CBS ve UA tekniklerinin yanı sıra ICONA yöntemi kullanılarak risk haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışma, Malatya ilinin erozyon riskini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiş olup, CBS ve UA teknikleri kullanılarak ICONA yöntemi ile risk haritaları oluşturulmuştur.

2 Araştırma alanı

Malatya ili, genel itibarıyla Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nde yer almaktadır. Yüz ölçümü yaklaşık 12265.56 km² alana tekabül etmektedir. Doğusunda Elâzığ ve Diyarbakır, batıda Kahramanmaraş, güneyde Adıyaman, kuzeyde Sivas ve Erzincan illeri yer almaktadır. Malatya, fiziki açıdan yüksek bir alana denk gelmekte ve ortalama yükseltisi yaklaşık 900 metre olup, kuzey-güney yönlü olarak artış göstermektedir (Şekil 1). Güneydoğu Toros kıvrımı içerisinde yer alan Beydağı kütlesi 2445 metre ile alanın en yüksek noktasına karşılık gelmektedir [28]. Yapısal olarak Malatya, Toros kıvrım kuşağının kuzeyinde

yer alması nedeniyle farklı dönemlerde oluşmuş çeşitli formasyonların bulunduğu bir alan olma özelliği göstermektedir. Alp Orojenezi sonrasında şekillenmiş ve 3. zaman sonunda tektonik hareketler sonucu kırılma ve kıvrılmalarla şekillenmeler olmuştur. Bu hareketler sonucu, Malatya'nın bazı alanları yükselmiş ve bazı alanları ise çökerek bir ova görünümü ortaya çıkmıştır. Çöküntü alanlarında ciddi aşınmalar nedeniyle alüvyonlarla dolmuştur. Bunun yanında, 3.zamana ait kalker, konglomera ve volkanik küller oldukça yaygındır. Ovanın kuzeyinde andezit lavlar ve yeşil-beyaz marnlar yayılış göstermektedir. Ovanın güneyinde ise Eosene ait kalker serileri görülmektedir. Ayrıca, 3.zamana ait konglomeralar ise bölgenin önemli akarsu kaynakları olan Tohma, Sultansuyu ve Kuruçay vadilerine boyunca görülmektedir [28,29]. Malatya, Doğu Anadolu Bölgesi'nde olmasına rağmen, bölgenin genelinde yaygın olarak görülen karasal iklim koşullarından bazı farklılıklar gösterir. Bu farklılığın nedeni, Malatya'nın Doğu Anadolu'daki diğer alanlara göre daha alçak bir irtifada yer almasıdır. Kurak ve yarı kurak iklim özellikleri taşıyan Malatya'da 13.7 °C yıllık ortalama sıcaklık vardır. En düşük sıcaklıklar ocak ayında görülmekte olup, ocak ayı ortalama sıcaklığı -1°C'dir (Şekil 2). En sıcak ay ise temmuzdur ve temmuz ayı ortalaması 26.8°C'dir. Yağış bakımından Malatya yıllık ortalama 300-400 mm civarında yağış almaktadır. Bu yağış değerleri, yükseltinin artmasına göre artıp azalmaktadır. Ayrıca, en fazla yağışı ilkbahar ve sonbahar aylarında almaktadır [29-31]. Fırat Nehri, araştırma alanının fiziki olarak şekillenmesinde büyük rol oynayan en önemli akarsu kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Kaynağını dağlık alanlardan alan ve Fırat Nehri'nin kollarını oluşturan Kuruçay, Tohma ve Sultan Suyu bölgede başta tarım faaliyetleri açısından önemli su kaynaklarından olup, Karakaya Baraj Gölü'ne dökülmektedir. Akarsuların iklimin özelliğiyle paralel olarak ilkbahar mevsimlerinde akım değerleri maksimum seviyeye çıkarken, buna karşın yaz aylarında en az seviyeye inmektedir. Malatya yeraltı suyu bakımından da önemli bir alana karşılık gelmektedir. Başta yeraltı suyunu sağlayan Beylerderesi, Aydoğan dere ve Orduzu dereleri oldukça önemlidir. Ayrıca bu suların özellikle faylar ve geçirimsiz geçirimsiz formasyonların olduğu alanlarda yeryüzüne çıktığı noktada önemli kaynakların (Elemendik, İnekpınarı, Horata vb.) olduğu görülmektedir [17]. Araştırma alanı, İrano-Turaniyen Fitocoğrafya Bölgesi içinde yer almakta olup, bitki örtüsü ağırlıklı olarak step karakterindedir. Bu gerçek step alanında kuraklığa ve soğuk hava koşullarına dayanıklı bitki türleri yaygın olarak bulunur. Geçmişte önemli ölçüde ormanlarla kaplı olan Malatya toprakları, şehirleşmenin etkisiyle birlikte zamanla doğal bitki örtüsünü kaybetmiştir. Bugün Malatya topraklarının yaklaşık %30'u ormanlık ve fundalıklarla, %10'u ise çayır ve meralarla kaplıdır. Malatya'nın güneyindeki dağlar, çoğunlukla meşe egemenliğinde bozuk nitelikli korular ve baltalıklarla kaplıdır. Özellikle batıda, Sultansuyu Vadisi yamaçlarında kızılıçık gibi bitkilere de rastlanır. Malatya Ovası ve çevresindeki düzlükler zengin çayır otlarıyla kaplı olup, bu kesimde doğal bitki örtüsü büyük ölçüde ortadan kalkmıştır. Dağlık ve platoluk alanlarda yer yer yabancı meyve ağaçları,

kavak ve söğütler görülürken, bitkisel üretim yapılan alanlarda sebze bahçeleri (domates, biber, lahana vb.), meyve bahçeleri (kayısı, kiraz, ceviz, elma vb.), üzüm bağları ve fidanlıklar bulunmaktadır. Malatya'nın kuzeyindeki dağlar ise, meşe ağırlıklı yapraklı ormanlara sahiptir ve bitki örtüsü açısından daha zengindir. Bölgede dere ve su kenarlarında kavak ve söğüt gibi su isteği yüksek karakterde bitkiler bulunmaktadır [32]. Bu çeşitlilik, Malatya'nın iklimsel geçiş özelliklerinin bitki örtüsü üzerindeki etkisini yansıtmaktadır [30,31].

