

Gümüşhane Meralarında Erozyon Probleminin ICONA Modeli ile İncelenmesi

Investigation of Gümüşhane Pastures Erosion Problem with ICONA Model

Ali İmamoğlu¹

Öz

Doğal bir süreç olan erozyon, insan faaliyetleriyle tehlikeli bir hale gelmiştir. Toprak kaybı, su ve bitki örtüsü kaybını da beraberinde getirerek tarım ve hayvancılığı olumsuz etkilemektedir. 1970'lerden itibaren fark edilen bu sorun, modern teknolojilerle daha doğru tespit edilebilmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri programları ile de bu konudaki çalışmalar hız kazanmıştır. Bu araştırma Gümüşhane ili meralarında mevcut erozyon durumunu ortaya koymak amacıyla, ICONA modeli kullanılmıştır. Model; eğim, jeoloji, arazi kullanımı ve arazi örtüsü katmanlarının bir araya getirilmesi ile sonuç haritası elde etmektedir. Modelin uygulanmasında ArcGIS 10.2.2 programı kullanılmıştır. Araştırma, modelin uygulanması ve arazi çalışmaları olmak üzere iki ana kısımdan oluşmaktadır. Gümüşhane'deki meralar, eğimli ve sert anamateryalden oluşan arazilerde yaygındır. Meraların bitki örtüsü yoğunluğu ise genellikle %50-75 oranında olup, ancak bazı bölgelerde bu oranın %25'in altına düştüğü tespit edilmiştir. Araştırma, meraların yaygın olarak orta seviyede erozyona maruz kaldığını (1417 km²), özellikle dik eğimli ve bitki örtüsü yoğunluğunun azaldığı alanlarda riskin arttığını göstermiştir. Ayrıca düşük seviyede erozyona maruz kalan meraların da bulunduğu (723 km²), buraların yem bitkilerinin hakim olduğu sağlıklı meralar olduğu görülmüştür. Araştırma, meralarda bitki örtüsünün korunmasının önemini vurgulamaktadır. Bitki örtüsünün azalması erozyonu hızlandırırken, geven gibi türler toprak koruma açısından kritik rol oynamaktadır. Elde edilen veriler doğrultusunda, erozyonla mücadele için bilinçli mera yönetimi ve koruyucu önlemler önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Erozyon, Mera, Gümüşhane, ICONA.

Abstract

Erosion, a natural process, has become hazardous due to human activities. Soil loss, along with the loss of water and vegetation, negatively impacts agriculture and livestock farming. Scientists and researchers have recognized this issue since the 1970s and can now identify it more accurately with modern technologies. Studies in this field have accelerated using Geographic Information Systems (GIS) programs. Researchers conducted this study to determine the current erosion status in the rangelands of Gümüşhane province using the ICONA model. The resulting map is obtained by combining the slope, geology, land use and land cover layers of the model. They implemented the model using the ArcGIS 10.2.2 program. The study consists of two main parts: the application of the model and fieldwork. In Gümüşhane, sloping terrains with hard parent material commonly contain rangelands. The vegetation cover density in these areas is generally between 50-75%, but in some regions, it has been observed to drop below 25%. The research indicates moderate erosion generally affects rangelands (1417 km²), while the risk increases in steeply sloped areas with reduced vegetation cover. Additionally, researchers found that some rangelands experience low levels of erosion (723 km²), particularly in areas dominated by forage plants, which are considered healthy pastures. The study highlights the importance of preserving vegetation cover in rangelands. While reducing vegetation accelerates erosion, plant species like Geven (*Astragalus* sp.) play a critical role in soil conservation. The study recommends conscious rangeland management and protective measures to combat erosion effectively based on the obtained data.

Keywords: Erosion, Pastures, Gümüşhane, ICONA.

Araştırma Makalesi [Research Paper]

Submitted: 05 / 06 / 2025

Accepted: 26 / 01 / 2026

¹ Doç. Dr., Sinop Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Sinop, Türkiye, aliimamoglu@yandex.com, ORCID: <https://orcid.org/> <https://orcid.org/0000-0001-9197-1029>.

