

ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası Örneği

Semih Ediş^{1*}, İbrahim Aytaş², Ali Uğur Özcan²

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18200, Çankırı

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 18200, Çankırı

Araştırma Makalesi


ARTICLE INFO

Geliş Tarihi: 6 Haziran 2021

Kabul Tarihi : 18 Haziran 2021

DOI: 10.53516/ajfr.948519

*Corresponding author:

 semihedis@gmail.com

ABSTRACT

Yarı kurak ve kurak iklimlerin hakim olduğu bölgelerde en önemli arazi tahribatının başında toprak erozyonu gelmektedir. Toprak ve su koruma amacıyla gerçekleştirilecek planlamalarda en önemli aşama erozyon derecesi ve alanlarının mekânsal dağılımının belirlenmesidir. Bu sebeple İç Anadolu'da Ankara ilinin Çubuk ilçesi sınırlarında yer

alan Meşeli Havzasında ICONA erozyon risk modeli kullanılarak erozyona duyarlı alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla seçilen modelde eğim, jeoloji, arazi kullanımı ve arazi örtüsü katmanları kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; havzanın %7,0'si çok düşük, %18,9'u düşük, %39,3'u orta, %21,4'ü yüksek ve %13,5'i çok yüksek derecede erozyona duyarlı alanlardan meydana gelmektedir. Havzanın kuzeyinde eğimin yüksek olduğu alanlardaki örtü kapallılığı düşük ormanlar, yüksek ve çok yüksek derecede erozyona duyarlı alanları oluşturmaktadır. Ayrıca kuru tarım ve mera alanlarında da örtü kapallılığının düşük olması havzanın erozyon risk bakımından hassasiyetini arttırmaktadır. Sonuç olarak, toprak ve su koruma amacıyla arazi yönetimi ve planlanmanın etkin yapılabilmesi için erozyon riskli alanların önceden belirlenmelidir.

Anahtar Kelimeler: ICONA, toprak erozyonu, CBS, İç Anadolu.

Assesment of soil erosion risk using the ICONA model: Meşeli (Çubuk/Ankara) Watershed

ÖZ

Soil erosion is one of the most important land degradation problems in regions with a semi-arid climate. The most important step in the planning to be carried out for soil and water conservation are to determine the degree of erosion and the spatial distribution of the areas. For this reason, it is aimed to determine the erosion-sensitive areas in the Meşeli Watershed, which is located within the borders of the Çubuk district of Ankara Province in the Central Anatolia region, by using the ICONA erosion risk model. For this purpose, slope, geology, land use (stand map and CORINE), and land cover (NDVI) layers were used for the selected model. According to the analysis results, 7.0% of the watershed consist is in very low, 18.9% low, 39.3% medium, 21.4% high and 13.5% very high potential erosion risk classes. Forests with low cover, in the areas where the slope is high, in the north of the watershed form high and very highly erosion-sensitive areas. In addition, low land cover in dry farming and pasture areas increases the sensitivity of the watershed in terms of erosion risk. As a result, erosion risky areas should be determined in advance in order to make effective land management and planning for soil and water conservation.

Key Words: ICONA, soil erosion. GIS, Central Anatolia.

Citing this article:

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.



This article is licensed under CC BY-NC 4.0

1. Giriş

Toprak bozulması, toprak fonksiyonlarının azalması veya kaybı olarak tanımlanmakta ve son yıllarda dünya karasal ekosistemleri için giderek daha ciddi tehdit oluşturmaktadır (Jie vd., 2002; Oldeman, 1998). Toprak bozulmalarının en büyük nedenlerinin başında toprak erozyonu gelmektedir (Issaka ve Ashraf, 2017). Borrelli vd., (2017) dünya geneli için yapmış oldukları potansiyel toprak kayıpları tahminine göre 2001 yılından 2012 yıllık süreçte arazi kullanımlarındaki değişimler nedeniyle %2,5 arttığını ortaya koymuştur. Türkiye’de ise her yıl toprak erozyonu sonucu 642 milyon ton toprak yer değiştirmektedir, bu yaklaşık olarak yıllık toprak kaybının 8.24 ha ton-1 olduğunu göstermektedir (Erpul vd., 2020). Türkiye dünya ortalamasının altında bir toprak kaybına sahipken ortalaması 2.46 ha ton-1 olan Avrupa Birliği’nin (Panagos vd., 2015) üstündedir. Yine de kaybedilebilir toprak kaybı göz önünde bulundurulduğunda Türkiye’nin %20,6’sı orta, yüksek, çok yüksek risk grubundadır (Erpul vd., 2018).