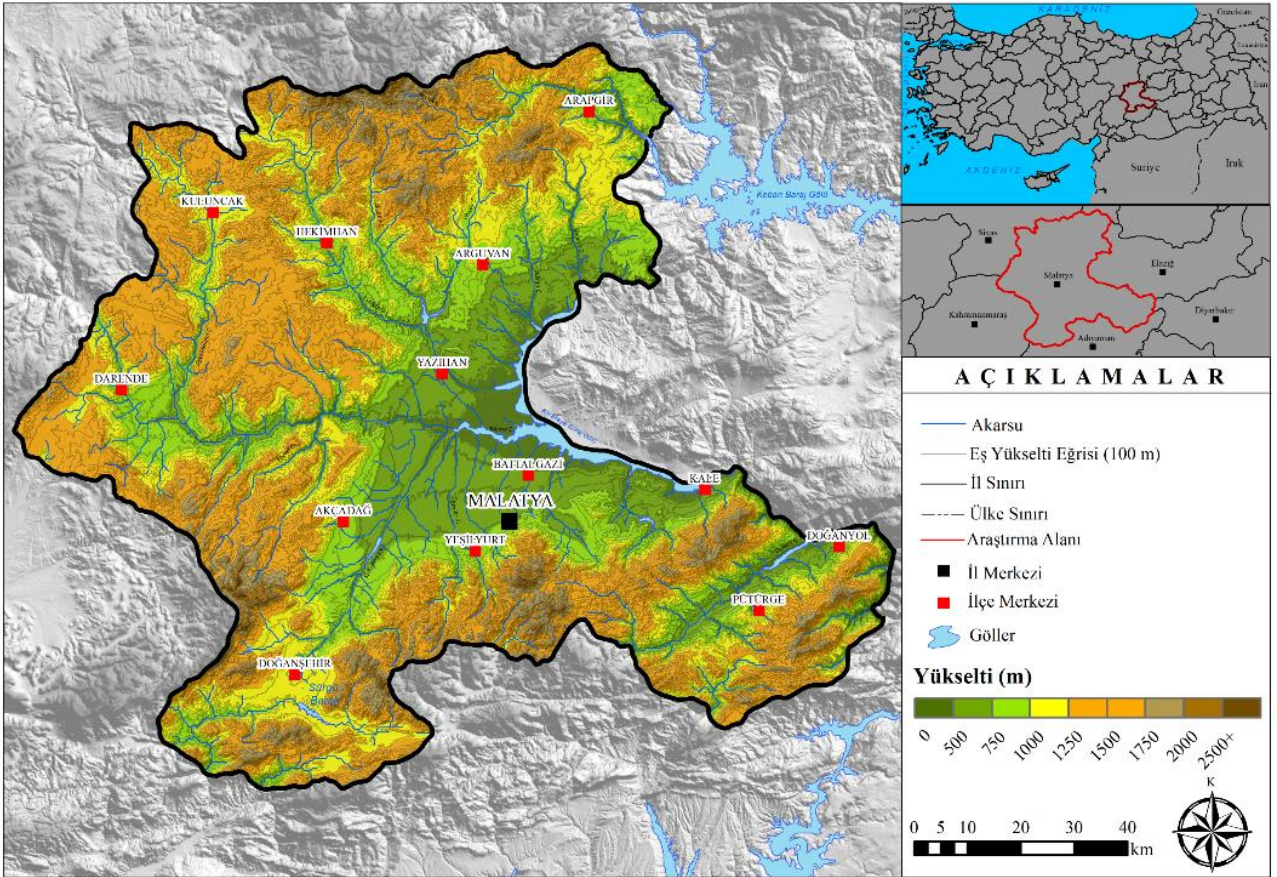
3 Materyal ve yöntem

Malatya ilinin, erozyon riskini belirlemek amacıyla literatürde yaygın olarak kullanılan ICONA yöntemi tercih edilmiştir. ICONA temelde arazinin toprak aşınımı ve korumasını ele almaktadır. Toprak aşınımı arazinin eğim ve litolojik yapısının ilişkisiyle belirlenirken, toprak koruma ise arazinin kullanımı ve vejetasyon örtüsünün sıklığının ilişkisiyle belirlenmektedir (Şekil 3).

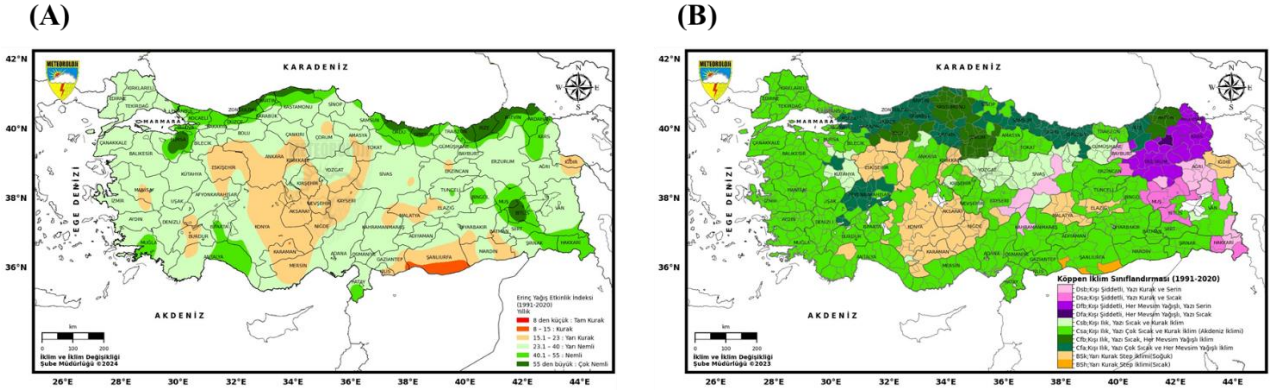
3.1 Toprak aşınımı

Toprak aşınımı, ICONA yönteminde eğim ve litolojinin birlikte ele alınmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bunun için öncelikle alanının eğim ve litoloji özellikleri belirlenmiştir. Araştırma alanının, eğim özelliklerini belirlemek amacıyla

ASF (Alaska Satellite Facility) tarafından temin edilen Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) (12.5 metre çözünürlükte) kullanılarak oluşturulmuştur. Daha sonrasında literatür incelemesiyle alanın eğim derecelerine göre 1'den 5'e (1: Çok az eğimli, 5: Çok dik) kadar sınıflara ayrılmıştır (Tablo-1). Araştırma alanının toprak aşınımında önemli faktör olan litolojik özellikleri belirlemek için Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından temin edilen 1/500.000 ölçekli Sivas ve Erzurum jeoloji haritaları sayısallaştırılarak kullanılmıştır [33]. Aynı şekilde, literatürden faydalanılarak litolojik özellikler aşınım durumuna göre 5 gruba ayrılmıştır (Tablo 2). Toprak aşınım matrisi, eğim ve litoloji parametrelerinin etkileşimiyle belirlenmektedir. Erozyon riski, eğimin yüksek olduğu alanlarda anakayanın aşınabilirlik seviyesine bakılmaksızın yüksektir; bu nedenle, eğim, aşınılma faktörü açısından öncelikli olarak dikkate alınması gereken bir parametredir. Başka bir deyişle, anakayanın düşük aşınabilirlik özelliğine sahip olması, tek başına bir alanın erozyon riskini azaltmada yeterli bir faktör değildir. (Tablo 3). Bu işlemler, CBS yazılımlarından ArcMap 10.8 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ArcMap 10.8 yazılımının mekanik süreçler için tercih edilmesinin nedeni, veri görselleştirme ve analiz özelliklerinin çalışma için uygun olmasıdır.

