



ICONA Modeli Kullanılarak Toprak Erozyonu Riskinin Tahmin Edilmesi: Ankara İli Örneği^[*]

Nuriye Ebru YILDIZ^{1*} Barış KAHVECİ¹

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Niğde, Türkiye

Received: 27.11.2024

Accepted: 19.12.2024

Published: 31.12.2024

Atıf yapmak için: Yıldız, N.E. & Kahveci, B. (2024). ICONA modeli kullanılarak toprak erozyonu riskinin tahmin edilmesi: Ankara ili örneği. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 9(4), 822-831. <https://doi.org/10.35229/jaes.1591959>

How to cite: Yıldız, N.E. & Kahveci, B. (2024). Estimation of soil erosion risk using ICONA model: The case of Ankara. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 9(4), 822-831. <https://doi.org/10.35229/jaes.1591959>

*<https://orcid.org/0000-0002-3508-4895>

<https://orcid.org/0000-0002-8508-1748>

*Corresponding author's:

Nuriye Ebru YILDIZ
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık
Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Niğde,
Türkiye
✉: ebruyildiz@ohu.edu.tr

Öz: Türkiye'nin erozyon risk durumu ve toprak kaybı değerlendirildiğinde yüksek riske sahip olduğu bilinmektedir. Toprak kaybının değerlendirildiği yöntem ve teknikler arasındaki en ideal modellerden birinin ICONA olacağı anlaşılmıştır. Bu çalışmada; su, rüzgâr ve yanlış arazi kullanımına bağlı erozyon riski yüksek olduğu ifade edilen Ankara Kenti'nin erozyon duyarlılık düzeylerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, CBS yazılımından ArcGIS 10.7 kullanılmış ve Ankara'nın erozyon risk düzeyleri ICONA modeli/yöntemi ile tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, mekânsal erozyon riski haritasının yanı sıra erozyon risk düzeyleri belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Bulgular, Yenimahalle ve Keçiören ilçelerinin güneyi, Mamak'ın batısı, Çankaya ve Etimesgut'un kuzeyi ile Sincan'ın doğusundaki yaklaşık 124.300 hektarlık alanda erozyon riskinin yüksek ve çok yüksek olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, tek bir mekânsal gösterge olan erozyon riskinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yanı sıra çok katmanlı mekânsal planların hazırlanması ve farklı göstergelerin bütünlük olarak değerlendirilmesine yönelik gelecekteki benzer çalışmalar için de örnek olabilir.

Keywords: Erozyon duyarlılığı, toprak kaybı, toprak erozyonu, ICONA modeli.

Estimation of Soil Erosion Risk Using ICONA Model: The Case of Ankara

Abstract: It is known that Turkey has a high risk when the erosion risk status and soil loss are evaluated. It is understood that ICONA will be one of the most ideal models among the methods and techniques where soil loss is evaluated. In this study, it was aimed to determine the erosion susceptibility levels of Ankara City, which is stated to have a high risk of erosion due to water, wind and wrong land use. For this purpose, ArcGIS 10.7 from GIS software was used and erosion risk levels of Ankara were determined by ICONA model/method. As a result of the research, spatial erosion risk map as well as erosion risk levels were determined and evaluated. The findings show that the erosion risk is high and very high in approximately 124,300 hectares of land south of Yenimahalle and Keçiören districts, west of Mamak, north of Çankaya and Etimesgut and east of Sincan. This study can be an example for future similar studies for the preparation of multi-layered spatial plans and integrated evaluation of different indicators, as well as studies on determining erosion risk, which is a single spatial indicator.

*Sorumlu yazar:

Nuriye Ebru YILDIZ
Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty
of Architecture, Department of Landscape
Architecture, Niğde, Türkiye
✉: ebruyildiz@ohu.edu.tr

Anahtar kelimeler: Erosion susceptibility, soil loss, soil erosion, ICONA model.