Toprak erozyonunun başta ekonomi ve çevre olmak üzere çok yönlü bir etkisi bulunmaktadır (Crowder, 1987; Vanacker vd., 2003). Toprak erozyonu sadece tarım arazilerini bozulması ve besin yönünden daha zengin yüzey toprağının taşınmasının yanında sel, barajların dolması, kirlilik, ağır metal, altyapı ve üst yapıların zarar görmesine kadar birçok alanda zarara yol açmaktadır (Bai vd., 2020; Cheng vd., 2021; Crowder, 1987; Saygın vd., 2014). Toprak erozyonunun hem meydana geldiği alanda hem de bu alan dışında etkilerini azaltmak için toprak ve su koruma önlemlerinin planlanması, uygulanması ve izlenmesi oldukça önem arz etmektedir (Issaka ve Ashraf, 2017). Toprak ve su koruma için en iyi yönetim uygulamasının merkezinde potansiyel toprak erozyon riskine sahip olan alanların belirlenmesi gelmektedir.

Dünyada toprak erozyonu sonucu riskli alanların belirlenmesinde niteliksel ve niceliksel olmak üzere birçok model kullanılmaktadır. Bu modellerden bir tanesi de İspanya Doğa Koruma Enstitüsü tarafından geliştirilen ve havza bazında erozyon risk düzeylerinin tahmin edilebildiği nitel karar matrislerine dayalı bir model olan ICONA’dır (MAPA/ICONA, 1983). Model, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yoluyla birçok Akdeniz ülkesinde ve Avrupa’da etkin bir biçimde kullanılmaktadır (Gholzom vd., 2020; ICONA, 1997, 1991). Türkiye’de özellikle toprak koruma, peyzaj planlama, ekolojik risk değerlendirme peyzaj onarım çalışmalarında ICONA modeli (ICONA, 1997, 1991)

kullanılarak havza bazında erozyona duyarlı alanlar ortaya konulmuştur (Aytaş, 2017; Bayramin vd., 2003; Dengiz vd., 2014; Dilek vd., 2008; Kanar ve Dengiz, 2015; Reis vd., 2017; şahin vd., 2016; şahin ve Kurum, 2002; Terzi vd., 2020; Tombuş vd., 2012; Uzun vd., 2012; Uzun ve Gültekin, 2011). Model, jeoloji, eğim, arazi kullanımı ve arazi örtüsü kapalılığı olmak üzere dört değişken ile hesaplanmaktadır (Bayramin vd., 2003).

Bu çalışmada ICONA modeli kullanarak erozyona duyarlı alanlarının belirlenmesi ve toprak erozyonu risk haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaç için Terme Çayı’nın bir alt havzası olan Meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

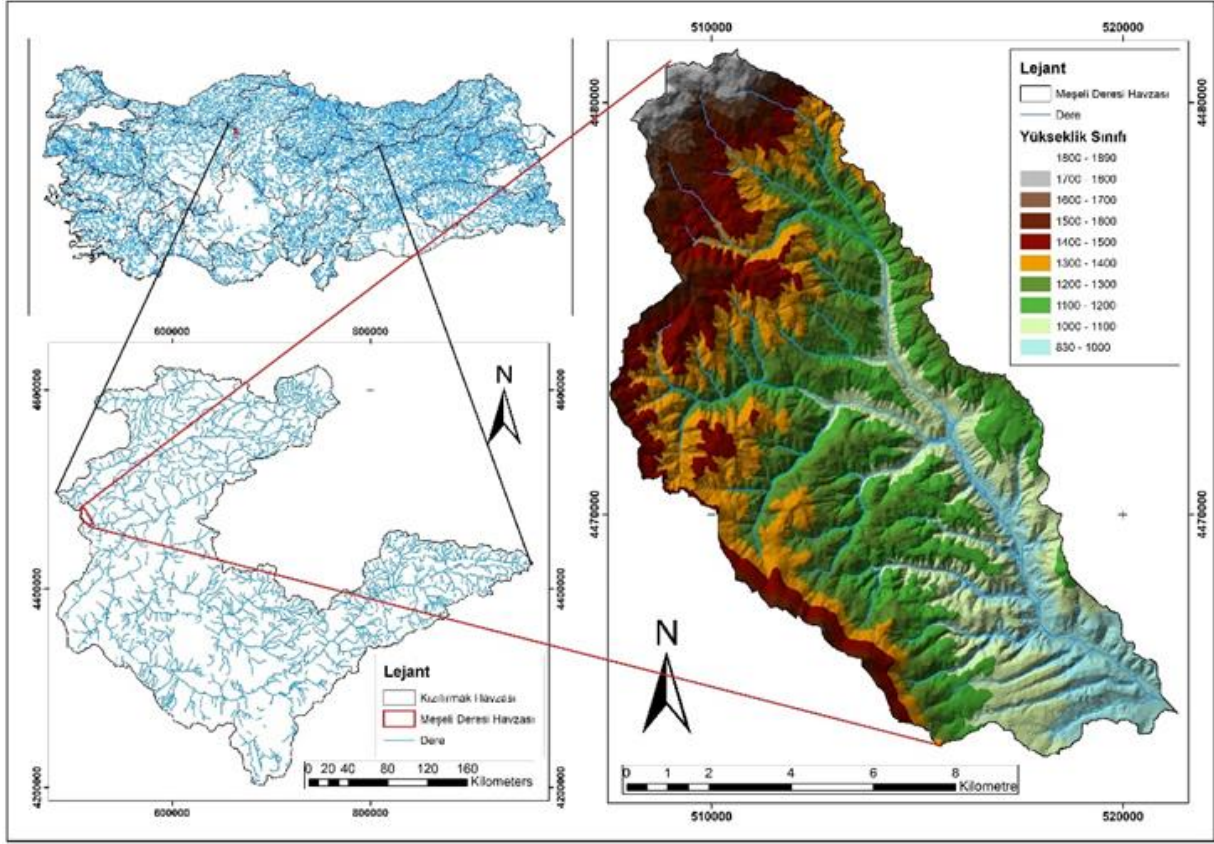
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Araştırma alanı olarak belirlenen Meşeli Havzası, İç Anadolu bölgesinde yer alıp ve Kızılırmak Havzasının alt havzasıdır. Havza alanı 11448.83 ha’dır (şekil 1). Meşeli Havzası içerisinde Demirci, Dalyasan, Kösrelik, Sarısu ve Meşeli köyleri bulunmaktadır. Meşeli Havzasının yüksekliği 827 ile 1895m arasında değişmekte olup ortalama yükseltisi 1239m’dır. Araştırma alanında yükseklik, 1000-1400m arasında yoğunluk göstermiş olup en yüksek (%35,3) dağılım 1200-1400m sınıf aralığındadır. Havzanın ortalama eğimi %31 olup %0-146 arasında değişmektedir. Araştırma alanı bakı durumundan incelendiğinde, ortalama bakı güney-güney doğudur. Araştırma alanında araştırma alanı yıllık ortalama sıcaklık 11°C ve yıllık toplam yağış 405 mm’dır. Thornthwaite yöntemine göre Meşeli Havzası’nın; D B'2 s b'2 rumuzu ile gösterilen " Yarı kurak, mezotermal, su fazlası yok veya pek az, denizsel iklim etkisine yakın" bir iklim tipine sahip olduğu ortaya çıkmaktadır (Yılmaz ve Çiçek, 2016). Meşeli havzasında, Triyas' tan Kuvaterner'e kadar değişik nitelikte birçok anakaya birimleri yer almaktadır (şengüler, 2007). Litolojik olarak çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, volkanit-çökel kaya, tuf, andezit, bazalt ve metaolistostrom yapıları öne çıkmaktadır. Havzanın topraklarını Kahverengi topraklar, Kahverengi Orman toprakları ve Aluviyal topraklar oluşturmaktadır. Alüvyal toprakların bulunduğu taban araziler genellikle %1’den daha az eğimli ve alçaktır (Anonim, 1974). Meşeli Havzası Türkiye’nin Karadeniz nemli iklimi ile İç Anadolu karasal iklimine geçiş kuşağındadır. Alanda ormanlar genel olarak rakımın yüksek olduğu yukarı havzada yayılmaktadır. Havzada mera alanı 2550 ha, ziraat