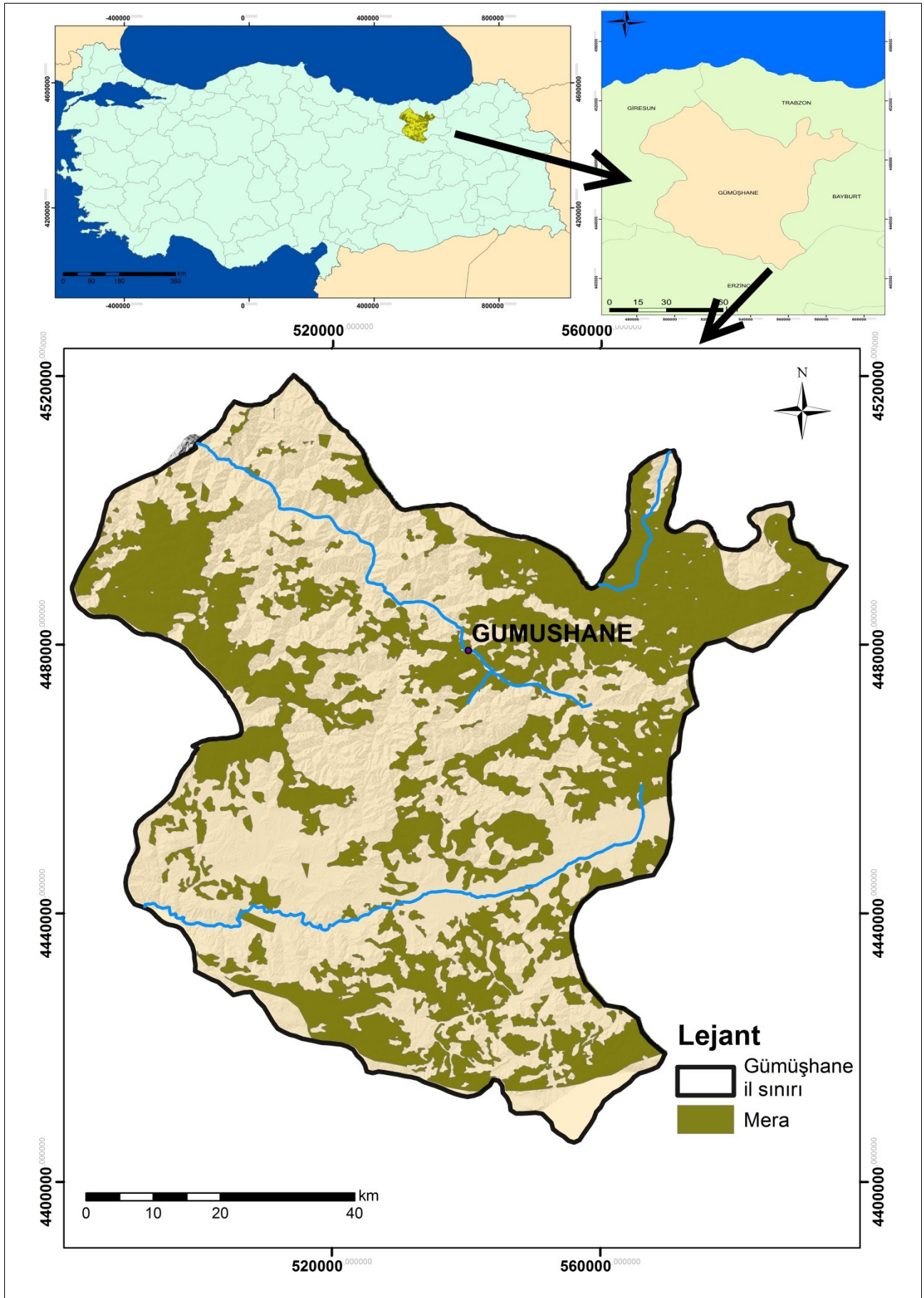
Giriş

Erozyon, doğal bir sürecin insan eliyle bir tehdite dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir. İnsan doğayı hızla tahrip etmekte, bu sebeple türlerin neslinin tükenmesi ya da yaşam alanlarının daralması gibi olaylara sebep olmaktadır (Chappell vd., 2019: 44; Herrick vd., 2019: 54). Bugün gelinen noktada çeşitli sebeplerle toprakların hızla tüketilmesi insan yaşamını da tehdit etmektedir. Yaşam alanları daralan ya da yaşam standardı düşen insanoğlu çare olarak doğal kaynakları daha fazla tüketmektedir. İçinde bulunduğumuz bu kısır döngü toplumları gönüllü olarak sömürü düzeninin bir parçası haline getirmektedir. Başka bir deyişle, insanoğlu doğal olanın zorluğu yerine, sentetik olanın kolaylığını tercih etmektedir. Bunun sonucunda besinler ve ana kaynak olan topraklar giderek daha büyük risk altında kalmaktadır. Toprağın kontrolsüzce sömürülmesi ilk olarak 1970'lerde tarım arazilerinde farkedilmiş ve verimli toprak kaybı ekolojik bir tehdit olarak ele alınmıştır (Alizadeh vd., 2022: 2). Toprak kaybı aynı zamanda onunla birlikte su ve bitki kaybı anlamına da gelmektedir. Verimli toprağın depolayabileceği su ve üzerindeki bitki örtüsü katmanını da erozyonla birlikte yok olmaktadır. Bu durum tarım ve hayvancılığı olumsuz etkilemekte, özellikle mera arazileri de yer yer ciddi erozyona uğrayarak zarar görmektedir. Erozyon ile ilgili araştırmalar temelde problemin tespit edilmesi ve toprak koruma önlemlerinin alınması şeklinde iki grupta ele alınabilir. Problemin tespiti aşaması, gerçekçi bilgilerin elde edilebilmesi açısından oldukça zordur. Yaklaşık 2000'li yıllardan itibaren hayatımıza giren Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile bu zorluk nispeten aşılmış ve tahminler daha gerçekçi hale gelmiştir. CBS ile birlikte modelleme çalışmaları hız kazanmış, ülkemizde ve dünyada farklı modellerle birçok araştırma yapılmıştır (Vallebona vd., 2016; İmamoğlu vd., 2017; Han vd., 2019; İmamoğlu ve Dengiz, 2020; Hatipoğlu ve Uzun, 2020; Ediş vd., 2021; Gürgöze vd., 2022; Özvan vd., 2022; Karakoca, 2025). Ayrıca, erozyon gibi çevresel zorlukların doğal peyzajları önemli ölçüde değiştirdiği göz önünde bulundurulduğunda, kapsamlı bir jeosit değerlendirmesi ve yönetiminin önemi ortaya çıkmaktadır (Eraslan vd., 2023). Erozyon araştırmalarında tercih edilebilecek RUSLE, WEPP, LEAM gibi birçok yöntem olmasına rağmen bu araştırma da "Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde başarıyla uygulanarak doğruluğu onaylanmış" (Bayramın vd., 2003) ICONA modeli tercih edilmiştir. Model genellikle büyük alanlarda farklı arazi kullanımlarını bir arada ele alsa da bu çalışma mera arazileri özelinde gerçekleştirilmiştir. Yöntem hızla sonuç alınabilmesi ve alana yönelik çabuk çözüm üretilmesi sebebiyle tercih edilmektedir. Son yıllarda biyosferde meydana gelen olumsuz durumlar meraları da etkilemekte ve meraların sahip olduğu bitki vejetasyonu hızla azalmaktadır (M. Sürmen vd., 2020). Meralarda ıslah amenajman tekniklerinin uygulanmaması, istilacı türler, yanlış otlatma gibi sebeplerle meraların aşırı kullanımı söz konusudur. Bu durum meraların erozyona açık hale gelmesine de davetiye çıkarmakta ve toprak hızla zarar gördüğü için meralar bozulmaktadır. Araştırmaya konu olan Gümüşhane ili mera arazilerinde çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiş, ilin meralarının orta derecede sağlıklı olduğu, yer yer erozyona açık olduğu tespit edilmiştir (B. Sürmen vd., 2020). Çöçen vd., (2014) yaptıkları araştırmada bölgedeki meralarda 45 bitki türünün yoğun olarak bulunduğu görülmüştür. Gümüşhane meralarının önemli bir kısmının erozyona maruz kaldığı öngörülmüştür. Çalışmanın amacı Gümüşhane ili mera arazileri erozyon durumunun ICONA yöntemi ile tespit edilerek meralardaki erozyon duyarlılığını ortaya koymaktır.

1. Materyal Metot

1.1. Araştırma Sahası Yeri ve Sınırları

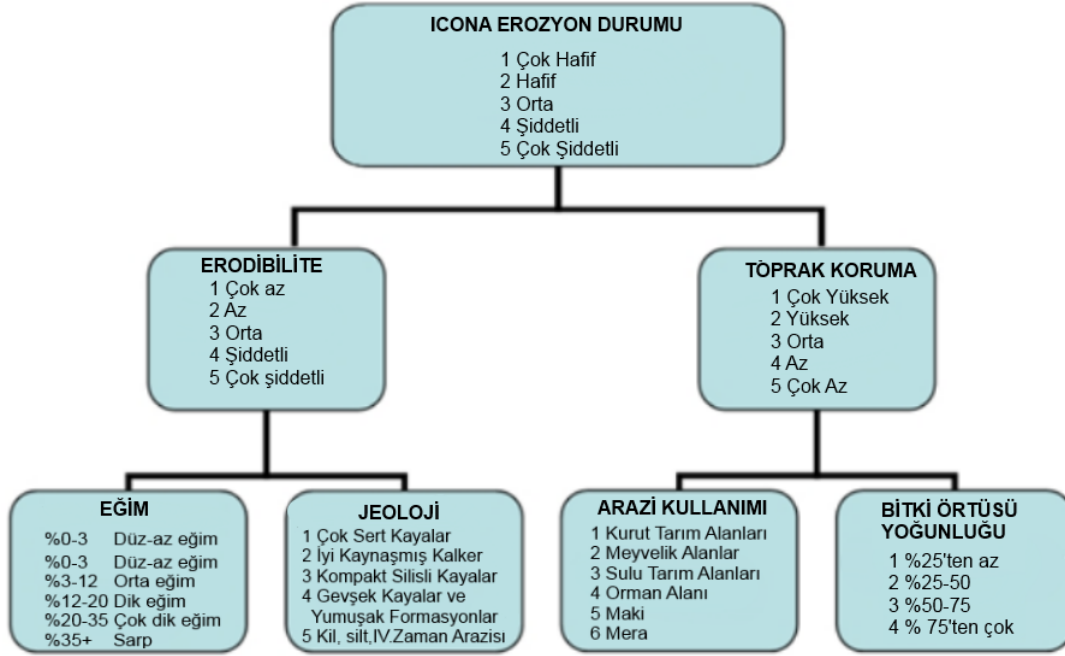
Karadeniz Bölgesi'nin, Doğu Karadeniz Bölümü'nde bulunan Gümüşhane ili; Bayburt, Giresun, Trabzon ve Erzincan illeri ile komşudur. Bu araştırma Gümüşhane mera topraklarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Toplam alanı 6575 km² olan Gümüşhane ili arazilerinin, 2818 km²'si meralardan oluşmaktadır. İl arazilerinin kuzey kesiminde dağlık alanlar hakimken, güneyde ise Harşit Çayı tarafından yarılmış araziler bulunmaktadır. Genel olarak dağlık ve engebeli bir topografya hakimdir. Bu sebeple tarım alanları daha çok Harşit Çayı vadisi gibi vadilerde yapılır. Mera ve orman alanları geniş yer tutmaktadır.



Şekil 1. Araştırma Alanı Lokasyon Haritası

1.2. Yöntem

Çalışma, modelin işletilmesi ve elde edilen sonuçların arazi çalışmalarında gözlemlenmesi şeklinde iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada sahaya ait kartografik materyaller elde edilmiş ve Şekil 2'deki değerlere göre düzenlenmiştir. Daha sonra sahaya ait haritalar yöntemde belirtilen matrislere göre Union işlemine tabi tutulmuş ve yeni haritalar elde edilmiştir. Ofis çalışmalarında ArcGIS 10.2.2 programı kullanılmıştır. ICONA erozyon modeli haritası, eğim ve litoloji haritalarının birleştirilmesiyle elde edilen erodibilite haritası ile arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğu haritalarının birleştirilmesi ile elde edilen toprak koruma haritalarının birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2. İCONA Akış Diyagramı.

Yöntem esnasında Raster haritalar sırasıyla Reclassify, Raster to Polygon, Dissolve işlemlerine tabi tutulmakta ve Union işlemleri elde edilen poligon haritalar ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler sırasında eğim ve litoloji katmanlarının birleştirilmesinde Tablo 1., Arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğu haritalarının birleştirilmesinde Tablo 2., bu iki haritanın birleştirilmesi sırasında ise Tablo 3. de gösterilen matrisler uygulanmıştır.

Tablo 1. Erodibilite Haritası Karar Matrisi (ICONA 1997'ye göre sınıflandırılmıştır).

Eğim	Jeoloji Sınıfları				
	1	2	3	4	5
(1) NS	(1) EN	(1) EN	(1) EN	(1) EN	(2) EB
(2) SM	(1) EN	(1) EN	(2) EB	(3) EM	(3) EM
(3) MA	(2) EB	(2) EB	(3) EM	(4) EA	(4) EA
(4) AM	(3) EM	(3) EM	(4) EA	(5) EX	(5) EX
(5) MM	(4) EA	(4) EA	(5) EX	(5) EX	(5) EX

Tablo 2. Arazi Kullanımı, Bitki Örtü Yoğunluk Grupları, Açıklamaları ve Karar Matrisi (ICONA 1997'ye göre sınıflandırılmıştır)

Arazi Kullanımları		Bitki Örtü Yoğunlukları			
		(1) %0-%25	(2) %25- %50	(3) %50- %75	(4) %75- %100
Kuru Tarım	(1)	(5) MB	(5) MB	(4) B	(4) B
Meyvelik	(2)	(5) MB	(5) MB	(4) B	(3) M
Sulu Tarım	(3)	(3) M	(2) A	(1) MA	(1) MA
Orman	(4)	(4) B	(3) M	(2) A	(1)MA
Maki	(5)	(5) MB	(4) B	(3) M	(2) A
Mera	(6)	(5) MB	(4) B	(3) M	(2) A

MA: Çok Yüksek, A: Yüksek, M: Orta, B: Az, MB: Çok Az

Tablo 3. ICONA Haritası Matrisi (ICONA 1997'ye göre sınıflandırılmıştır)

ICONA	Erodibilite Seviyesi				
Toprak Koruma Düzey	1(EN)	2(EB)	3(EM)	4(EA)	5(EX)
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

(1): Çok Hafif; (2): Hafif; (3): Orta; (4): Şiddetli; (5): Çok Şiddetli Erozyon.