GİRİŞ

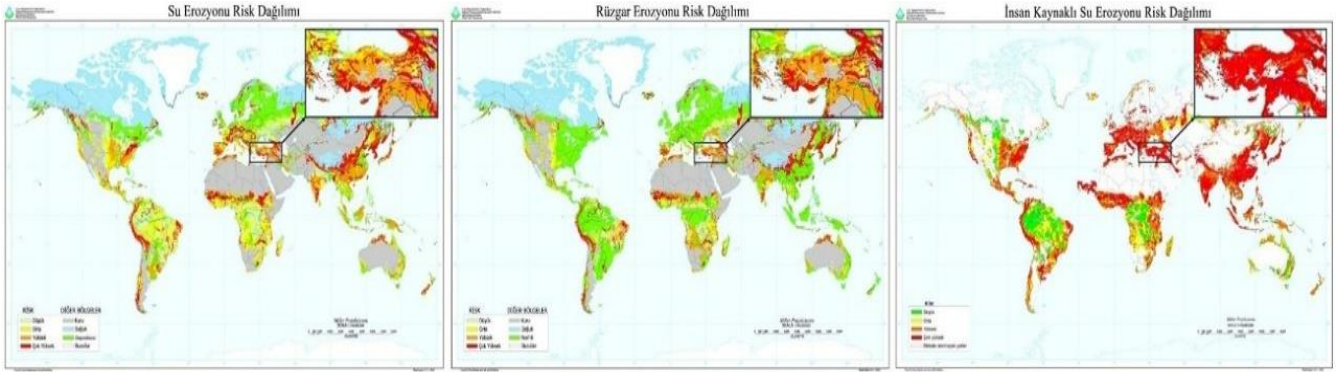
Toprak erozyonu, su, rüzgâr ve toprak işleme yoluyla üst toprağın arazi yüzeyinden hızla uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır (Balci, 1976). Toprak erozyonu, 2015 Dünya Toprak Kaynaklarının Durumu raporunda on

büyük toprak tehdidinden biri olarak belirtilmiştir (FAO & ITPS, 2015; FAO, 2024). Bilimsel araştırmalar; doğal şartlarda ve aynı zaman dilimlerinde, toprak oluşum hızının erozyonla taşınan toprak miktarından her zaman daha fazla olduğunu göstermektedir. Ancak, başta doğal kaynakların ölçsüz kullanımı (Yücel, 2000), yanlış arazi kullanımı

(Tağıl, 2009; Avcı, 2016) ve doğa tahribini hızlandıran müdahaleler gibi insan etkileri erozyon oluşumunu hızlandırmaktadır (Yüksek vd., 2009; Yüksek, 2011). İnsan etkisinden oluşan erozyon ise ekolojik görüş açısından çevre sorunu olarak nitelendirilmekte ve hızlandırılmış/zararlı erozyon olarak tanımlanmaktadır (Yüksek & Yüksek, 2014; Anonim, 2024).

Toprak erozyonu ve/veya toprak kaybı; tarımsal verimliliği ve tarım alanlarını azaltmakta, ekosistem işlevlerinin bozmakta, heyelan ve sel riskini artırmakta, önemli biyoçeşitlilik kayıplarını hızlandırmakta, kentsel

hasara ve hatta ciddi boyutlarda insan nüfusunun yer değiştirmesine neden olmaktadır (Saygın vd., 2014; Bai vd., 2020; Cheng vd., 2021; Ediş vd., 2021; FAO, 2024). Ayrıca, toprak erozyonu ve arazi bozunumu; yaklaşık üç milyar insanın refahını sağlamaya yönelik olan Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (BM, 2024) kapsamında değerlendirilen, küresel gıda güvenliği ve tarımsal verimliliği artırma amaçlarına ulaşmak için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Şekil 1’de; Dünya’da ve Türkiye’de su, rüzgâr ve insan kaynaklı su erozyonu risk dağılımı durumu verilmiştir.

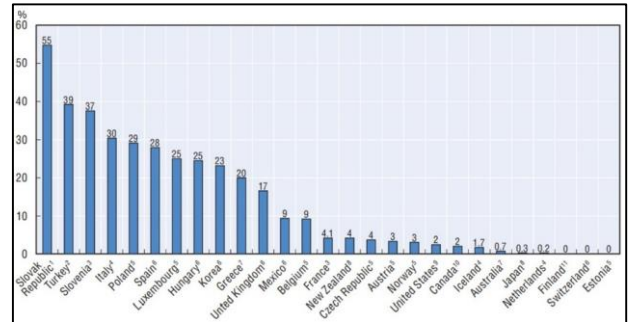


Şekil 1. Dünya ve Türkiye’nin su, rüzgâr ve insan (alan kullanımı) kaynaklı su erozyonu risk dağılımı (Reich vd., 2001’den düzenlenmiştir).
Figure 1. Distribution of water erosion risks in the world and Turkey due to water, wind and human (land use) (edited from Reich et al., 2001).