alanı 2384 ha ve 2332 ha bozuk ve 4204 ha verimli orman alanı bulunmaktadır. Orman yapısını oluşturan ağaç türleri *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *nigra* (Lamb.) Holmboe, (Karaçam), *Populus nigra*

Marshall (Karakavak) ve *Quercus* sp. (Meşe)'dir. Havzada yaşayan halkın genel geçim kaynakları tarım (kuru), hayvancılık ve çok küçük alanlarda uygulanan sebze ciliktir.

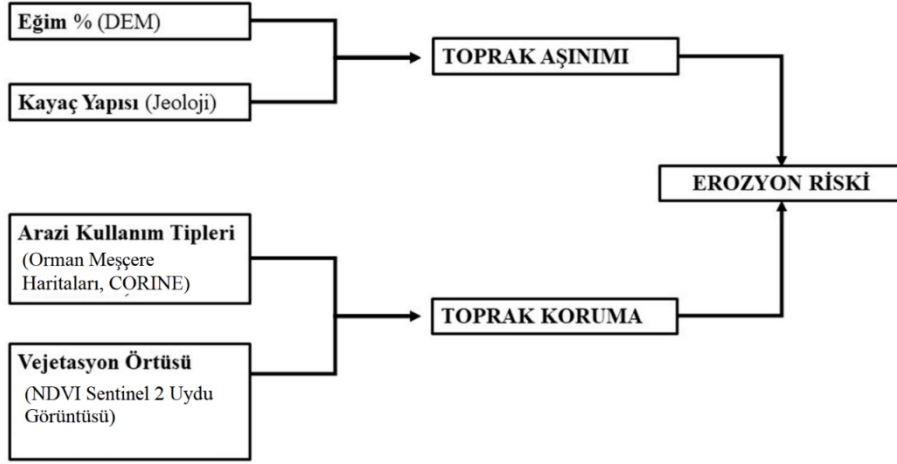


şekil 1. Çalışma alanı

2.2. Yöntem

Model kapsamında yedi adımdan meydana gelen kestirim yani tahmin aşaması çalışılmıştır (şekil 2). Çalışmanın ilk aşamasında Dijital Yükseklik Modeli (DYM=DEM) raster verisi yardımıyla eğim analizi yapılmıştır. Alandaki eğim, ICONA modeline göre 0 ± 3 , 3 ± 12 , 12 ± 20 , 20 ± 35 ve %35'ten büyük

eğimler olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. İkinci aşamada, alandaki kayaa türleri jeolojik yapının toprak aşınımına etkisini ortaya koymasına bakımından beş jeolojik formasyon altında gruplandırılmıştır (Bayramın vd., 2003; Tombuş vd., 2012). Üçüncü aşamada, ilk iki aşamada üretilen eğim ve jeoloji (kayaa yapısı) katmanları ICONA karar matrisine göre üst üste bindirilmış ve toprak aşınımı haritasına elde edilmiştir.