Bitki yoğunluğu haritasının üretilmesi ise ayrıca bir yöntem olup USGS Earth Explorer web sitesinden indirilen 08.20.2020 tarihli yaz mevsimi Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu işlemler sırasında kızılötesi bant (NIR) ile kırmızı bant (RED) kullanılmış ve aşağıda belirtilen formüle göre işlem gerçekleştirilmiştir. (Gessesse ve Melesse, 2019). NDVI haritası -1 ila 1 arasında değer almakta (+) değere yaklaştıkça bitki örtüsü gürleşmektedir.

$$\text{Formül: } NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

2. Bulgular

2.1. Toprak Erozyonu

İnsanların yüzyıllardır sömürdüğü ve giderek verimsizleşen toprak (Saygin ve Dengiz, 2023:3) uzun süreçte oluşan ve sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi mümkün temel bir kaynaktır (Saygin vd., 2023). Bu kaynağın sürdürülebilir kullanımı erozyon probleminin ortadan kalkması ile mümkündür. Meralarda erozyonun artması bitki örtüsünün de ortadan kalkması anlamına gelmekte, bitki örtüsünün azalması türlerin bozulması gibi sebepler sonucunda ise sahada ciddi erozyonel şekiller ortaya çıkmaktadır. Müdahale edilmeyen yerlerde yarıntı erozyonu gelişerek meralar geri döndürülemez biçimde zarar görmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. a) Bitki Örtüsü Yoğunluğunun Azaldığı Yerlerde Hakim Yüzey Erozyonu. b) Kuzeydeki Mera Arazilerinde Görülen Yarıntı Erozyonu. c) Gümüşhane-Bayburt Sınırı Vauk Dağı Geçidi Yakınlarında Yarıntı Erozyonu.

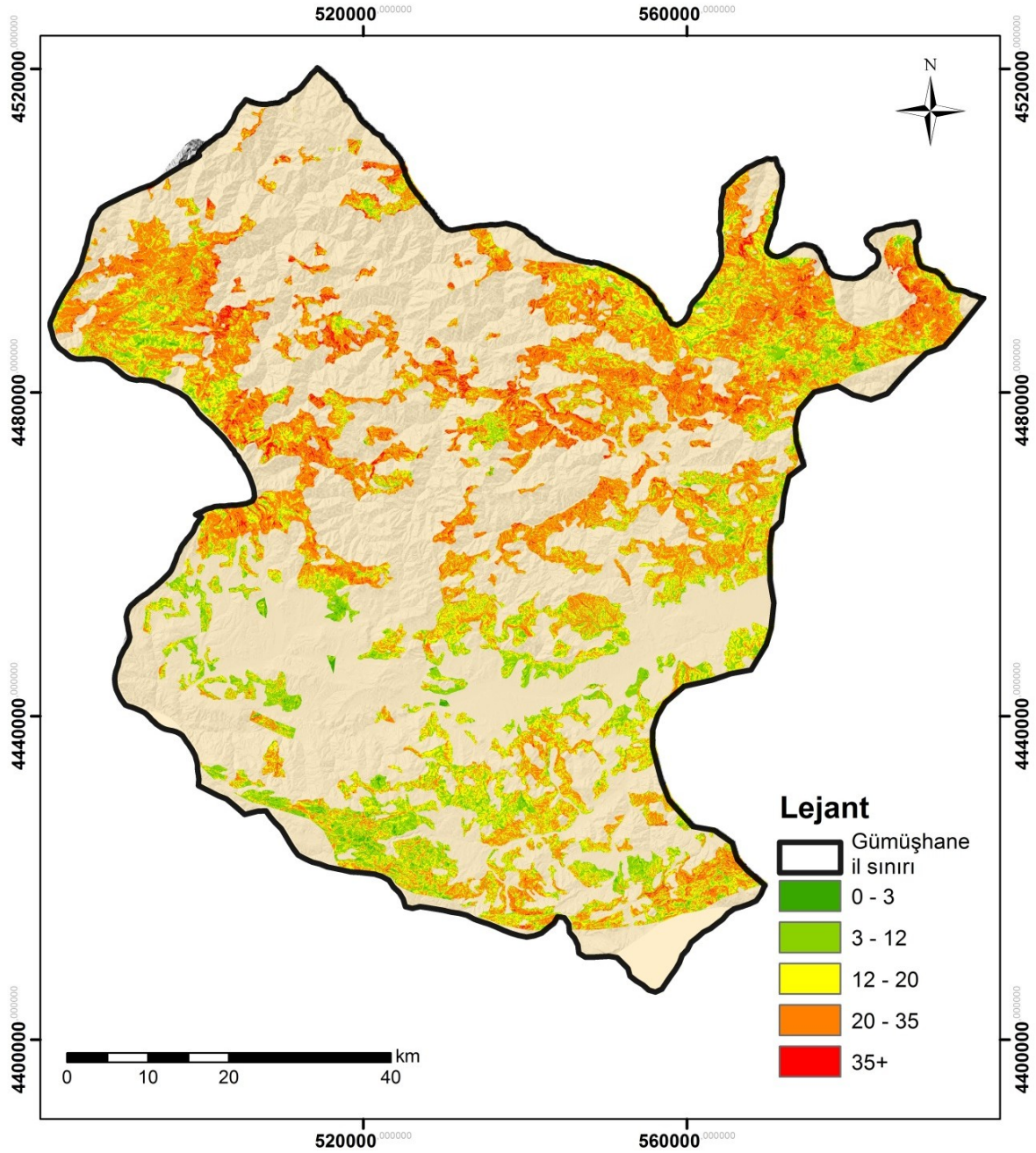
2.2. ICONA Erozyon Modeli

2.2.1. Eğim

Eğim erozyonun önemli sebeplerinden biridir. Yüzeysel akışa geçen sular toprağı da beraberinde sürerek ortamdaki uzaklaştırmakta, dolayısıyla ortamda toprak ve bitkinin tutunmasını engellemektedir. Ursavaş ve Ediş, (2024) yaptıkları araştırmada eğimin bitki türlerini ortamdaki uzaklaştırdığını hatta ortamda yosunların tutunmasını da engellediğini tespit etmişlerdir. Araştırma sahasında eğim durumu ise büyük oranda dik ve çok dik arazilerden meydana gelmektedir. Özellikle kuzeydeki dağlık alanlarda yoğunlaşan mera arazilerinde eğim değerleri daha yüksektir (Şekil 4). Sahanın yaklaşık %20'sinde ise düz ve hafif dalgalı ile orta sınıfta eğimli araziler bulunmaktadır.

Tablo 4. Araştırma Alanı Eğim Değerleri

Tanım	Sınıf	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Düz ve hafif dalgalı	0-3	37	1,32
Orta	3-12	544	19,3
Dik	12-20	877	31,12
Çok dik	20-35	1262	44,8
Aşırı	35+	97	3,45
Toplam		2818	100



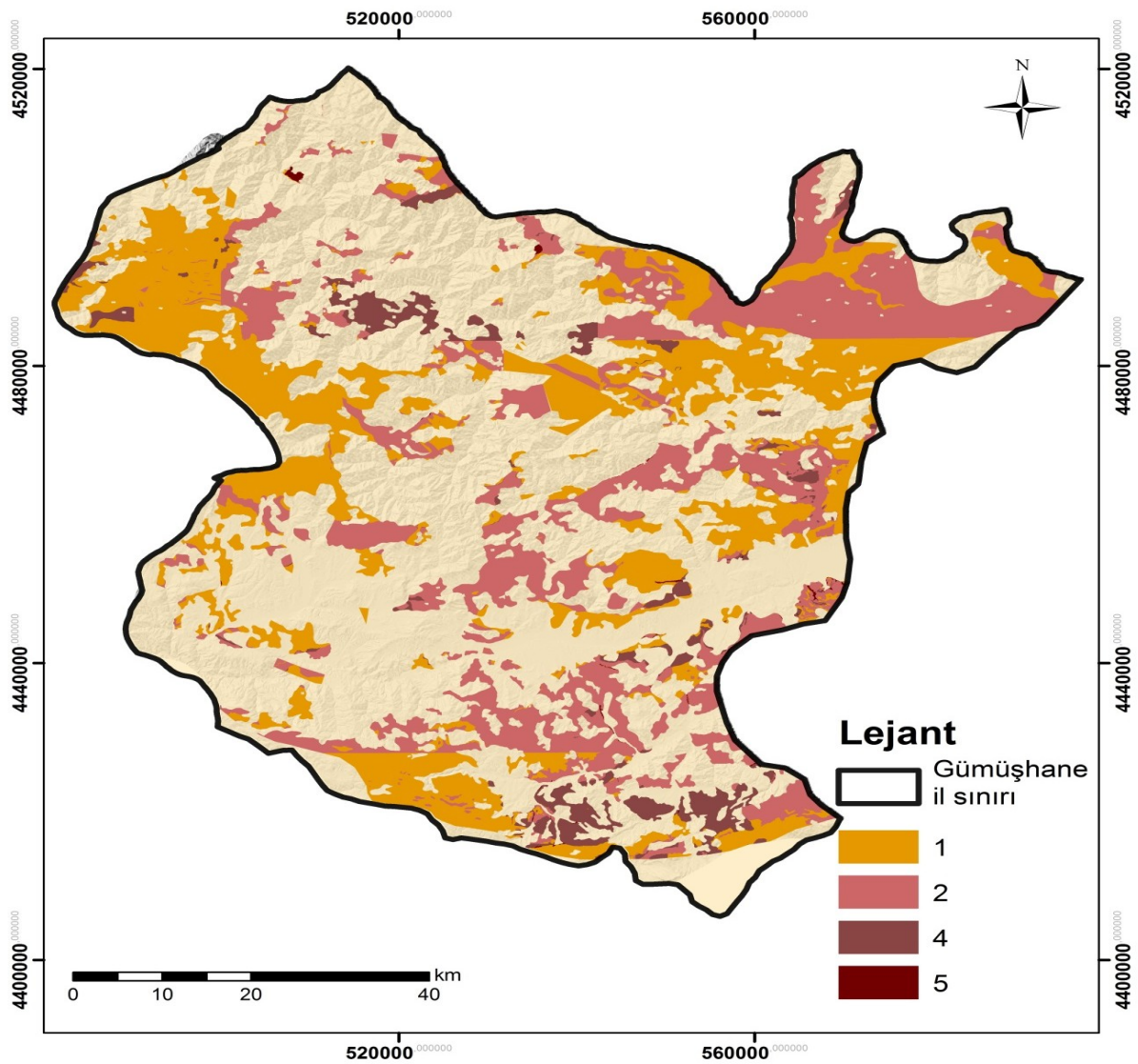
Şekil 4. Araştırma Sahasının Eğim Haritası