Türkiye erozyon bakımından yüksek risk taşımaktadır. Şekil 1 incelendiğinde; Türkiye’nin, Marmara Bölgesi dışındaki bölgeleri su erozyon riski, Marmara ve Karadeniz Bölgesi dışındaki bölgeleri rüzgâr erozyon riski ve Türkiye’nin tüm bölgelerinde insan kaynaklı (alan kullanımı) su erozyon riski yüksek ve çok yüksek olarak dağılım gösterdiği görülmektedir. Toprak erozyonu, kurak ve yarı kurak bölgelerde en önemli toprak ve dolayısıyla çevre sorunlarından biridir. Türkiye’de de kurak ve yarı kurak alanların geniş arazilerde yer kaplaması, jeolojik ve jeomorfolojik yapısı ve yanlış alan kullanımlarının ve bitki örtüsü tahribatının yüksek olması nedenleri ile erozyona elverişli yapıdadır (Uslu & Weniger, 1961, Tağıl, 2009; Erpul & Saygın, 2012; Avcı, 2016; Yücel, 2018; Çorbacı & Özyavuz, 2024).

Erpul vd. (2020) “Su Erozyonu İl İstatistikleri-Toprak Erozyonu Kontrol Stratejileri (Sürdürülebilir Arazi/Toprak Yönetimi Uygulama ve Yaklaşımları)” raporuna göre; Türkiye’de toplam 642 milyon ton toprak her yıl su erozyonu nedeniyle yer değiştirmektedir. Yıllık bir kilometrekarelik alanda oluşan toprak kaybı yaklaşık olarak Avrupa’da 80, Avustralya’da 300, Amerika’da 500, Asya’da 600, Afrika’da 700 iken Türkiye’de 800 tonu bulmaktadır (Doğan, 1995’ten aktaran; Aydınalp, 2000; Tağıl, 2009). Ayrıca, OECD ülkelerinin 1990-2010 yılları arasında orta ve şiddetli su erozyonuna sahip tarım alanlarını değerlendirildiği raporda Türkiye, ikinci sırada bulunmaktadır (Şekil 2). Tüm bu veriler, tarımsal alan ve tarımsal üretim açısından Türkiye’nin sorunlar yaşadığını

ve yakın gelecekte bu sorunların artarak devam edeceğini göstermektedir.



Şekil 2. Orta ila şiddetli su erozyonu riskine sahip olarak sınıflandırılan tarımsal arazi alanı, OECD ülkeleri, 1990-2010 (OECD, 2013).
Figure 2. Agricultural land area classified as having moderate to severe water erosion risk, OECD countries, 1990-2010 (OECD, 2013).

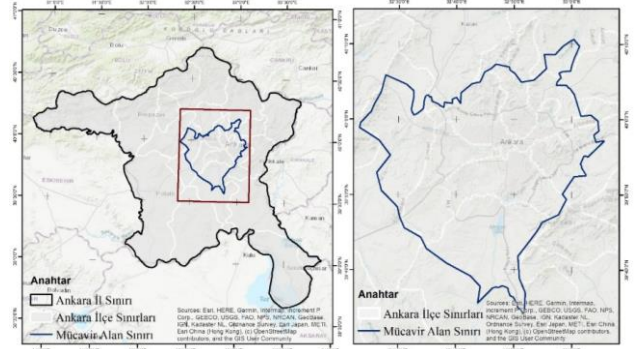
Özellikle tarım, mera ve orman alanlarında erozyon ve toprak kaybı çok önemli bir faktör olduğundan, ülkeler bu alanlar için ulkesel ve bölgesel ölçeklerde erozyon duyarlılık düzeyi haritaları oluşturmakta ve toprak koruma önlemlerini almaktadır (Çepel, 1988; Avcı, 2016; Erpul vd., 2020). Doğal kaynakların planlanması ve korunması çalışmalarında olduğu gibi arazi örtüsünün erozyon duyarlılığını hesaplamada; matematiksel analizlerin yanı sıra Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) etkisi, başarı oranı ve doğru sonuç verme yetisi birçok çalışma tarafından desteklenmiştir (Cürebil & Ekinci, 2006; Tağıl, 2009; Avcı, 2016; Alevkayalı & Abi, 2023).