Şekil 2. ICONA modeli akış diyagramı

Dördüncü aşamada, çalışma alanındaki arazi kullanım tipleri Orman Meşçere Haritaları ve CORINE haritaları kullanılarak ICONA modeline uygun olarak 6 farklı alan kullanımına (kuru tarım, meyvelikler, sulu tarım, orman, çalılık, mera ve diğer alanlar) göre sınıflandırılmıştır. Beşinci aşamada, arazi örtüsü kapallığı NDVI analizi (Carlson ve Ripley, 1997) kullanılarak yine modeldeki 4 farklı kapallık sınıfına göre hesaplanmıştır. Nisan, Temmuz ve Eylül 2020 tarihlerindeki üç farklı zamana ait Sentinel-2A uydu görüntüsünden Eşitlik [1] yardımıyla NDVI değerleri elde edilmiş ve ortalamaları alınmıştır.

$$NDVI = \frac{[AVHRR2 - AVHRR1]}{[AVHRR2 + AVHRR1]}$$

[1]

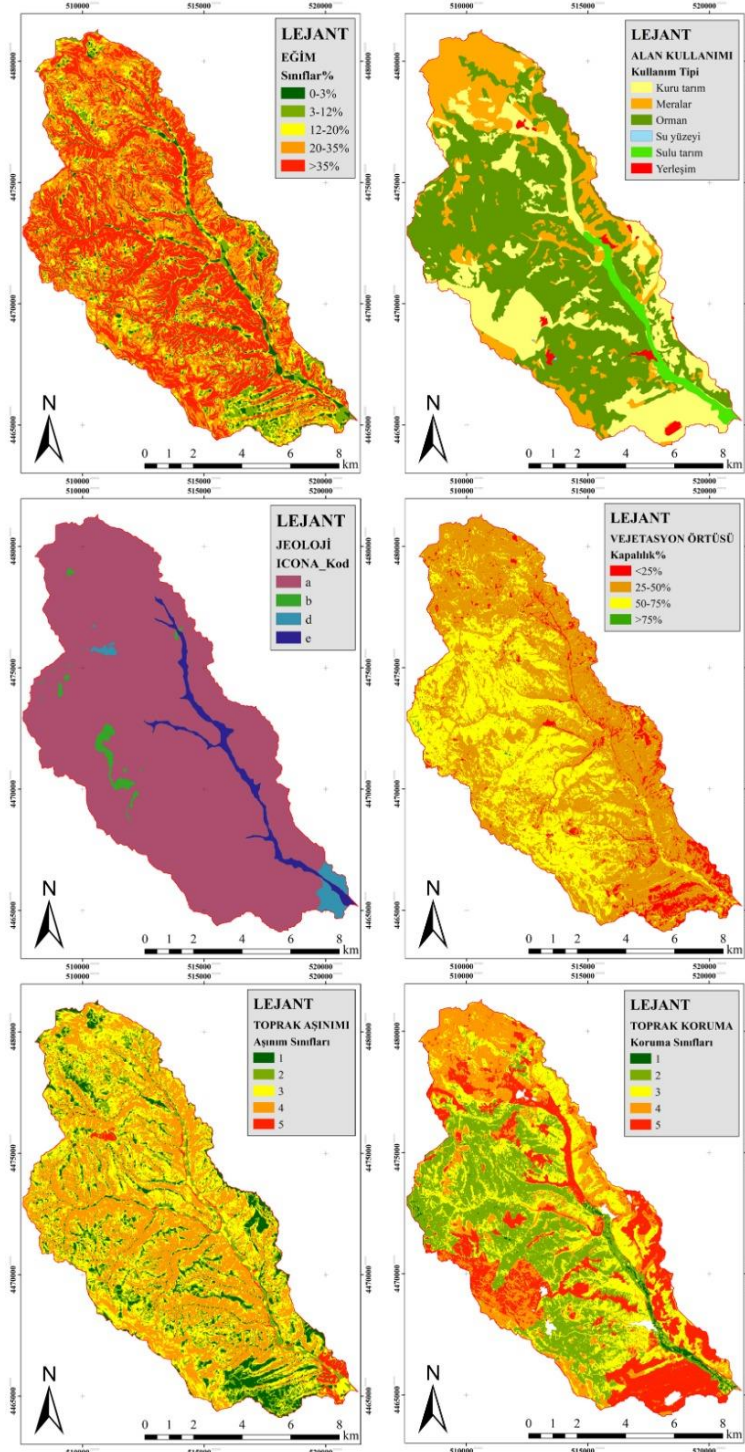
Burada, AVHRR1: görünür bölgenin yansıma değeri ve AVHRR2: yakın kızıl ötesi bölgenin yansıma değeridir ($-1 < NDVI < 1$). NDVI analizinde; -1 değerine yaklaştıkça kapallık azalmakta, 1 değerine yaklaştıkça artmaktadır (Carlson ve Ripley, 1997). Altıncı aşamada, toprak koruma katmanını elde etmek için arazi kullanım tipleri ile arazi kapallığı katmanları kullanılmış ve bu katmanlar ICONA karar matrisine göre üst üste bindirilerek toprak koruma dereceleri hesaplanmıştır. Son aşamada, toprak aşınımı katmanı ile toprak koruma katmanı ICONA erozyon risk karar matrisine göre çakıştırılarak erozyon risk haritası elde edilmiştir. Çalışma kapsamında, NDVI analizinde ERDAS 9.2 ile diğer işlemler için ArcGIS 10.5 programı ve WGS84 coğrafi projeksiyon sistemi kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