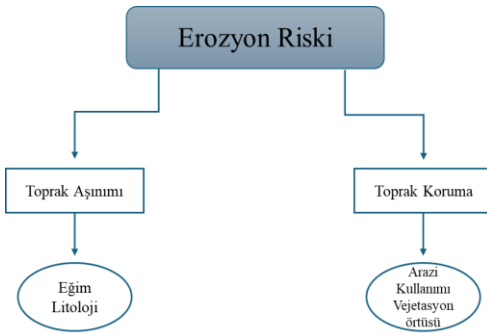


Şekil 1. Araştırma alanı lokasyon haritası



Şekil 2. Türkiye iklim sınıflandırması; (A) Erinç iklim sınıflandırması, (B) Köppen iklim sınıflandırması [30]

Alanın eğim ve jeoloji haritaları oluşturulduktan sonra, bu iki coğrafi veri ArcGIS'te "Spatial Join" (Mekânsal Birleştirme) aracı ile birleştirilmiştir. Birleştirme işlemi sonucunda, öz nitelik tablosunda yeni bir katman oluşturulmuş ve karşılaştırma matrisi manuel olarak düzenlenmiştir.



Şekil 3. ICONA yöntemi akış şekli

Tablo 1. Eğim sınıfları

NO	Eğim Değerleri (%)	Tanım
1	0-3	Çok Az Eğimli
2	3-12	Orta Eğimli
3	12-20	Eğimli
4	20-35	Dik
5	35+	Çok Dik

Tablo 2. Litoloji sınıflandırması

Kod	Tanım
A	Çok sert kayalar
B	İyi kaynaşmış kalker kayalar
C	Kompakt silisli kayalar
D	Az dayanıklı kayalar ve yumuşak formasyonlar
E	Killer, siltler, kumlar ve dördüncü zamana ait depolar

Tablo 3. Toprak aşınma matrisi (1: Çok az aşınabilirlik, 5: Çok yüksek aşınabilirlik)

Eğim Kod	Jeoloji Sınıflandırması				
	A	B	C	D	E
1	1	1	1	1	2
2	1	1	2	3	3
3	2	2	3	4	4
4	3	3	3	4	5
5	4	4	5	5	5

3.2 Toprak koruma

Toprak koruma, arazi kullanım ve vejetasyon örtüsünün yoğunluğunun birlikte değerlendirilmesidir. Çalışma alanının arazi kullanımını belirlemek amacıyla Copernicus tarafından oluşturulan CORINE 2018 (Coordination of Information on Environment) verileri kullanılmıştır. Arazi kullanım sınıfları belirlenerek 6 sınıfa ayrılmıştır (Tablo 4). Daha sonrasında bitki yoğunluğunu/ kapalılığını belirlemek amacıyla NDVI analizi kullanılarak bitki yoğunluğuna göre literatürden faydalanılarak 4 farklı grup belirlenmiştir (Tablo 5). NDVI analizi için USGS (United States Geological Survey) tarafından bulutluluk oranının az olmasına dikkat edilerek Eylül 2023 tarihli 3 farklı LANDSAT 8 OLI/TIRS görüntüsünden faydalanılmıştır. Uydu görüntülerinin 4-5 numaralı bant kombinasyonları kullanılarak çalışma alanının vejetasyon yoğunluğu belirlenmiştir. Tüm bu işlemler yapılırken ArcGIS 10.8 programından yararlanılmıştır. Arazi kullanımı ve vejetasyon örtüsü haritaları oluşturulduktan sonra aynı katmanda birleştirilerek tek öz nitelik tablosunda birleştirilmiştir. Daha sonrasında Tablo 6'da görülen parametrelerin birbirine göre karşılaştırılması yapılarak toprak koruma matrisi oluşturulmuştur. Literatür incelendikten sonra bitki örtüsünün arazi kullanımına göre erozyon riski açısından daha önemli olduğu görülmüştür.

Tablo 4. Arazi sınıfları

Arazi Sınıfları	
1.	Kuru Tarım Alanları
2.	Meyve, Bağ, Bahçe Alanları
3.	Sulu Tarım Alanları
4.	Orman Alanları
5.	Çalı- Maki Alanları
6.	Mera ve Diğer Alanlar

Tablo 5. Bitki yoğunluğuna göre sınıflandırma

No	Tanım	Değer Aralığı (%)
1	Az yoğun	0-25
2	Orta	25-50
3	Yoğun	50-75
4	Çok yoğun	75-100

Tablo 6. Toprak koruma matrisi (1: Maksimum Koruma 5: Minimum Koruma)

Arazi Kullanım Sınıfları	Bitki Yoğunluğu			
	1	2	3	4
1	5	5	4	4
2	5	5	4	3
3	3	2	1	1
4	3	3	2	1
5	5	4	3	2
6	5	4	3	2

3.3 Erozyon riski

ICONA yöntemi, alanın toprak aşınım ve toprak koruma düzeyi parametrelerini değerlendirmektedir. Malatya ilinin erozyon riski belirlenirken, önce bu iki parametre belirlenmiş ve ardından diğer işlemlerde olduğu gibi birleştirilmiştir. Aynı öznelik tablosunda birleştirilen parametreler, karşılaştırma matrisi aracılığıyla değerlendirilerek tek bir katmanda erozyon riski sonucunu verecek şekilde farklı bir katman olarak düzenlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. ICONA yöntemi erozyon risk matrisi (1: Çok az erozyon riski 5: Çok şiddetli erozyon riski)

Toprak Aşınımı	Toprak Koruma Düzeyi				
	1	2	3	4	5
No					
1	1	1	1	2	2
2	1	1	2	3	4
3	1	2	3	4	4
4	2	3	3	5	5
5	2	3	4	5	5

4 Bulgular ve tartışma

4.1 Toprak aşınımı

Çalışma alanının toprak aşınım düzeyini belirlemek amacıyla eğim ve litoloji haritaları kullanılmıştır. Eğim sınıfları 5 kategoriye ayrılmış olup, 1 en az eğimli alanları, 5 ise en dik alanları temsil etmektedir (Tablo 8). Analizler sonucunda, çalışma alanının büyük bir kısmının %40.38 oranıyla orta eğimli, %21 oranıyla dik yamaçlardan oluştuğu tespit edilmiştir. Özellikle, güney ve kuzey bölgeler, çok dik ve dik eğimli yamaçlarla karakterize olmuştur. Düz veya eğimsiz alanlar ise genellikle vadi ve ova tabanlarında görülmektedir. Bu bulgular, çalışma sahasındaki topoğrafyanın büyük ölçüde eğimli arazilerden oluştuğunu göstermektedir.