2.2.2. Jeoloji

Erozyonel süreçler arazi kullanım özelliklerinden etkilense de tekstür strüktür gibi bazı toprak fiziksel özellikleri esas olarak ana materyalden etkilenmektedir (Bashari vd., 2024). Araştırma sahasında genellikle kaynaşmış ve sert kayalar bulunmakta, az bir alanda ise gevşek ve yumuşak kayalar bulunmaktadır. Sert kayaları temsil eden 1. Sınıf araziler meraların yaklaşık yarısında karşımıza çıkmaktadır (Tablo 5). İlin kuzeyinde bulunan alanlar daha çok sert volkanik kayalardan meydana gelmiş, güneydeki meralarda ise yer yer kalker, riylit gibi kayalar bulunmaktadır (Şekil 5).

Tablo 5. Araştırma Sahası Jeoloji Sınıfları

Sınıf	Alan (km ²)	Yüzde (%)
1	1388	49,23
2	1205	42,87
3	-	-
4	217	7,64
5	8	0,26
Toplam	2818	100



Şekil 5. Araştırma Sahası Jeoloji Sınıfları Haritası

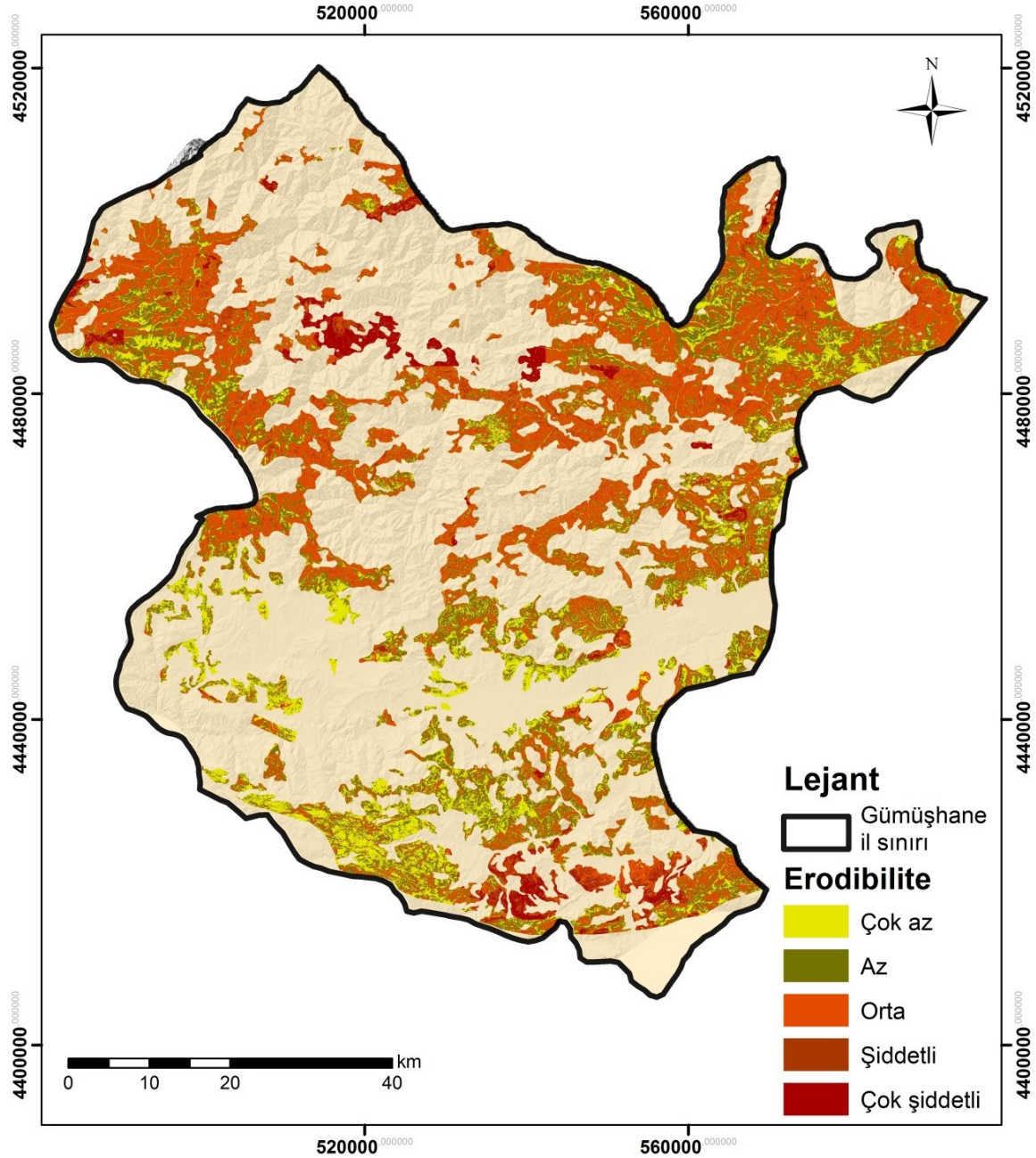
2.2.3. Toprak Aşınımı

Eğim ve jeoloji haritalarının birleştirilmesi sonucu toprak aşınımı haritası elde edilmiştir. Bu harita eğim ve jeolojik katmanlara göre sahanın erozyon potansiyeli haritası olarak nitelendirilebilir. Haritaya göre mera arazilerinin yaklaşık

%44'ünde orta seviyede erozyon potansiyeli mevcuttur (Tablo 6). Derin vadilerin olduğu küçük bir alanda ise erozyon potansiyeli yüksek ve çok yüksek sınıfındadır. Kuzeyde dağlık alanlarda bulunan meralar eğim değerlerinin de nispeten yüksek olduğu alanlara karşılık gelmektedir (Şekil 6).

Tablo 6. Potansiyel Erozyon Riski

Tanım	Sınıf (km ²)	Alan (%)
Çok az	524	18,59
Az	809	28,71
Orta	1228	43,58
Yüksek	156	5,54
Çok yüksek	101	3,58
Toplam	2818	100



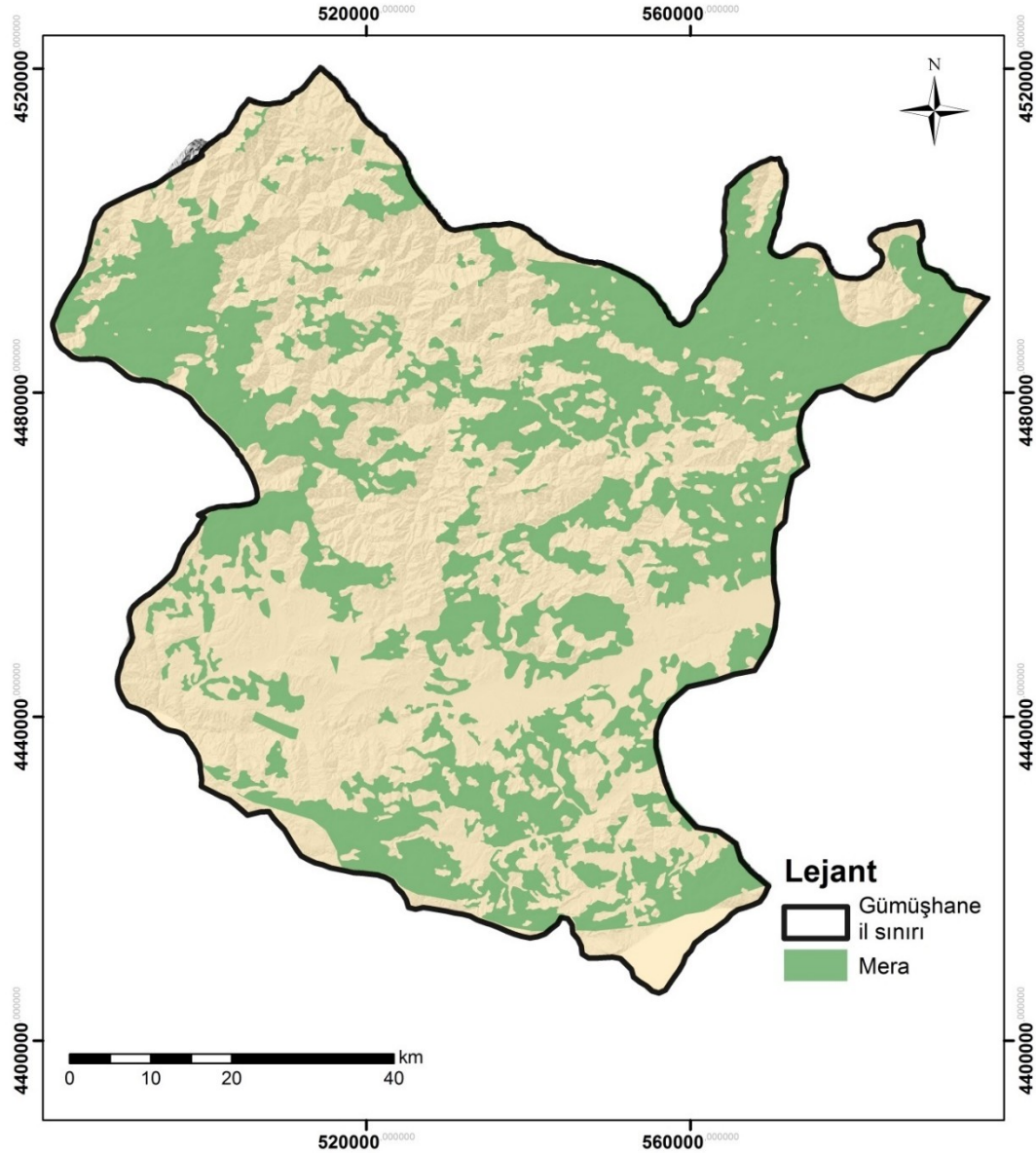
Şekil 6. Araştırma Sahası Potansiyel Erozyon Risk Sınıfları Haritası.