ICONA modeli kapsamında çalışma alanına ait erozyon duyarlılık haritası hazırlanmıştır. Bu bağlamda, Sayısal Yükseklik Modeli kullanılarak MAPA/ICONA (1983) eğim sınıflarına göre eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 3). Ulaşılan sonuçlara göre; eğimin alansal dağılımı sırasıyla 556 (%0-3), 935 (%3-12), 1415 (%12-20), 3924 (%20-35) ve 4620 (>%35) hektardır. Alandaki eğimin dağılımı incelendiğinde %35 ve üstü eğimler %40,35 oranla alanın tamamına dağılmış durumdadır. Alanın neredeyse %75'lik bölümü %20 ve üstünde eğime sahip alanlardan oluşmaktadır. Buna göre, alanda yüksek eğimler hâkim durumdadır. Eğimin %12'nin altında olduğu alanlar ise özellikle Meşeli Havza'sının mansap bölümü ile akarsu ağına paralel olarak vadi tabanlarında görülmektedir. Eğimin düz olduğu alanlar ise vadi tabanlarıdır. Eğimli alanlar neredeyse havzanın tamamında dengeli bir şekilde dağılmıştır. Bu yüksek eğimin önemli bir göstergesi de havzanın yapısı, ana akarsuyun uzunluğu, akarsu sıklığı ve akarsu ağının çok fazla kollara ayrılmasıdır. Havza dizi çatallanma oranı yönünden incelendiği zaman değer yüksek olduğu bu da dar vadilerin ve oyuntu alanlarının fazla olduğunu göstermektedir (Verstappen, 1983). Nitekim havzanın neredeyse büyük bir kısmında yüksek eğimlerle birlikte kendini göstermektedir. Çalışma alanında jeolojik yapı göz önünde bulundurularak model algoritmasına ait beş jeolojik formasyondan dört tanesi gruplandırılmıştır (Şekil 3). Buna göre; çalışma alanının 10696.72 ha (%93,43) kısmını kaplayan formasyon tipi "a" sınıfı yani "Masif kayalar"dır. Bu kayalar alanının neredeyse tamamına dağılmıştır. Bunu alüvyon %1,77 ile "d" yani "Gevşek yapıda az dayanıklı kayalar ve yumuşak formasyonlar" takip etmektedir. Gevşek yapıdaki kayalar ve yumuşak formasyonlar oldukça az oranda havzanın mansap bölümünde göze

çarpmaktadır. Mansap bölümünü takiben vadi tabanında ise “e” sınıfı alüvyal yapı bulunmaktadır. Eğim ve jeoloji (kayaç yapısı) katmanları üst üste bindirilmiş ve beş aşınım sınıfına sahip toprak aşınımı haritası elde edilmiştir (Şekil 3). Bu sınıflandırmaya göre; aşınımın sık olarak görüldüğü alanlar havzanın mansap kısmındaki gevşek yapıdaki kayalar ve yumuşak formasyonlar üzerindedir. Çok yüksek

toprak aşınımının (5. Düzey) görüldüğü alanlar havza genelinde sadece %1,61’lik paya sahiptir. Fakat yüksek aşınım (4. Düzey), alanda %40,72 ile en fazla karşılaşılan aşınım düzeyidir. Aynı zamanda toprak aşınımı yönünden riskli bölgelerde genellikle orman örtüsü altındaki orta ve yüksek derecede eğimler dikkati çekmektedir.