Tablo 8. Eğim sınıflarının dağılımı

Eğim Değerleri (%)	Tanım	Alan (km ²)	Yüzde (%)
0-3	Çok Az Eğimli	1434.37	11.69
3-12	Orta Eğimli	4952.38	40.38
12-20	Eğimli	3058.52	24.94
20-35	Dik	2576.18	21.00
35+	Çok Dik	244.11	1.99
TOPLAM		12265.56	100

Toprak aşınımını belirlemek amacıyla bir diğer faktör olan litoloji sınıfları için ise 5 sınıf belirlenmiştir. Sınıflar aşınım özellikleri açısından en sert olandan, en yumuşak aşınmaya en elverişli kayalar olmak üzere sınıflandırılmıştır (Tablo 9).

Tablo 9. Litoloji sınıflarının dağılımı

Tanım	Kod	Alan (km ²)	Yüzde
Çok Sert Kayalar	A	3832.19	31.62
İyi Kaynaşmış kalker kayalar	B	1843.51	14.95
Kompakt Silisli Kayalar	C	1196.10	9.7
Az dayanıklı kayalar ve yumuşak formasyonlar	D	2973.97	24.11
Killer, siltler, kumlar ve dördüncü zamana ait depolar	E	2419.79	19.62
TOPLAM		12265.56	100

Analiz sonucunda, çalışma alanının %31.62 oranla aşınım düzeyi az olan kayalar dağılımı göstermiştir. Bunun yanında %24.11 oranla az dayanıklı kayalar ve %19.62 oranla kuvaternere ait depolar yayılımı göstermiştir. Yüksek aşınımına sahip ve genellikle kuvaterner zamana ait depoların ise çalışma alanının doğusunda yayılımı gösterdiği görülmektedir. Eğim ve litoloji özellikleri belirlendikten sonra, iki faktör karar matrisi kullanılarak toprak aşınımı değerlendirilmiş ve tek bir katman halinde toprak aşınım haritası oluşturulmuştur (Şekil 3). Analizler sonucunda, çalışma alanının %41.39'unun orta aşınabilirlik seviyesinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 10). Ayrıca, özellikle çalışma alanının kuzey kesimlerinde çok yüksek aşınabilirlik gösteren bölgeler dikkat çekmektedir. ICONA yöntemi, erozyon riskini değerlendirme matrisinde eğim faktörüne, litolojiye kıyasla daha fazla önem atfetmektedir (Tablo 3). Bu nedenle, eğimin yüksek olduğu bölgelerde aşınabilirliğin de arttığı gözlemlenmiştir. Özellikle %20 ve %35'in üzerinde eğime sahip alanlarda toprak aşınımı yoğunlaşmaktadır (Şekil 3). Şehrin kuzeyindeki Darend ve Hekimhan ilçelerinde, eğimle doğru orantılı olarak, doğu-batı yönünde ise Akçadağ ilçesinde toprak aşınımı yüksek seviyelerde seyretmektedir (Şekil 3).

Tablo 8. Toprak aşınım sınıflarının dağılımı

Tanım	Kod	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Çok Az Aşınabilirlik	1	2472.17	20.16
Az Aşınabilirlik	2	2964.06	24.16
Orta Aşınabilirlik	3	5077.40	41.39
Yüksek Aşınabilirlik	4	1572.98	12.82
Çok Yüksek Aşınabilirlik	5	178.95	1.46
Toplam		12265.56	100

4.2 Toprak koruma

Araştırma alanının toprak koruma düzeyini belirlemek amacıyla arazi kullanım sınıfları ve bitki örtüsü yoğunluğundan yararlanılmıştır. Arazi kullanım sınıfları 6 ana kategoriye ayrılmıştır (Tablo 11). Bu sınıflandırma sonucunda, mera ve diğer alanlar (yerleşim yerleri, su

kütleleri, yapay alanlar, çıplak araziler vb.), %56.01 oranıyla çalışma alanında en geniş yayılım gösteren sınıf olmuştur. Öte yandan, sulu tarım ve orman alanları, arazi kullanım sınıfları içerisinde en küçük alanı kaplayan kategoriler arasında yer almaktadır. Bu alanlar genellikle çalışma bölgesinin güneyinde, Doğanyol ve Pütürge ilçelerine yakın bölgelerde yoğunlaşmıştır.

Tablo 9. Arazi sınıflarının dağılımı

Tanım	Kod	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Kuru Tarım Alanları	1	2240.41	18.25
Meyve, Bağ, Bahçe Alanları	2	742.75	6.05
Sulu Tarım Alanları	3	91.82	0.75
Orman Alanları	4	106.28	0.86
Çalı- Maki Alanları	5	2219.63	18.08
Mera ve Diğer Alanlar	6	6864.67	56.01
Toplam		12265.56	100