2.2.4. Arazi Kullanımı

Arazi kullanım türü, iklime bağlı olarak erozyon, sel, taşkın gibi sorunları çeşitli boyutlarda etkilemektedir (Ediş ve Ulaş, 2017). Bu araştırma bir arazi kullanımını ele almış; çalışmada arazi kullanım türü, meralar olarak belirlenmiştir. Mera arazilerinin toplam alanı 2818 km² olup yüksek arazilerde yoğunlaşmaktadır (Tablo 7, Şekil 7). Yörede mera hayvancılığı önemli olup, Gümüşhane ili mera arazilerinin çokluğu bakımından çevresindeki illere göre daha avantajlıdır. Meraların bir kısmı tarım arazilerinin verimini yitirmesi ya da başka sebeplerle terk edilmesi sonucu meralara dönüşmüş alanlardır. Bu tür alanlarda erozyonun şiddetinin zamanla arttığı farklı araştırmalarda ortaya konmuştur (Ağır vd., 2017; Eraslan vd., 2017; Dengiz vd., 2019).

Tablo 7. Gümüşhane İli Mera Arazilerinin Alanı

Tanım	Sınıf (km ²)	Alan (%)
Mera	2818	100



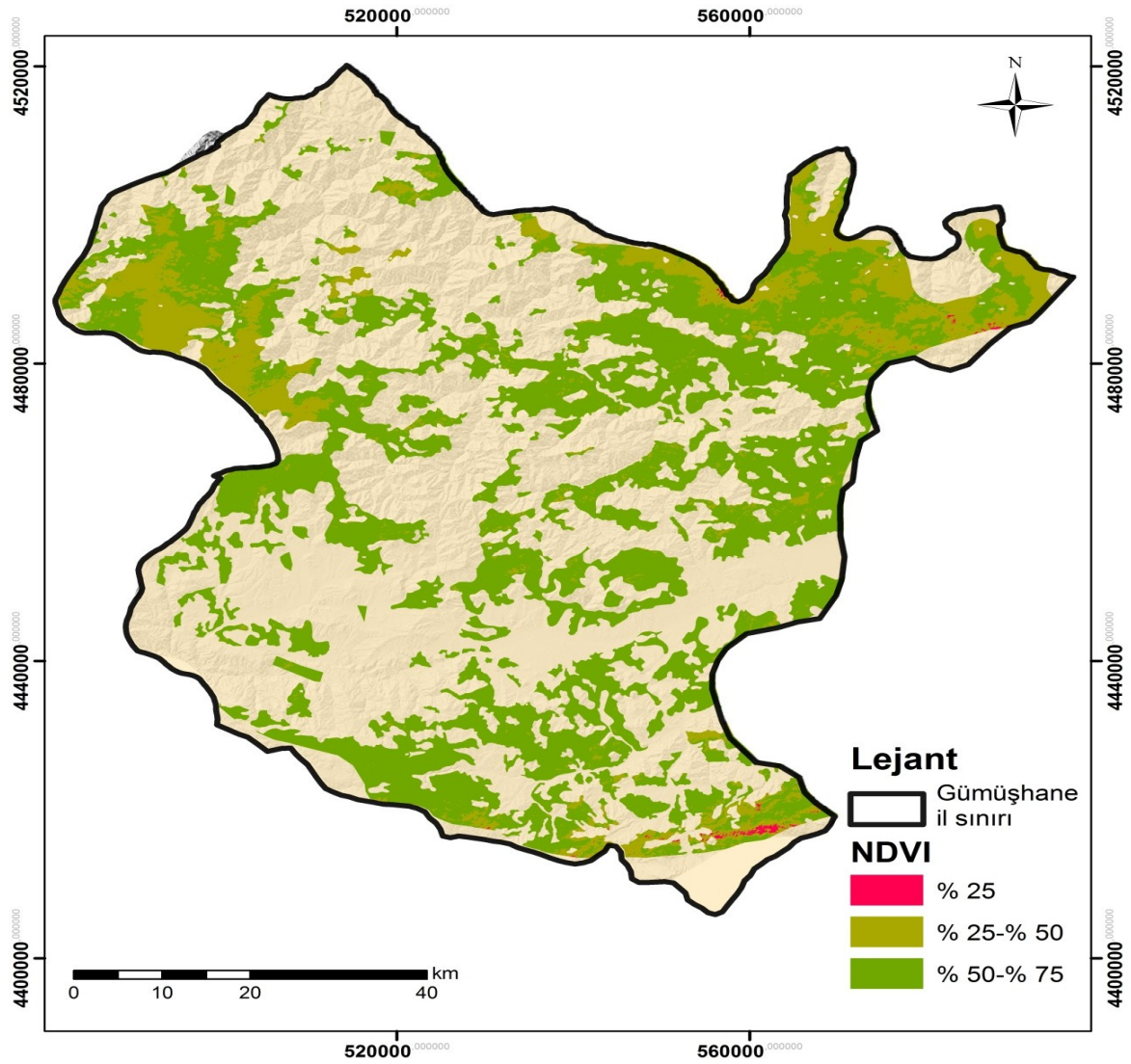
Şekil 7. Araştırma Sahası (Mera Arazileri) Haritası

2.2.5. Bitki Örtüsü Yoğunluğu (NDVI)

Bitki örtüsü yoğunluğu yöntemde belirtildiği şekilde hazırlanmış ve ortaya çıkan harita 4 sınıfa ayrılmıştır. Araştırma sahasında 4. Sınıf bitki örtüsü yoğunluğuna sahip alan bulunmamaktadır. Bu sınıf orman alanlarına karşılık gelmektedir. Meralarda önemli miktarda alanın %50-%75 aralığında örtü yoğunluğu olduğu tespit edilmiştir (Tablo 8, Şekil 8). Bu durum B. Sürmen vd., (2020)'nin yaptığı çalışma ile karşılaştırılmış ve meraların sağlık durumu ve mevcut bitki türleri göz önüne alındığında bu durum normal kabul edilmektedir. Aynı araştırma meralarda bitki örtüsü ile kapalılık oranını ortalama %67 olarak bulmuş ve bu çalışma da benzer sonuçlar elde etmiştir. Arazilerin yaklaşık %21'i ise %25- %50 bitki örtüsü yoğunluğuna sahip alanlardır (Tablo 8). Bu araziler sahanın kuzey kesimlerinde yer alan dağlık alanlardaki meralar ile ilin en güneyindeki yüksek arazilerdeki meralardır. 1. sınıf araziler ise büyük oranda çıplak alanlara karşılık gelmekte olup bu sahalarda mera arazileri sınıfına girmemektedir. Sahada %24'in altında örtü yoğunluğu olan alanlar sahanın %1'inden daha azdır.