Şekil 3. ICONA modeli

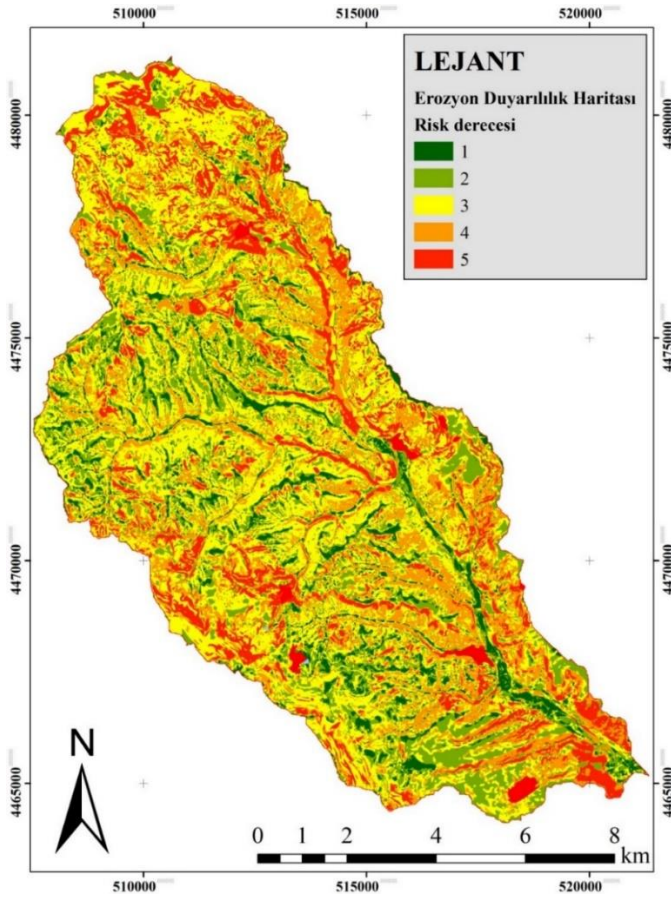
Çalışma alanına ait sayısal meşcere haritası ve CORINE 2018 veri katmanı kullanılarak ICONA

modeline göre altı farklı arazi kullanımı sınıflandırılmış ve haritalandırılmıştır (Şekil 3).

Sınıflandırmaya göre çalışma alanında en çok karşılaşılan alan kullanımları orman, mera ve kuru tarım alanlarıdır. Kullanımların alansal dağılımı irdelendiğinde, 5929,67 ha (%51,79) ile orman alanları en geniş dağılıma sahiptir. Kuru tarım alanları %24,93 ile havzanın alt bölümleri ile vadi tabanının kuzey kesimlerinde yer alırken, orman alanları ise alanın üst, orta ve alt kesimlerinde dağılım göstermektedir. Mera alanları %19,37'luk orana sahip olup özellikle havzanın memba bölgesinde göze çarpmaktadır. Alan genelinde yerleşim alanları %0,92 ve sulu tarım alanları ise %2,98 ile en düşük orana sahiptir. Özellikle sulu tarım alanları akarsu ağlarına yakın konumda bulunmaktadır. Alandaki vejetasyon örtüsü kapalılığı, NDVI analizi (Carlson ve Ripley, 1997) kullanılarak yine modeldeki 4 farklı kapalılık sınıfına göre analiz edilmiştir (şekil 3). Uzaktan algılama, düzenli veri alma kabiliyetinden dolayı büyük bölgelerde homojen veriler sağlar ve bu nedenle bölgesel erozyon değerlendirmesine büyük ölçüde katkıda bulunabilir (Siakeu ve Oguchi, 2000). Bu sonuçlara göre; alanda çok büyük oranda %58,75 ile II. Düzey (25-50%) ve %34,23 ile III. Düzey (50-

75%) kapalılık bulunmaktadır. Havza genelinde I. Düzey (<25%) kapalılığın oranı %6,91 iken, IV. Düzeyde (>75%) kapalılık yok denecek kadar azdır (%0,11).

Çalışma alanındaki erozyon riski, ICONA modeli kullanılarak toprak aşınım ve toprak koruma katmanlarının birleştirilmesiyle 5 risk sınıfında belirlenmiştir (şekil 4). Buradan elde edilen erozyon risk haritasına göre; yüksek erozyon riskine sahip alanlar genellikle havzanın mansap bölgesi ile eğimin de yüksek olduğu mera ve kuru tarım alanlarında yoğunlaşmaktadır (izelge 1). Ayrıca havzanın kuzey kesimindeki vadi tabanlarına yakın bölgelerde de şiddetli erozyonun olduğu göze çarpmaktadır. Yüksek erozyon riskine sahip bölgeler alanda %30'un üzerinde iken, alanın %39,26'sında ise orta düzeyde erozyon riski bulunmaktadır. Orta risk sınıfı, havza genelinde en fazla görülen erozyon risk sınıfı olup alanın tamamına yayılmış durumdadır. Alandaki erozyon riskinin özellikle eğime ve sulu tarım kullanımına da bağlı olarak akarsu ağını takip eden özellikle mansap bölümündeki vadi tabanlarında oldukça düştüğü görülmektedir.