Erozyon duyarlılığı veya erozyon risk tahmini için niteliksel ve niceliksel birçok matematiksel analiz, yöntem ve model kullanılmaktadır. Literatürde sıklıkla kullanılan yöntem ve modeller; RUSLE-Revised Universal Soil Loss Equation (Ekinci, 2005; Chen vd., 2007), PESERA-Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (Tsara vd., 2005; Çilek vd., 2014), LEAM- Land Erodibility Assessment Model (Bayramin, 2003; Kanar & Dengiz, 2015), ANSWERS-Areal Non-point Source Watershed Environmental Response Simulation (Beasley & Hugins, 1982; Shirazi & Moosavi, 2024), WEPP- Water Erosion Prediction Project (Pandey vd., 2008) CREAMS-Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems (Knisel, 1980; Knisel & Douglas-Mankin, 2012), CORINE-Coordination of Information on the Environment (Bayramin vd., 2006; Aydın & Tecimen, 2010; Çorbacı & Dönmez, 2019; Çorbacı & Dönmez, 2020; Ekren, 2022) ve DGCONA-The Directorate-General for the Conservation of Nature / ICONA-Institute for Conservation of the Nature (MAPA/ICONA, 1983; MAPA/ICONA, 1991; PAP/RAC(MAP/UNEP), 1997) şeklinde listelenebilir. Erozyon risk tahmini ile ilgili kullanılan bu simülasyon modellerinden ICONA, Türkiye'nin de aralarında bulunduğu bazı Akdeniz ülkeleri ve AB ülkeleri tarafından toprak erozyon riskinin analiz edilmesi, haritalanması ve toprak koruma yöntemlerinin değerlendirilmesi için kullanılmıştır (Bayramin vd., 2003; Dengiz vd., 2014; Şahin vd., 2013; Çorbacı, 2014; Ediş vd., 2021).

Yapılan önceki çalışmalar değerlendirildiğinde, Türkiye'nin erozyon kaynaklı toprak kaybı yüksek seviyelerdedir (Erpul ve ark. 2020) ve erozyon duyarlılık analiz yöntemleri değerlendirildiğinde Türkiye için kullanılabilir en ideal modellerden birinin ICONA olacağı anlaşılmıştır (Bayramin ve ark., 2003; Dengiz ve ark., 2014; Şahin ve ark., 2014, Çorbacı, 2014; Ediş ve ark., 2021). Bu çalışmada; su, rüzgâr ve yanlış alan kullanımları kaynaklı erozyon riski yüksek olarak değerlendirilen Ankara Kenti erozyon duyarlılığı, ICONA modeli/yöntemi ve CBS yardımıyla analiz edilmiştir. Sonuçta elde edilen erozyon riski haritası ile erozyon risk kategorileri belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Çalışma alanı olarak kent merkezi ve çevresinin seçiminde; yapılan önceki çalışmalar ve Şekil 1'de verilen insan (alan kullanımları) kaynaklı erozyon riski ile ilgili güncel araştırma konularına dahil olması ve toprak kaybı üzerinde rolü etkili olmuştur.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Çalışmanın ana materyalini 39° 14' 46"- 40° 13' 35" kuzey enlemleri ile 32° 14' 24"- 33° 09' 49" doğu boylamları arasında yer alan ve Ankara mücavir alanı kapsayan çerçeve sınır oluşturmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Coğrafi konum haritası

Figure 3. Geographic location map

Çalışmanın amacı doğrultusunda elde edilen veri setleri, kaynakları ve veri detayı Tablo 1'de yer almaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama analizlerinde ArcGIS 10.7 yazılımı kullanılmıştır. Çalışma alanının konumu ve ölçeği nedeniyle ilgili kurumlardan elde edilen veri setlerinin projeksiyon sistemi "WGS_1984_UTM_Zone_36N" olarak düzenlenmiştir.

Tablo 1. Veri setleri, kaynakları ve veri detayı.

Table 1. Datasets, sources and data details.