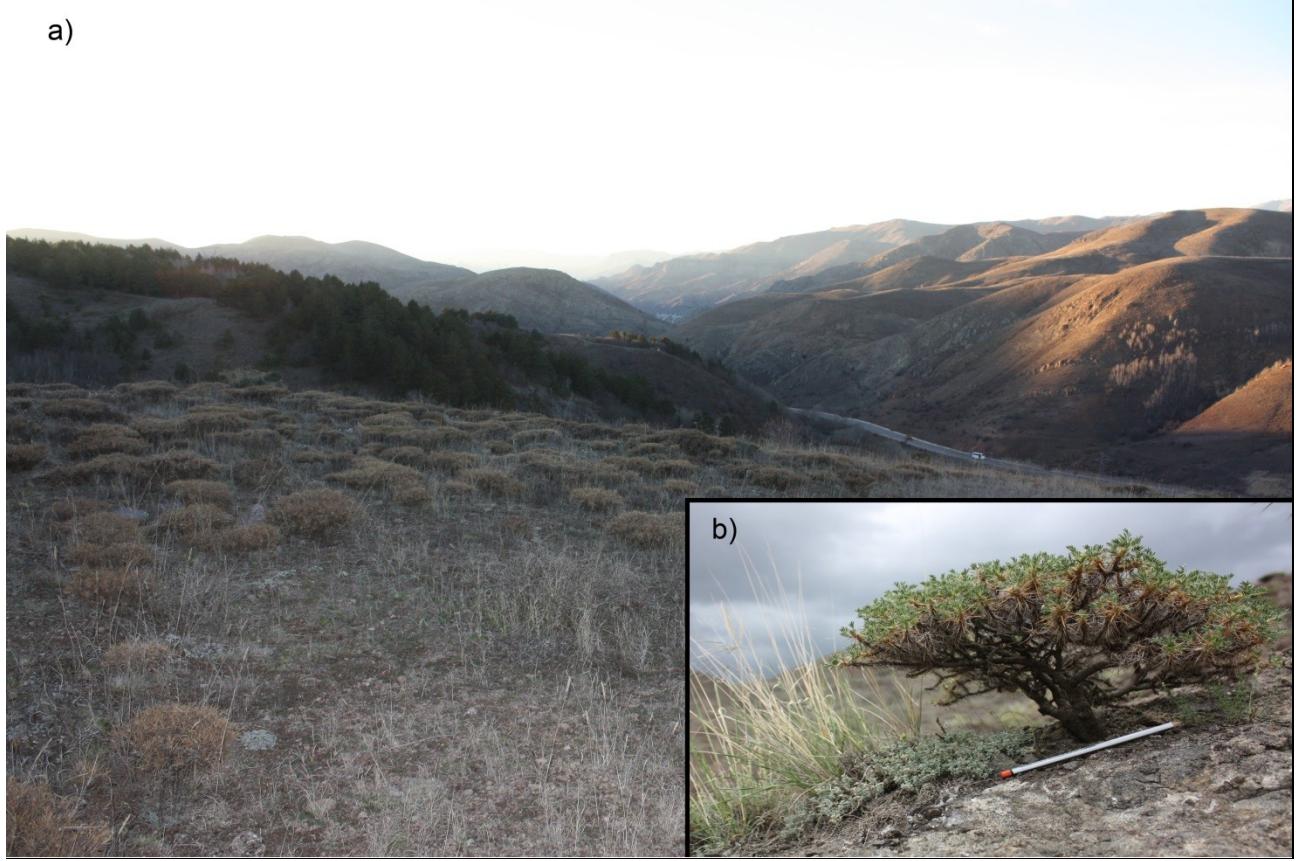
Tablo 8. NDVI Bitki Örtüsü Yoğunluğu Alansal ve Oransal Dağılımı (ICONA 1997'ye göre sınıflandırılmıştır).

NDVI bitki örtüsü yoğunluğu sınıfı	Alan (km ²)	Yüzde (%)
(1) %0-%25	8	0,27
(2) %25- %50	598	21,21
(3) %50- %75	2212	78,51
(4) %75- %100	-	-
Toplam	2818	100

**Şekil 8. NDVI Analizi Haritası**

Araştırma sahasında bitki örtüsü yoğunluğunu arttıran önemli bitkilerden bir tanesi Geven (*astragalus sp.*)'dir. Bu bitki türü aynı zamanda erozyonu önleyici bir bitki olması sebebiyle meralarda koruyucu etki sağlamaktadır. Öte yandan ülkemizin birçok kesiminde olduğu gibi Gümüşhane de de gevenlerin zaman zaman yakacak ya da hayvan yemi olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu amaçlarla gevenlerin sökülmesi araziye savunmasız bırakmaktadır. Sağanak yağışlar

karşısında yüzey erozyonunu önleyen, kökleriyle de toprağı sıkıca kavrayan bu bitki önemli bir toprak koruma katmanıdır (Şekil 9).



Şekil 9. a) Saha Kuzeyindeki Arazilerde Gevenlerin (*Astragalus Sp.*) Yayılış Gösterdiği Bir Mera. b) Geven (*Astragalus Sp.*)

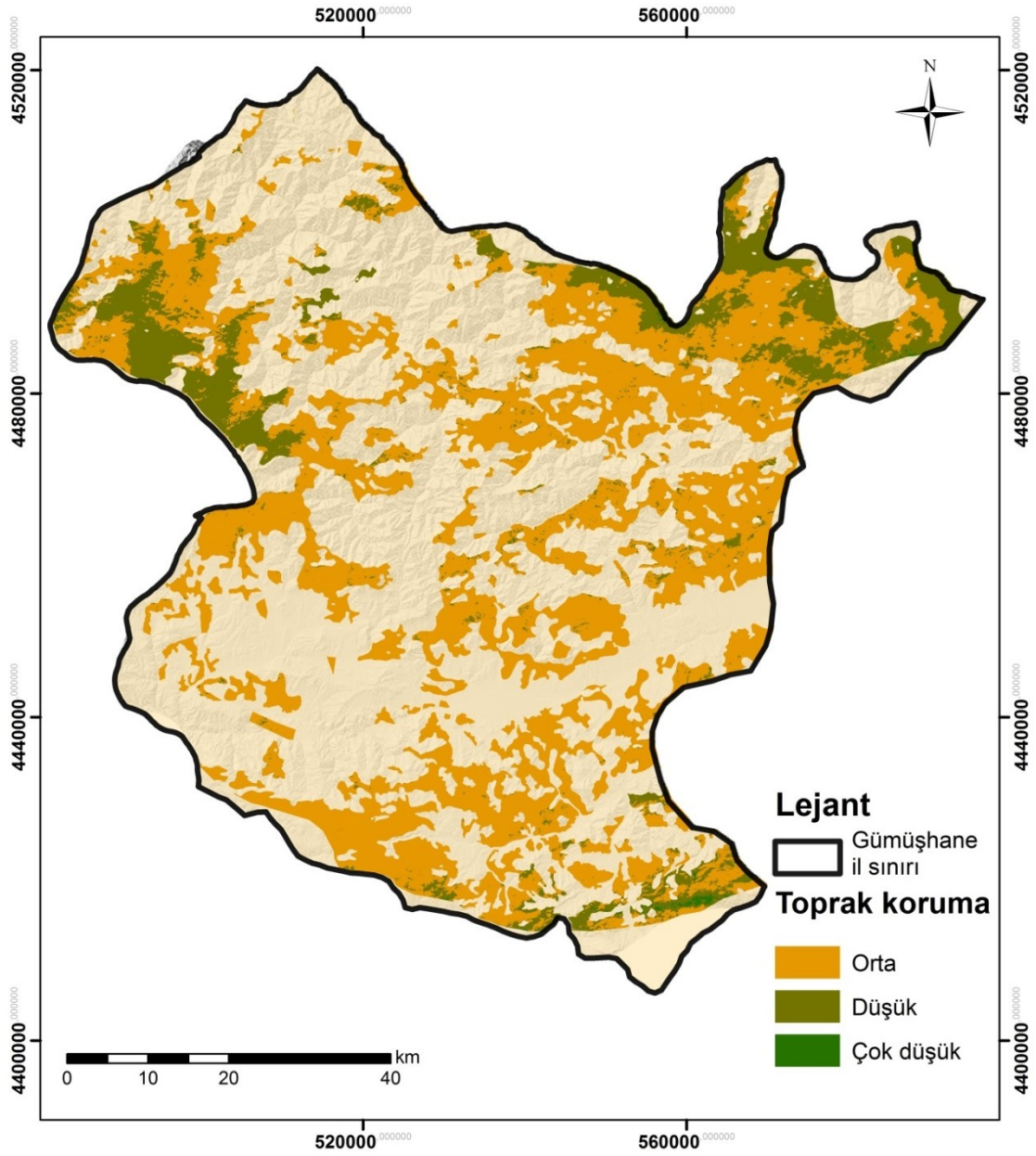
2.2.6. Toprak Koruma

Mera arazileri ile NDVI haritası birleştirilmiş ve toprak koruma haritası elde edilmiştir. Toprak korumanın sahanın yaklaşık %78'inde orta seviyede, %21'inde ise düşük seviyede olduğu görülmüştür (Tablo 9). Düşük koruma olan alanlar bitki örtüsü yoğunluğunun da az olduğu kuzeydeki ve güneydeki dağlık alanlardaki meralara karşılık gelmektedir (Şekil 10). Orta derece koruma alanları genellikle bitki örtüsü yoğunluğunun %50'nin üzerinde olduğu alanlara tekabül ettiği görülmüştür. Buda meralardaki bitkilerin koruyucu etkisinin önemini göstermektedir. ICONA modelinde %25 den yüksek bitki örtüsü yoğunluğu olan yerlerde korumanın daha yüksek olduğu farklı çalışmalarda görülmüştür (Bayramın vd., 2003; Dengiz vd., 2014; Bilgiç ve Er, 2024). Dutal da (2022) yaptığı araştırmada bitki örtüsünün yangınla ortadan kalkmasının sonuçları çok yüksek düzeyde değiştirdiğini ortaya koymuştur.