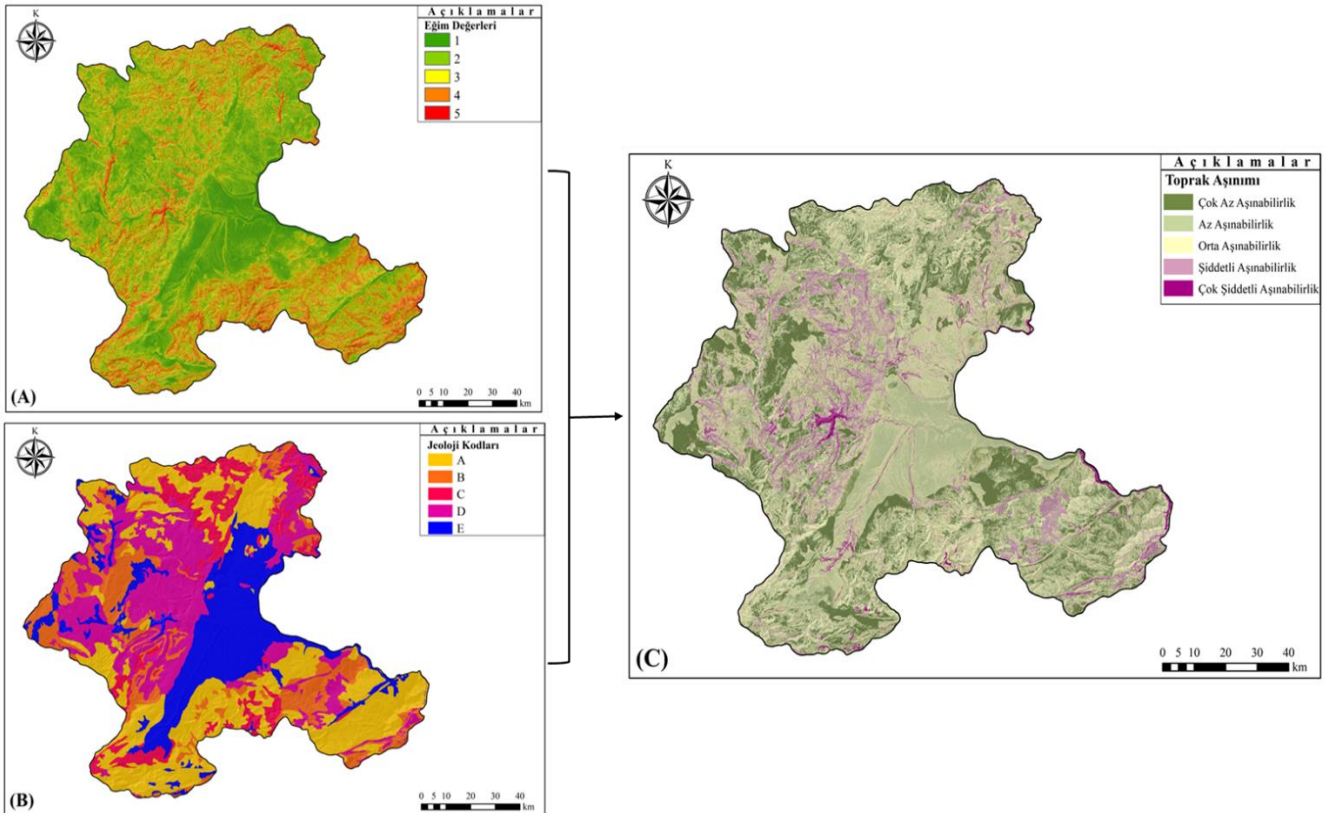
Ayrıca, %18.25 oranla önemli bir dağılım gösteren kuru tarım alanları, çalışma alanının özellikle kuzey kesiminde yayılım göstermektedir (Şekil 4). Arazi kullanım sınıfları belirlendikten sonra, NDVI kullanılarak çalışma alanının bitki örtüsü yoğunluğu analiz edilmiş ve 4 sınıfa ayrılmıştır (Tablo 12). Genel olarak bitki yoğunluğunun çok fazla olmadığı bir alanı kapsayan çalışma bölgesi, %54.65 oranında

orta yoğunluk sınıfında yer almaktadır. Bitki yoğunluğunun en fazla olduğu alanlar, özellikle doğu, güneybatı ve güneydoğuda yoğunlaşmıştır. Ayrıca, bitki yoğunluğunun akarsu ağlarını takip eden bir yayılım gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 5).

Tablo 10. Bitki sınıflarının dağılımı

Tanım	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Az yoğun	2431.23	19.81
Orta	6699.7	54.65
Yoğun	2254.01	18.37
Çok yoğun	880.62	7.17
Toplam	12265.56	100

Arazi kullanım sınıfları ve vejetasyon örtüsü belirlendikten sonra tek bir katmanda birleştirilerek çalışma alanının toprak koruma düzeyi belirlenmiştir. Toprak koruma düzeyi 1'den 5'e kadar 5 sınıfa ayrılarak değerlendirilmiştir (Tablo 13). 1- Maksimum Koruma düzeyini gösterirken 5- Minimum Koruma düzeyini ifade etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, alanın %38.20 oranla orta koruma özelliğine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, %30.13 oranla düşük ve %25.66 oranla ise minimum koruma derecesine sahip olduğu görülmektedir. Alanın maksimum olarak korunma düzeyinin az alanlarda dağılım gösterdiği de ayrıca görülmektedir.



Şekil 3- A) Eğim, (B) Litoloji, (C) Toprak Aşınım Harita

Tablo 11. Toprak koruma düzeyinin dağılımı

Tanım	Kod	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Maksimum Koruma	1	53.60	0.44
Yüksek Koruma	2	684.68	5.58
Orta Koruma	3	4680.44	38.20
Düşük Koruma	4	3697.69	30.13
Minimum Koruma	5	3149.15	25.66
Toplam		12265.56	100

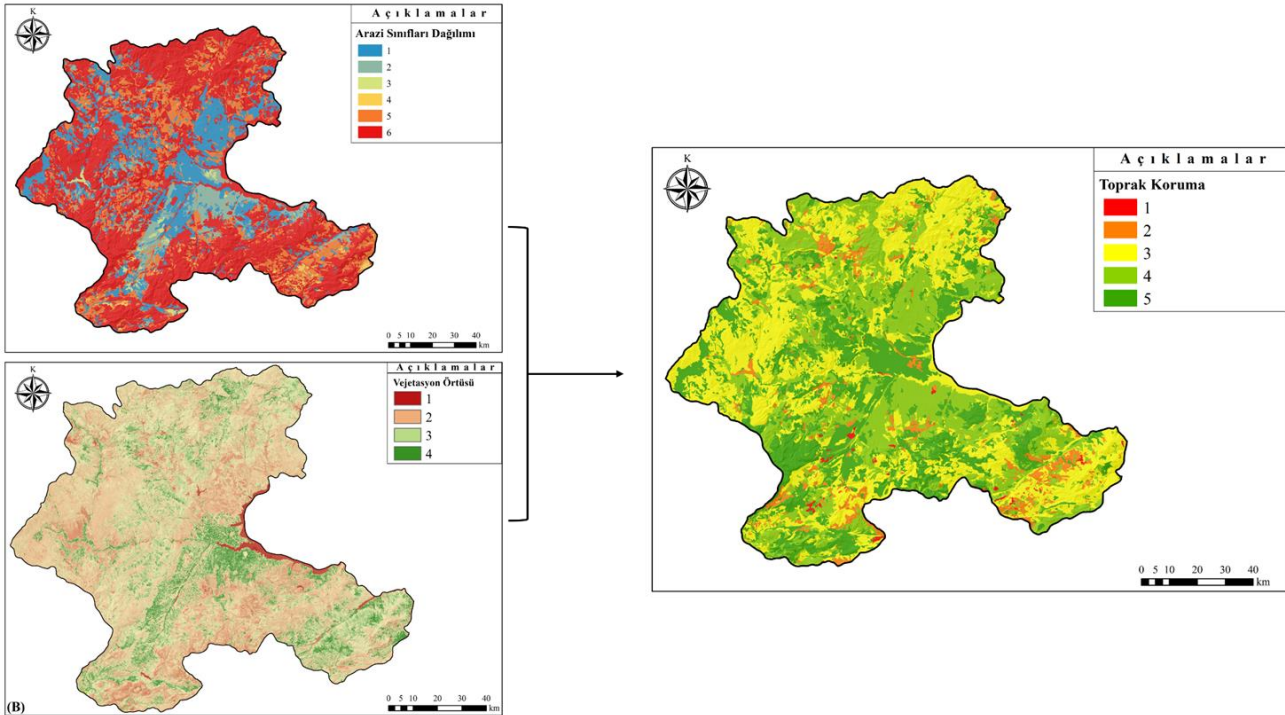
Toprak aşınım ve korunma düzeyi haritaları, diğer analiz adımlarında olduğu gibi erozyon riski karar verme matrisine uygun olarak tek bir katmanda birleştirilmiş ve çalışma alanının erozyon riski sonuç haritası elde edilmiştir. Erozyon riski, 1'den 5'e kadar beş kategoriye ayrılmıştır; 1 en düşük erozyon riskini, 5 ise en yüksek erozyon riskini temsil etmektedir (Tablo 14). Yapılan analiz sonucunda, araştırma alanının %14.19'unun çok yüksek erozyon riski taşıdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma alanının yaklaşık %65'lik bir bölümü orta seviyede erozyon riski taşımaktadır.