şekil 4. Erozyon duyarlılık haritası

Çizelge 1. Alan kullanımı-Erozyon duyarlılık ilişkisi

Alan kullanımı	Erozyon duyarlılık derecesi (ha)					TOPLAM
	1	2	3	4	5	
Kuru tarım	0,00	565,24	757,71	802,15	754,62	2879,72
Meralar	20,80	209,32	1137,63	152,16	717,61	2237,52
Orman	663,76	1272,03	2517,48	1459,72	74,37	5987,36
Su yüzeyi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulu tarım	112,69	118,40	81,83	31,31	0,00	344,23
Yerleşim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOPLAM	797,25	2164,99	4494,65	2445,34	1546,60	11448,83

4. Sonuç

Çalışma alanında kullanılan ICONA erozyon risk modeline göre havzanın, %34,8'lik kısmında çok yüksek ve yüksek erozyon riski vardır. Havzanın potansiyel erozyon riskinin yüksek olması bitki örtüsünün toprağı yeterince kapatamadığı tarım ve mera alanlarının fazla olması yanı sıra ormanların %20 ve üstü eğimli alanlarda yayılış yapmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca orman alanlarının kapalılık durumun yeterli olmayışı (%25-%75) erozyon riskini arttırmaktadır. Toprak erozyonu gibi çevresel faktörler, iklim geçiş zonlarında toprağı daha fazla zarar verebilmektedir. Hassas olan benzer ekozonlarda erozyon, arazi tahribatında önemli rol oynamaktadır. Bu yüzden hassas ekosistemlerin korunması, erozyon kontrolünün planlanması,

yönetilmesi ve stratejik planların oluşturulması gibi konularda başarı sağlanabilmesi için erozyon riskinin önceden bilinmesi ve tanımlanması gerekmektedir. Potansiyel erozyon riski olan alanların belirlenmesinde CBS/UA tekniklerinin kullanımı, arazi yönetiminin hızlı ve etkin bir biçimde yapılmasını sağlayacaktır. ICONA modelinin sonuçları meteorolojik veriler ve toprak özellikleri ile birlikte dikkate alınarak geliştirilmesi durumunda daha hassas sonuçlar elde edilebilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

Anonim, 1974. Kızılırmak Havzası Toprakları. Köy İşleri ve Koop. Bakanl. Yayınları, Topraksu Genel Müdürlüğü, V. Daire Başkanlığı Toprak Etütleri Fen Heyeti Müdürlüğü 31.

Aytaş, İ., 2017. Çankırı Kentsel Açık-Yeşil Alan Sisteminin Belirlenmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü.

Bai, L., Wang, N., Jiao, J., Chen, Yixian, Tang, B., Wang, H., Chen, Yulan, Yan, X., Wang, Z., 2020. Soil erosion and sediment interception by check dams in a watershed for an extreme rainstorm on the Loess Plateau, China. *Int. J. Sediment Res.* 35, 408–416. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2020.03.005>.

Bayramin, I., Dengiz, O., Başkan, O., Parlak, M., 2003. Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Beypazari area. *Turkish J. Agric. For.* 27, 105–116. <https://doi.org/10.3906/tar-0211-3>.

Borrelli, P., Robinson, D.A., Fleischer, L.R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Meusburger, K., Modugno, S., Schütt, B., Ferro, V., Bagarello, V., Oost, K. Van, Montanarella, L., Panagos, P., 2017. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nat. Commun.* 8. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>.

Carlson, T.N., Ripley, D.A., 1997. On the relation

between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sens. Environ.* 62, 241–252. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1).

Cheng, Y., Li, P., Xu, G., Wang, X., Li, Z., Cheng, S., Huang, M., 2021. Effects of dynamic factors of erosion on soil nitrogen and phosphorus loss under freeze-thaw conditions. *Geoderma* 390, 114972. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114972>.

Crowder, B.M., 1987. Economic Costs of Reservoir Sedimentation: a Regional Approach to Estimating Cropland Erosion Damage. *J. Soil Water Conserv.* 42, 194–197.

Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygın, F., Göl, C., Ediş, S., Doğan, A., 2014. İnebolu Havzası'nın ICONA Modeli ile Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi. *Anadolu J. Agric. Sci.* 29, 136. <https://doi.org/10.7161/anajas.2014.29.2.136-142>.

Dilek, E.F., Şahin, Ş., Yilmazer, I., 2008. Afforestation areas defined by GIS in Gölbaşı specially protected area Ankara/Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 144, 251–259. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9985-7>.

Erpul, G., İnce, K., Demirhan, A., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ., Sarıhan, B., Çetin, E., Şahin, S., 2020. Su Erozyonu İl İstatistikleri - Toprak Erozyonu Kontrol Stratejileri (Sürdürülebilir Arazi/Toprak Yönetimi Uygulama ve Yaklaşımları). Ankara.