Tablo 9. Toprak Koruma Sınıfları

Tanım	Sınıf	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Çok yüksek	1	-	-
Yüksek	2	-	-
Orta	3	2212	78,51
Düşük	4	598	21,21
Çok düşük	5	8	0,27

Toplam	2818	100
--------	------	-----



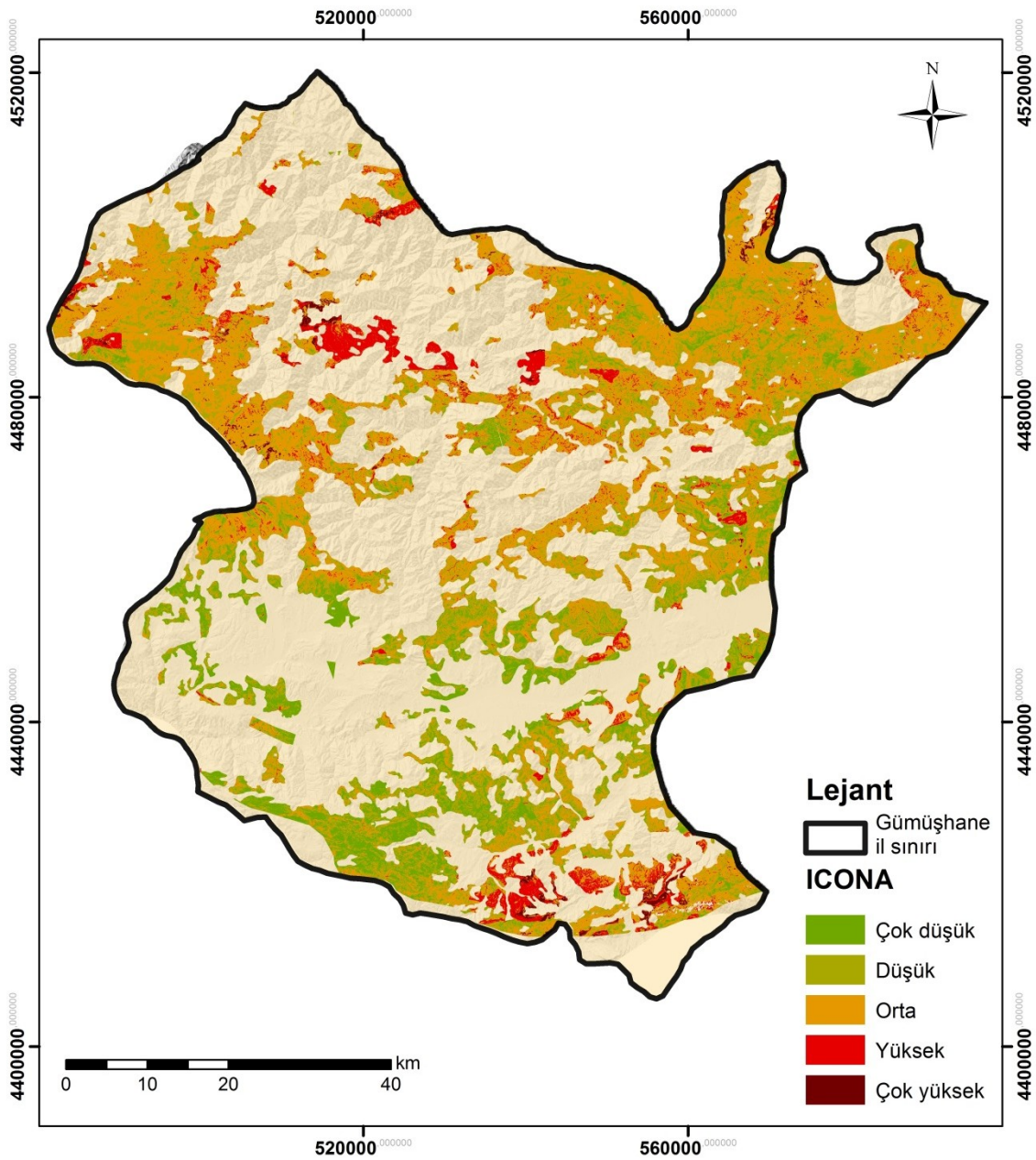
Şekil 10. Toprak Koruma Haritası

2.2.7. ICONA erozyon durumu

Erodibilite ve toprak koruma haritalarının karşılaştırılması ile sahanın ICONA erozyon duyarlılığı haritası oluşturulmuştur. Sonuç haritasına göre sahada çok düşük erozyon sınıfının %14,76, düşük erozyon sınıfının ise %25,66 olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 10). Bu durum ilin meralarının yaklaşık %40'ında erozyonun bir problem teşkil etmediğini ortaya koymaktadır. Sahanın %50'sinde ise orta derece erozyon varlığı tespit edilmiştir. Yüksek ve çok yüksek erozyon sınırları ise sahada toplam %9'luk bir alanda görülmektedir. Bu alanlar daha çok erodibilitenin yüksek olduğu alanlara karşılık gelmekte, güneydeki eğimin yüksek olduğu alanda yoğunlaşmaktadır (Şekil 11).

Tablo 10. ICONA Sınıfları

Tanım	Sınıf	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Çok düşük	1	416	14,76
Düşük	2	723	25,66
Orta	3	1417	50,28
Yüksek	4	216	7,67
Çok yüksek	5	46	1,63
Toplam		2818	100,00



Şekil 11. Araştırma Sahası ICONA Haritası

Sonuç ve Değerlendirme

Bitki örtüsü yoğunluğunun azalması bütün arazi kullanımlarında erozyonu şiddetlendiren önemli faktörlerdendir (Saygin vd., 2019; Ulu Agır vd., 2019). Bu çalışma da erozyonun karşısında duran önemli faktörlerin başında bitki örtüsü yoğunluğunun olduğu tespit edilmiştir. Reis vd. (2017)'nin ICONA modeli ile Kahramanmaraş'ta yaptıkları araştırmada da en çok erozyonun meralar ve çıplak alanlarda görüldüğü tespit edilmiştir. Araştırma alanında, düşünülen aksine mera arazilerinde de bitki yoğunluğunun yüksek olabildiği ve erozyonun kontrol edilebilir seviyede olduğu görülmüştür. Mera arazilerinde eğimin yükseldiği yerler de diğer faktörler ne kadar koruyucu olsa da erozyon şiddetinin arttığı görülmüş, arazide yapılan gözlemlerde bazı meralarda sürecin hızla yüksek erozyon şiddeti olan alanlara doğru evrildiği görülmüştür. B. Sürmen vd., (2020) tarafından meraların sağlık durumlarının ve bazı çevresel özelliklerinin ortaya konulduğu çalışma da Riskli sınıfta görülen meralar ile burada ortaya çıkan yüksek ve çok yüksek erozyon riski görülen yerler büyük oranda örtüşmektedir. Adı geçen çalışma da yapılan erozyon haritası ise benzer sonuçlar vermekle birlikte ICONA modelinin sonuçları sahada yapılan araştırmalar ile daha fazla uyum göstermektedir. Burada ICONA modelinin az veri ile yüksek doğruluklu sonuçlar elde ettiği görülmektedir. Sahada yapılan gözlemlerle doğrulanan erozyon durumu modelin başarısını göstermektedir. Özvan vd. (2022), yaptıkları çalışmada ICONA ve CORINE modellerini aynı sahada uygulamış ve ICONA modelinin daha az veriyle yüksek doğruluk elde ettiğini tespit etmiştir. Meraların yanlış kullanımının (aşırı otlatma, yanlış otlatma) bu değerleri hızla yükseltebileceği göz ardı edilmemelidir. Öte yandan Sürmen ve Kara (2018)'ya göre meralardaki hayvan varlığının azalması ile birlikte bu tür riskler ortadan kalkmıştır. Fakat meralarda hayvancılığın azalması, türlerin istilası gibi sonuçlar doğurarak meraları giderek daha erozyon direnci düşük alanlar haline getireceği bu durumun da hayvancılık faaliyetlerini daha fazla kısıtlayacağı unutulmamalıdır. Bu durum kuzeydeki yer yer erozyon durumunun yüksek olduğu mera arazilerinde gözlemlenmiş, bu meralarda istilacı türlerin fazla olduğu görülmüştür. Bir diğer önemli problem ise sahadaki geven (*astragalus sp.*) türlerinin tahrip edilmesidir. Meraların sağlıklı yönetilmesi açısından bu tür insan müdahalelerinin önüne geçilmesi oldukça hassas bir konudur. Yakacak ve yem temini konusunda yerel halkla birlikte çözüm üretilmeli, türlerin yakacak ya da hayvan yemi amacıyla sökülmesinin önüne geçilmelidir. Yoksa düşük erozyon riski olan alanlar da hızla şiddetli erozyona maruz kalacaktır. Fotoğraflarda arazinin yer yer erozyona ne kadar açık hale gelebileceği ortaya konulmuş ve bazı alanlarda ciddi önlemler alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynakça

- Agır, S. U., Kutbay, H. G., Surmen, B., & Elmas, E. (2017). The effects of erosion and accretion on plant communities in coastal dunes in north of Turkey. *Rendiconti Lincei*, 28(1), 203-224. <https://doi.org/10.1007/s12210-017-0599-x>
- Alizadeh, M., Zabihi, H., Wolf, I. D., Langat, P. K., Pour, A. B., & Ahmad, A. (2022). 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*, 81(21), 512. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10634-z>
- Bayramin, İ., Dengiz, O., Baskan, O., & Parlak, M. (2003). Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Beypazarı area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27(2).
- Bashari, H., Boali, A., & Soltani, S. (2024). Accommodating uncertainty in soil erosion risk assessment: Integration of Bayesian belief networks and MPSIAC model. *Natural Hazards Research*, 4(1).
- Bilgiç, S., & Er, S. (2024). Malatya İlinde ICONA Yöntemi ile CBS ve Uzaktan Algılama Tabanlı Erozyon Risk Analizi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1587977>
- Chappell, A., Webb, N. P., Leys, J. F., Waters, C. M., Orgill, S., & Eyres, M. J. (2019). Minimising soil organic carbon erosion by wind is critical for land degradation neutrality. *Environmental Science & Policy*, 93, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.020>
- Çöçen, E., Toprak Özcan, E., Atay, S., Pala, M., & Murathan, İ. (2014). Gümüşhane İli Merkez İlçe Köyleri Florasında Yoğun Olarak Bulunan Ballı Bitki Türleri ve Meraların Çiçeklenme Periyotları. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 126. <https://doi.org/10.17714/gufbed.2014.04.010>
- Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygin, 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. <https://doi.org/10.7161/anajas.2014.29.2.136-142>
- Dengiz, O., Saygin, F., & İmamoğlu, A. (2019). Spatial variability of soil organic carbon density under different land covers and soil types in a sub-humid terrestrial ecosystem. *Euroasian Journal of Soil Science (EJSS)*, 8(1), 35-43. <https://doi.org/10.18393/ejss.486582>