Tablo 12. Erozyon riskinin dağılımı

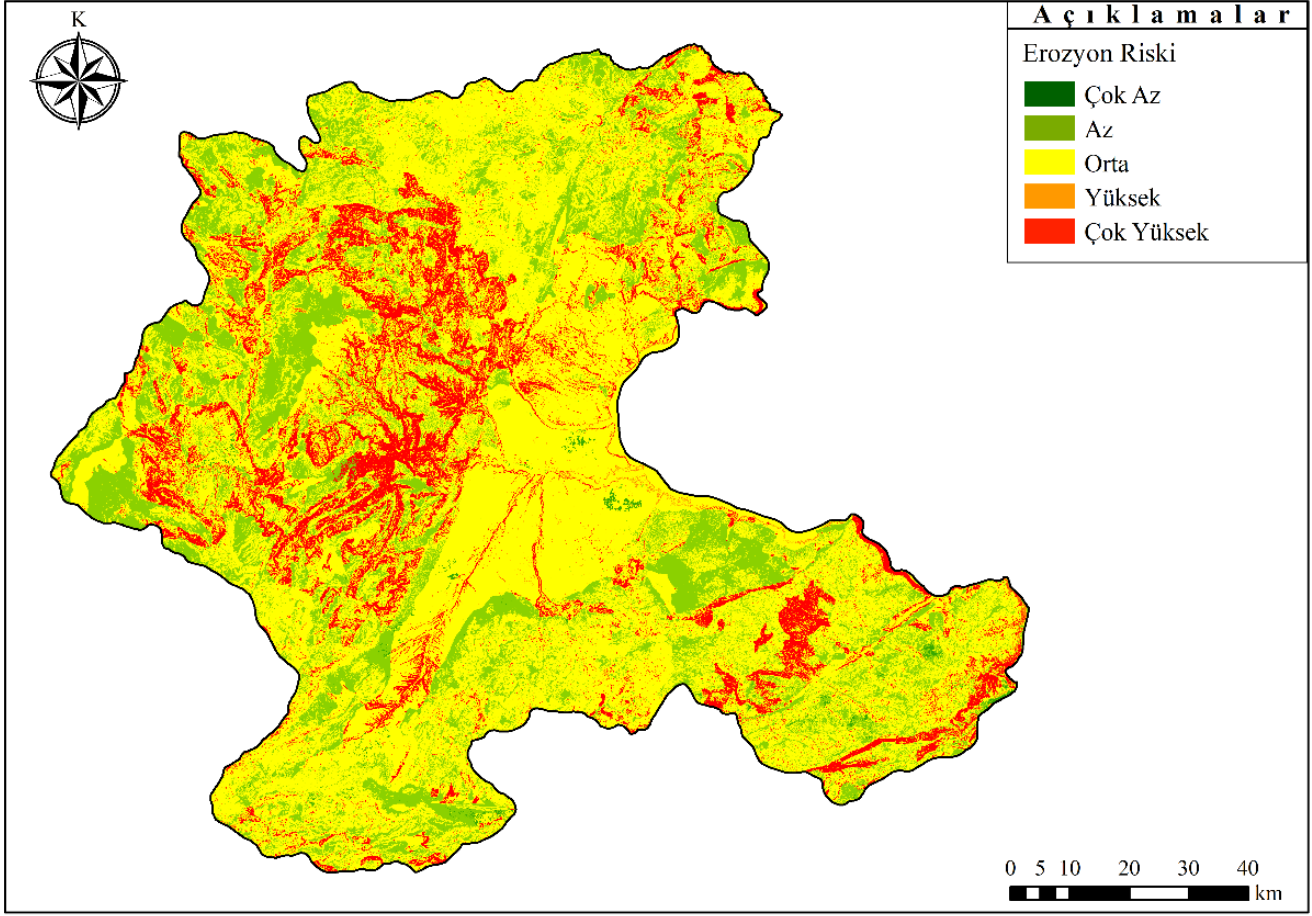
Tanım	Kod	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Çok Az	1	4.89	0.4
Az	2	247.33	20.17
Orta	3	796.95	64.99
Yüksek	4	2.98	0.24
Çok Yüksek	5	174.03	14.19
Toplam		12265.56	100

Sonuç haritasında, özellikle çalışma alanının orta ve kuzey kesiminde Darende, Hekimhan ve Akçadağ ilçelerinde erozyon riskinin çok yüksek olduğu

gözlemlenmiştir. Bu durum, bu bölgede eğimin fazla, bitki örtüsünün ise seyrek veya tamamen olmamasından kaynaklanmaktadır. ICONA yönteminin eğim ve bitki örtüsü kriterlerini diğer faktörlere kıyasla daha ön planda tutması, elde edilen sonuçların doğruluğunu pekiştirmiştir. Bunun yanı sıra, erozyon riskinin çok yüksek olduğu alanların litoloji bakımından yüksek aşınım eğilimli bölgelerle örtüştüğü dikkat çekmektedir (Şekil 5). Tüm bu faktörler birbiriyle etkileşerek çalışma sahasındaki erozyon riskinin dağılımını ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular ve Malatya'nın fiziki özellikleri değerlendirildiğinde, ICONA yönteminin bu bölgeye uygulanabilirliği oldukça uygundur. Malatya ili, yüksek eğimli araziler, çeşitli litolojik yapılar ve kurak-yarı kurak iklim koşulları ile karakterize edilmekte olup, bu faktörler erozyon riskini belirleyen temel unsurlardır. ICONA yöntemi, eğim, litoloji, arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğu gibi parametreleri dikkate alarak, bölgenin erozyon riskini doğru bir şekilde modellemiş ve literatürle uyumlu sonuçlar vermiştir. Literatürde Malatya ilinin tamamını kapsayan bir erozyon riski analizi çalışması bulunmamakla birlikte, bölgesel çalışmalar mevcuttur. Bu çalışma, [34] tarafından yapılan Malatya'daki Darende Ovası'na dair erozyon analizlerinin sonuçlarıyla büyük ölçüde uyum göstermektedir. Ancak, bu çalışmada tüm il genelinde bir değerlendirme yapılmış olup, bulgular daha geniş bir coğrafi alana yayılmaktadır. Bu çalışmanın bulguları, ICONA yöntemiyle elde edilen toprak aşınım sonuçlarıyla büyük ölçüde uyumludur. Her iki çalışmada da bölgedeki yüksek eğimin toprak oluşum süreçlerini zorlaştırdığı ve bu nedenle alanın erozyon açısından yüksek risk taşıdığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4- (A) Arazi örtüsü sınıfları, (B)Vejetasyon örtüsü, (C)Toprak koruma