- Erpul, G., řahin, S., İnce, K., Kūçūmen, A., Akdađ, M.A., Demirtař, İ., Çetin, E., 2018. Türkiye Su Erozyonu Atlası. Ankara.
- Gholzom, H.E., Ahmadi, H., Moeini, A., Motamed, V.B., 2020. Erosion risk assessment and identification of susceptibility lands using the ICONA model and RS and GIS techniques. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 1–18. <https://doi.org/10.5194/nhess-2020-85>.
- ICONA, 1997. Guidelines for mapping and measurement of rainfall-induced erosion processes in the Mediterranean coastal areas, Priority Actions Programme, Priority Actions Programme Regional ActivityCentre Split, Croatia.
- ICONA, 1991. Plan Nacional de Restauracion hidrológico-forestal para el Control de la Erosion. Ministerio de Agricultura, Pescay Alimentacion, Madrid.
- Issaka, S., Ashraf, M.A., 2017. Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Geol. Ecol. Landscapes* 1, 1–11. <https://doi.org/10.1080/24749508.2017.1301053>.
- Jie, C., Jing-zhang, C., Man-zhi, T., Zi-tong, G., 2002. Soil degradation: a global problem endangering sustainable development. *J. Geogr. Sci.* 12, 243–252. <https://doi.org/10.1007/bf02837480>.
- Kanar, E., Dengiz, O., 2015. Madendere Havzasında Potansiyel Erozyon Risk Durumunun İki Farklı Parametrik Model Kullanarak Belirlenmesi ve Risk Haritalarının Oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Derg.* 2, 123–134.
- MAPA/ICONA, 1983. Paisajes erosivos en el sureste español: Ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación, proyecto, LUCDEME. Espana. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1g4rtxz.3>.
- Oldeman, L.R., 1998. Soil degradation as a threat to food security, Soil degradation: a threat to food security. Wageningen. <https://doi.org/10.1201/9781420032215.ch6>.
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, C., 2015. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environ. Sci. Policy* 54, 438–447. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>.
- Reis, M., Dotal, H., Bolat, N., Savacı, G., 2017. Soil Erosion Risk Assessment Using GIS and ICONA: A Case Study in Kahramanmaraş, Turkey Mahmut. *J. Agric. Fac. Gaziosmanpasa Univ.* 34, 64–75. <https://doi.org/10.13002/jafag4208>.
- şahin, ř., Kurum, E., 2002. Erosion risk analysis by GIS in environmental impact assessments: a case study—Seyhan Köprü Dam construction. *J. Environ. Manage.* 66, 239–247. <https://doi.org/10.1006/jema.2002.0574>.
- şahin, ř., Uzun, O., Perçin, H., Tarım, B., Tosun, P., Doğan, D., 2016. Malatya İli 1/50.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı Ve 1/25.000 Ölçekli Nazım İmar Planı Peyzaj Koruma ve Gelişim Planı. Ankara.
- Saygın, S.D., Ozcan, A.U., Basaran, M., Timur, O.B., Dolarslan, M., Yılman, F.E., Erpul, G., 2014. The combined RUSLE/SDR approach integrated with GIS and geostatistics to estimate annual sediment flux rates in the semi-arid catchment, Turkey. *Environ. Earth Sci.* 71, 1605–1618. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2565-y>.
- řengūler, İ., 2007. Orta-řabanözü (Çankırı) Yöresinin Jeolojisi ve Kömür Potansiyeli. *Jeol. Mühendisliđi Derg.* 31, 15–24.
- Siakeu, J., Oguchi, T., 2000. Soil erosion analysis and modelling: A review. *Trans. Japanese Geomorphol. Union* 21, 413–429.
- Terzi, F., Tezer, A., Turkey, Z., Uzun, O., Köylü, P., Karacor, E., Okay, N., Kaya, M., 2020. An ecosystem services-based approach for decision-making in urban planning. *J. Environ. Plan. Manag.* 63, 433–452. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1591355>.
- Tombuş, F.E., Yüksel, M., Coşar, M., Ozulu, İ.M., 2012. Researching The Effects of Temporal NDVI in ICONA Erosion Risk, in: IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu. Zonguldak.
- Uzun, O., Gültekin, P., 2011. Process analysis in landscape planning, the example of Sakarya/Kocaali, Turkey. *Sci. Res. Essays* 6, 313–331. <https://doi.org/10.5897/SRE10.716>.
- Uzun, O., İlke, E.F., Çetinkaya, G., Erduran, F., Açıksöz, S., 2012. Peyzaj Planlama Konya İli Bozkır-Seydişehir-Ahırılı-Yalıhüyük İlçeleri ve Suğla Gölü Mevkii Peyzaj Yönetimi Koruma ve Planlama Projesi. Ankara.
- Vanacker, V., Govers, G., Barros, S., Poesen, J., Deckers, J., 2003. The effect of short-term socio-economic and demographic change on landuse dynamics and its corresponding geomorphic response with relation to water erosion in a tropical mountainous catchment, Ecuador. *Landsc. Ecol.* 18, 1–15. <https://doi.org/10.1023/A:1022902914221>.
- Verstappen, H.T., 1983. Applied Geomorphology. Geomorphological Survey for Environmental Development. The Netherlands. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(85\)90066-1](https://doi.org/10.1016/0037-0738(85)90066-1).
- Yılmaz, E., Çiçek, İ., 2016. Thornthwaite climate classification of Turkey *J. Hum. Sci.* 13, 3973. <https://doi.org/10.14687/jhs.v13i3.3994>.