- Ediş, S., Aytaş, İ., & Özcan, A. U. (2021). ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası Örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 15-22. <https://doi.org/10.53516/ajfr.948519>
- Ediş, S., & Ulaş, E. (2017). Using Bayesian Network to predict the watershed land use type of Çankırı Acıçay-Tatlıçay. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 18(3), 212-218. <https://doi.org/10.18182/tjf.315398>
- Eraslan, S., İmamoğlu, A., Coşkun, A., Saygin, F., & Dengiz, O. (2017). İnebolu Havzası Topraklarının Erozyon Duyarlılık Durumları ve Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü ile Olan İlişkinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1), 95-108. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.305106>
- Eraslan, S., Zorlu, K., & Dede, V. (2023). A quantitative assessment of selected potential geosites from Gümüşhane (Türkiye) for the development of geotourism. *Journal of History School (JOHS)*, 66, 3082-3106. <https://doi.org/10.29228/joh.71660>
- Gessesse, A. A., & Melesse, A. M. (2019). Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and eMODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia. *İçinde Extreme Hydrology and Climate Variability* (ss. 81-92). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815998-9.00008-7>
- Gürgöze, S., Bahadır, M., Aylar, F., Çot, H. (2022). "Kürtün Çayı Havzası'nın (Samsun) ICONA Modeline Göre Erozyon Duyarlılık Analizi," In Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Alanında Yeni Trendler III , Ankara: Platanus Publishing pp.629-648.
- Han, Z., Qin, F., Cui, C., Liu, Y., Wang, L., & Fu, P. (2019). Mr4Soil: A MapReduce-Based Framework Integrated with GIS for Soil Erosion Modelling. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(3), 103. <https://doi.org/10.3390/ijgi8030103>
- Hatipoğlu, İ. K., & Uzun, A. (2020). Melet Irmağı havzası'nda erozyon riskinin Micono modeli ile değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 74, 17-31. <https://doi.org/10.17211/tcd.644135>
- Herrick, J. E., Neff, J., Quandt, A., Salley, S., Maynard, J., Ganguli, A., & Bestelmeyer, B. (2019). Prioritizing land for investments based on short- and long-term land potential and degradation risk: A strategic approach. *Environmental Science & Policy*, 96, 52-58. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.03.001>
- İmamoğlu, A. (2020). Alaca Çayı Havzası Erozyon Durumunun Morfometrik Ölçümler ile İlişkisi. *European Journal of Science and Technology*, 868-878. <https://doi.org/10.31590/ejosat.710987>
- İmamoğlu, A., Bahadır, M., & Dengiz, o. (2017). Alaca havzasında uygulanan rusle erozyon modelinde, c faktörünün (arazi örtüsü /arazi kullanımı) zamansal değişimi ve toprak kaybına etkisi. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 8(Number: 61), 321-336. <https://doi.org/10.9761/JASSS7252>
- İmamoğlu, A., & Dengiz, O. (2020). Komşu iki mikro havzada erozyon duyarlılık değerlerinin arazi örtüsü ve arazi kullanımına bağlı değişimin belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8(1), 53-60. <https://doi.org/10.33409/tbbbd.757017>
- Karakoca, E. (2025). CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile ICONA Modeli Kullanılarak Katrancı Çayı Havzası'nda (Haymana, Ankara) Toprak Erozyonu Duyarlılığı Değerlendirmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*(14), 126-145.
- Özvan, H., Arik, B., Şatir, 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. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1128828>
- Reis, M., Dutal, H., Bolat, N., & Savacı, G. (2017). Soil Erosion Risk Assessment Using GIS and ICONA: A Case Study in Kahramanmaraş, Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University/Gazi Osman Pasa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1).
- Saygin, F., Aytop, H., Dengiz, O., Koç, Y., & İmamoğlu, A. (2023). Yarı Kurak Ekolojik Koşullara Sahip Toprakların Verimlilik Özelliklerine Yönelik Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi; Samsun-Vezirköprü Örneği. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(2), 131-151. <https://doi.org/10.55213/kmujens.1364192>
- Saygin, F., & Dengiz, O. (2023). Detailed soil mapping and classification study for sustainable agricultural land management; Samsun-Vezirköprü example. *Soil Studies*, 12(1), 40-53. <https://doi.org/10.21657/soilst.1328981>

- Saygin, F., Dengiz, O., İÇ, S., & İmamoğlu, A. (2019). Bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri ile bazı erodibilite parametreleri arasındaki ilişkilerin mikro havza ölçeğinde değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20(1), 82-91. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.481642>
- Sürmen, B., Sürmen, M., Yavuz, T., & İmamoğlu, A. (2020). Gümüşhane İli Meralarına Ait Vegetasyon ve Bazı Çevresel Özelliklerin Jeostatistiksel Analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.637979>
- Sürmen, M., & Kara, E. (2018). Aydın ili ekolojik koşullarında farklı eğitimlerdeki mera vejetasyonlarının verim ve kalite özellikleri. *Derim*, 35(1), 67-72. <https://doi.org/10.16882/derim.2018.343428>
- Sürmen, M., Yavuz, T., Sürmen, B., & İmamoğlu, A. (2020). Samsun İli Çayır ve Meralarında Bitki Çeşitliliğinin Orta Dereceli Tahribat Hipotezine Göre Otlatma ve Erozyon Faktörleri ile Test Edilmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 570-581. <https://doi.org/10.24180/ijaws.773991>
- Ulu Ağır, S., Surmen, B., & Kutbay, H. G. (2019). The relationships among some chemical and physical soil traits and coastal dune plant species in Central Black Sea Region of Turkey. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 30(1), 207-222. <https://doi.org/10.1007/s12210-019-00780-1>
- Ursavaş, S., & Edis, S. (2024). Environmental and Topographical Factors Influencing Moss Distribution in Semi-Arid Regions: A Study of Çankırı-Eldivan Mountain. *Anatolian Bryology*, 10(2), 179-190. <https://doi.org/10.26672/anatolianbryology.1594697>
- Vallebona, C., Mantino, A., & Bonari, E. (2016). Exploring the potential of perennial crops in reducing soil erosion: A GIS-based scenario analysis in southern Tuscany, Italy. *Applied Geography*, 66, 119-131. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.11.015>

Extended Abstract

Aim and Scope

Erosion, a natural process, has become dangerous due to human activities. Rapidly changing nature also poses a threat to human life. Monitoring soil loss as an ecological threat began in the 1970s. This process has accelerated with Geographic Information Systems after the 2000s. There are many methods and techniques in erosion research. The researchers used the ICONA model for this study. The researchers conducted this study in pasture lands. The research area is limited to pastures in Gümüşhane province. This study aims to detect the erosion condition of pastures in Gümüşhane province with the ICONA model.

Methods

This research was carried out in pasture lands within the borders of Gümüşhane province. 2818 km² of the provincial land consists of pastures. The researcher conducted the study in two stages: obtaining and organizing field cartographic materials and verifying the results with field observations. The researcher created the ICONA based erosion model using the edited cartographic materials and the ArcGIS 10.2.2 program. The model was created by combining the erodibility map obtained by combining slope and lithology maps and the soil protection maps created by combining land use and vegetation density maps. This method produces maps, which are then combined using the Union process. The researchers generated the vegetation density map using the NDVI method with Landsat 8 OLI/TIRS satellite images.

Findings

The change of plants in pastures means the disappearance of vegetation, and severe forms of erosion may occur in the field due to the disruption of vegetation and species intervals. In areas where erosion is not intervened, gully erosion develops, and pastures are irreversibly damaged. It is seen that the slope is steep mainly and very steep in the research area. It has been determined that the bedrock is generally composed of resistance and consolidated rocks. As a result of combining these two basic maps (slope and geology), an eroded map was obtained, and according to this map, it was revealed that the potential in the field was at a medium level. Vegetation density maps of pastures were produced, and soil protection maps were revealed here. One of the important factors contributing to the dense vegetation cover, as observed during field studies, is the presence of *Astragalus* sp. It was determined that soil protection was at a medium level in the field and that this situation was due to the high level of vegetation degradation. The ICONA map was developed by combining erosion and soil protection maps, and according to this, the presence of medium-level erosion was determined in 50% of the field. It is seen that high and very high classes are in a total area of 9% in the field. These areas correspond to areas with high erodibility. These areas are concentrated in the southern part of the study area, where the slopes are high.

Conclusion

The study determined that vegetation density plays a critical role in preventing erosion. In pasture lands, erosion remains controllable when plant density is high, while erosion intensifies in areas where slope increases. It was observed that pastures with high erosion risk identified here overlap to a large extent with pastures in the risky class in terms of pasture health. The results obtained with the ICONA model are mainly consistent with field observations. While incorrect pasture use (excessive and faulty grazing) increases the risk of erosion, the decrease in animal husbandry causes the spread of invasive species, making pastures with lower erosion resistance. In particular, an abundance of invasive species was observed in pasture areas with high erosion in the northern regions and southern regions, and it was observed that there were pastures in the high-very-high erosion class. In addition, removing astragalus (*Astragalus* sp.) species for fuel or animal feed can rapidly make even areas with low erosion risk vulnerable to severe erosion. Observations and photographs taken in the field indicate that urgent measures should be taken in some regions.