Şekil 5- Erozyon risk sonuç haritası

Benzer şekilde, [35] tarafından yapılan “Malatya Kuzeydoğusunda Ballı ve Memikan Dereleri Arasındaki Sahanın Erozyon Duyarlılık Analizi” çalışması, bölgenin dar bir kısmında erozyon riskini incelemiştir. Bu çalışma, sahadaki topografya ve iklim özelliklerini dikkate alarak, parametrelerin önem derecesine göre ağırlıklandırma yapmış ve %37 oranında yüksek erozyon riski taşıyan alanları tespit etmiştir. Çalışma sonucunda, yüksek eğimli ve bitki örtüsünden yoksun alanların erozyon riski taşıdığı ve bu alanlarda acil toprak koruma önlemleri alınması gerektiği vurgulanmıştır. Bu bağlamda, özellikle ormanlaştırma ve teraslama yöntemlerinin uygulanabilirliği üzerinde daha fazla durulabilir.

5. Sonuç ve öneriler

Erozyonun, toprağın üst tabakasının kaybına yol açarak tarım arazilerinin verimliliğini azalttığı ve su kaynaklarını olumsuz etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle, erozyon riskinin doğru bir şekilde belirlenmesi ve sürdürülebilir arazi yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Malatya ili ise, yüksek eğimli arazileri, farklı litolojik yapıları ve kurak-yarı kurak iklim özellikleriyle toprak kaybı açısından elverişli bir alan olma özelliği göstermektedir. Bu nedenle çalışmada, Malatya ili genelinde erozyon riskini belirlemek amacıyla ICONA yöntemi

kullanılmıştır. Bulgular, Malatya ilindeki erozyon riskinin büyük ölçüde eğim ve bitki örtüsünün durumuna bağlı olduğunu göstermiştir. Özellikle şehrin kuzeyinde, eğimin fazla olduğu ve bitki örtüsünün yetersiz olduğu alanlarda erozyon riski çok yüksek çıkmıştır. Bu bölgelerde, toprağın aşınması ve taşınması süreci hızlanmakta, bu da toprak kaybına ve yerel ekosistemlerin dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca, erozyon riski orta ve yüksek düzeyde olan alanların geniş bir kısmı, tarım arazileri ve yerleşim bölgelerine yakın olması nedeniyle dikkat çekicidir.

ICONA yöntemi, bölgenin fiziki özelliklerini dikkate alarak, Malatya ili gibi yüksek eğimli ve kurak-yarı kurak iklim özelliklerine sahip bölgelerde başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Yöntemin eğim, litoloji, arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğu gibi parametreleri bütüncül bir yaklaşımla ele alması, risk haritalarının doğruluğunu artırmıştır. ICONA yöntemi, özellikle benzer iklim ve topografyaya sahip diğer bölgelerde de uygulanabilecek etkin bir modelleme aracı olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma, Malatya ilinde erozyon riskini belirlemek için ICONA yönteminin etkinliğini göstermiştir. Bu bulgular, özellikle yüksek erozyon riski taşıyan bölgelerde yerel yönetimlerin hızla toprak koruma önlemleri alması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu önlemler arasında ağaçlandırma projeleri, teraslama uygulamaları ve örtü

bitkisi kullanımı yer alabilir. Tarım sektöründe ise çiftçilere yönelik eğitim programları düzenlenmeli, toprak koruma stratejileri konusunda bilinç artırılmalıdır. Bu bağlamda, sürdürülebilir tarım uygulamalarına yönelik teşvikler sağlanmalı ve yerel halkın aktif katılımı desteklenmelidir. Örneğin; damla sulama sistemi yaygınlaştırılmalıdır. Ayrıca, erozyonun şiddetli olduğu alanlarda sürdürülebilir arazi yönetim planlarının devreye sokulması büyük önem taşımaktadır. Özellikle yerel yönetimlerin, bu riskli bölgelerde erozyon kontrolü ve doğal kaynakların korunmasına yönelik projeleri hızlandırması gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, Malatya ili genelinde erozyon riskinin yüksek olduğu alanları net bir şekilde ortaya koymuş ve bu alanlarda acil müdahale gerekliliğini vurgulamıştır. Elde edilen bulgular, yerel yönetimler ve tarım sektörü için önemli bir rehber sunmakta olup, erozyonun olumsuz etkilerini minimum seviyeye indirmek için alınacak önlemlerin belirlenmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, çalışmada multidisipliner bir yaklaşımın gerekliliği vurgulanarak, bu sonuçların daha kapsamlı ve sürdürülebilir çözümlere olanak sağlayacağı ortaya konulmuştur.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %10

Kaynaklar

- [1] G. Gündüzoğlu ve H. Çukur, Kıyı Ege Bölümünde Erozyon Riskinin ICONA Yöntemi ile Belirlenmesi, Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, no. 79, pp. 596-614, 2018.
- [2] R. Halbac-Cotoara-Zamfir, D. Smiraglia, G. Quaranta, R. Salvia, L. Salvati, and A. Giménez-Morera, Land Degradation and Mitigation Policies in the Mediterranean Region: A Brief Commentary, Sustainability, vol. 12, no. 20, art. 8313, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12208313>
- [3] O. Dengiz and S. Akgül, Soil Erosion Risk Assessment of the Gölbaşı Environmental Protection Area and Its Vicinity Using the CORINE Model, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, vol. 29, no. 6, pp. 439-448, 2005.
- [4] S. Issaka and M. A. Ashraf, Impact of soil erosion and degradation on water quality: A review, Geology, Ecology, and Landscapes, vol. 1, no. 1, pp. 1-11, 2017. <https://doi.org/10.1080/24749508.2017.1301053>
- [5] H. Esmaili Gholzom, H. Ahmadi, A. Moeini, and B. Motamed Vaziri, Erosion risk assessment and identification of susceptibility lands using the ICONA model and RS and GIS techniques, Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions [preprint], 2020. <https://doi.org/10.5194/nhess-2020-85>.
- [6] B. Yılmaz, Türkiye’de Erozyonun Tarım Sektörü Üzerindeki Etkileri ve Alınan Önlemler. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2001
- [7] V. Hanedar, Dünyada ve Türkiye’de Erozyon. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.
- [8] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Erozyonla Mücadele Eylem Planı (2013-2017). Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara, 2013.
- [9] E. Atabey, Erozyon ve İklim Değişikliği, Temiz Mekân Web Sitesi. [Online]. Available: <https://www.temizmekan.com/erozyon-ve-iklimdegisikligi/> [Accessed: 18-Nov-2024].
- [10] P. Borrelli, D. A. Robinson, L. R. Fleischer, E. Lugato, C. Ballabio, C. Alewell, and P. Panagos, An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion, Nature Communications, vol. 8, art. 2013, 2017. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>.
- [11] P. Borrelli, C. Alewell, P. Alvarez, and P. Panagos, Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis, Science of The Total Environment, vol. 780, art. 146494, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146494>.
- [12] S.A. Prats, Ó. González-Pelayo, F.C. Silva, K.J. Bokhorst, J.E.M. Baartman, and J.J. Keizer, Post-fire soil erosion mitigation at the scale of swales using forest logging residues at a reduced application rate, Earth Surface Processes and Landforms, vol. 44, no. 14, pp. 2837-2848, 2019. <https://doi.org/10.1002/esp.4711>.
- [13] M. Alizadeh, H. Zabihi, I.D. Wolf, et al., Remote sensing technique and ICONA-based GIS mapping for assessing the risk of soil erosion: A case of the Rudbar Basin, Iran, Environmental Earth Sciences, vol. 81, art. 512, 2022. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10634-z>.
- [14] O. Dengiz, A. İmamoğlu, F. Saygın ve C. Göl, İnebolu Havzası’nın ICONA Modeli ile Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, vol. 29, no. 2, pp. 136-142, 2014. <https://doi.org/10.7161/anajas.2014.29.2.136-142>.
- [15] E. Karas, İ. Oğuz, E. Türkseven ve S. Keskin, Sakarya-Porsuk-Sarısu-Havzasında CORINE, LEAM ve USLE Metodolojilerinin Kullanılarak Erozyon Risk Haritalarının Hazırlanması, I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, Turkey, 2009.
- [16] M.A. Özdemir ve S. Tatar Dönmez, CBS Tabanlı Rusle Yöntemiyle Işık Gölü Havzasının Erozyon Risk Analizi, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, vol. 8, no. 1, pp. 1-21, 2016. <https://doi.org/10.15659/hartek.16.03.122>.
- [17] M. Sunkar, Ü. Hatun ve A. Toprak, Malatya Havzası ve Çevresinde İklim Özelliklerinin Meyveciliğe Etkisi, GEOMED 2013: 3. Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, pp. 566-574, 2013.
- [18] T. Everest and H. Özcan, Dürmek Havzası Mansap Bölümü Erozyon Riskinin CORINE Yöntemi ile Belirlenmesi, COMU Journal of Agriculture Faculty, vol. 5, no. 1, pp. 39-47, 2017.
- [19] T. Everest, A. Sungur ve H. Özcan, MEDALUS Yöntemi Kullanılarak Karacabey Tarım İşletmesi Toprak Kalite İndeksinin Değerlendirilmesi, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, vol. 7, pp. 120-131, 2020. <https://doi.org/10.30910/turkjans.680030>.

- [20] E.H. Gholzom, H. Ahmadi, A. Moeini, and B. Motamedvaziri, Soil erosion risk assessment in the natural and planted forests using ICONA model and GIS technique, *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 19, no. 5, pp. 3947-3962, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03536-3>.
- [21] İ. Bayramin, O. Dengiz, O. Başkan, and M. Parlak, Soil Erosion Risk Assessment With ICONA Model: Case Study: Beypazarı Area, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 27, no. 2, pp. 105-116, 2003.
- [22] A. Aydın and H. B. Tecimen, Temporal soil erosion risk evaluation: A CORINE methodology application at Elmalı dam watershed, Istanbul, *Environmental Earth Sciences*, vol. 61, no. 7, pp. 1457-1465, 2010. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0461-2>.
- [23] S. Ediş, İ. Aytas ve A. U. Özcan, ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası Örneği, *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, vol. 7, no. 1, pp. 15-22, 2021. <https://doi.org/10.53516/ajfr.948519>.
- [24] H. Özvan, B. Arik, O. Satır ve P. Aslantaş, Bendimahı Alt Havzası Potansiyel Erozyon Riskinin CORINE ve ICONA Modelleri Kullanılarak Haritalanması, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, vol. 26, pp. 389-404, 2022. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1128828>.
- [25] H. Dutal, Determination of The Impact Of Forest Fires On Soil Erosion Risk By Using The ICONA Model: A Case Study Of Ayvalı Dam Watershed, *Turkish Journal of Forest Science*, vol. 6, no. 2, pp. 510-538, 2022. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1167356>.
- [26] K. Alparslan, Kaman Deresi Havzasının (Pütürge/Malatya) Erozyon Duyarlılık Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 2021.
- [27] O. Gökçe, Malatya Şiro Çayı Alt Havzası Erozyon Riskinin Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE) ile Tespit Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, 2019.
- [28] S. Karadoğan, Kuruluş Yeri Açısından Malatya ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, vol. 11, no. 1, pp. 27-56, 2001.
- [29] O. Demir, Malatya-İsmetpaşa-Akçadağ-Kürecik-Hekimhan-Arguvan-Karakaya Baraj Gölü Arasındaki Alanın Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları (Akçadağ Fayı Malatya-Karakaya Gölü Arası), TPAO Arama Grubu, Ankara, 31s. (Yayımlanmamış), 1997.
- [30] T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, İklim ve Bitki Örtüsü, Malatya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, [Online]. Available: <https://malatya.ktb.gov.tr/tr-58266/iklim-ve-bitki-ortusu.html> [Accessed: 18-Nov-2024].
- [31] M. T. Şengün, M. Siler ve F. Engin, Hidrografik ve Jeomorfolojik Analizlerde Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinin Kullanımı: Malatya Havzası Örneği, VIII. Coğrafya Sempozyumu, pp. 23-24, 2014.
- [32] F. Engin and M. T. Şengün, Darendede Ovası ve Yakın Çevresinde (Malatya) Jeomorfolojinin Toprak Üzerine Etkileri, *Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, pp. 491-505, Elâzığ: Fırat Üniversitesi Basımevi, 2017.
- [33] Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 1/500.000 Ölçekli Sivas ve Erzurum Jeoloji Haritaları, Ankara: MTA Yayınları.
- [34] V. Avcı, M. Sunkar ve A. Toprak, Malatya Kuzeydoğusunda Ballı ve Memikan Dereleri Arasındaki Sahanın Erozyon Duyarlılık Analizi, *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, vol. 10, no. 27, pp. 491-505, 2017. <https://doi.org/10.14520/adyusbd.329256>.
- [35] K. Herweg, Assessment of Current Erosion Damage: Field Manual. Soil Conservation Research Programme, Ethiopia, and Centre for Development and Environment, University of Berne, Switzerland, 1996.