Veri Seti	Kaynak	Veri Detayı
İl ve ilçe idari sınır ve merkezleri	HGM (Harita Genel Müdürlüğü)	Veri Tipi: Vektör (Poligon)
Mücavir Alan Sınırı	Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı Harita Şube Müdürlüğü	Veri Tipi: Vektör (Poligon)
2018 Yılı Arazi Kullanımı (Corine)	Copernicus Land Monitoring Service (https://land.copernicus.eu/)	Veri Tipi: Vektör (Poligon) Ölçek: 1/25.000
Jeolojik Formasyonlar	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü	Veri Tipi: Vektör (Poligon) Ölçek: 1/25.000
Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)	Copernicus Land Monitoring Service (https://land.copernicus.eu/)	Veri Tipi: Raster Veri Boyutu: 25x25m

Tablo 1'de yer alan ve çalışmanın yöntemi kapsamında kullanılması gereken ham veriler, çalışmanın alanı özelinde güncel olarak sunulmuş ve işlenmiştir.

Yöntem: Araştırma alanının kentsel ve kırsal bir bölgeyi içermesi ve arazi örtüsü/alan kullanım sınıflarının farklılığından dolayı erozyon duyarlılığı/riskinin belirlenmesinde arazi örtüsünü temel parametre olarak değerlendiren bir model olması nedeniyle ICONA tercih edilmiştir. Toprak erozyon riskinin belirlenmesi amacıyla, İspanya'da Tarım Bakanlığı Doğa Koruma Genel Müdürlüğü (MAPA-DGCONA; mülga MAPA-ICONA) tarafından geliştirilen ICONA yöntemi çalışma alanına uyarlanmıştır (MAPA/ICONA, 1983; MAPA/ICONA, 1991; PAP/RAC(MAP/UNEP), 1997; Şahin vd., 2014). Yöntem kapsamında, çalışma alanında erozyon riskini etkileyebilecek kayaç yapısı, eğim ve arazi kullanımı olmak üzere üç temel parametre değerlendirilmiştir. Parametrelerin nicel sonuçlarının bütünlük olarak ve ortak bir değerde ele alınması gerekmektedir. Bu durumda, ölçülen farklı göstergelerin sonuçlarına ait nicel değerler normalize edilip, standart bir değere dönüştürülmektedir (Vihervaara vd., 2017; Yıldız vd., 2024). Bu çalışmada da farklı nicel değerlere sahip parametreler 1-5 arasında

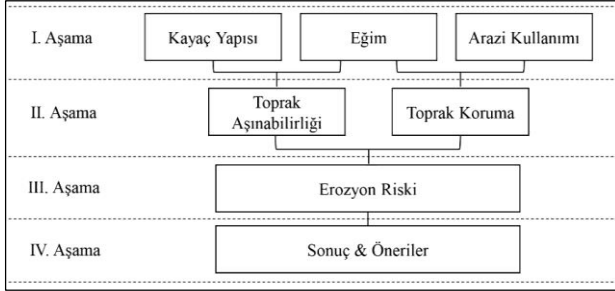
kategorik olarak sınıflandırılmıştır. Yöntem, 4 aşamadan oluşmaktadır (Şekil 4).

I. Aşama: Kayaç yapısı, eğim ve arazi kullanımı verileri, erozyon risk derecelerine göre sınıflandırılmış; ayrıntılı açıklama ve kod tabloları oluşturulmuştur. Elde edilen bu değerler, ilgili parametrelerin veritabanlarına öznitelik bilgisi olarak işlenmiştir. Kayaç aşınabilirlik düzeylerinin yorumlanmasında Jeolog meslek disiplininin uzman görüşü alınmıştır (Kavuran, 2021).

II. Aşama: Üst üste bindirme tekniğinin kullanımı ile kayaç yapısı ve eğim grupları çakıştırılmış, çalışma alanının toprak aşınabilirlik düzeyleri elde edilmiştir. Benzer şekilde, arazi kullanımı ve eğim grupları üst üste bindirme tekniği ile çakıştırılmış, çalışma alanının toprak koruma düzeyleri elde edilmiştir.

III. Aşama: 1. ve 2. aşamadaki analizler sonucu ile oluşturulan, toprak aşınabilirlik ve toprak koruma düzeylerinin yine üst üste bindirme tekniği kullanılarak çakıştırılmasıyla çalışma alanının potansiyel erozyon risk düzeyleri elde edilmiş ve değerlendirilmiştir.

IV. Aşama: Bu aşamada ise, erozyon riski yüksek ve çok yüksek olan alanlar için sonuç bölümünde öneriler geliştirilmiştir.



Şekil 4. Yöntem akış şeması.
Figure 4. Method flowchart.

BULGULAR

Erozyon riskinin belirlenebilmesi amacıyla, kayaç yapısı, eğim grupları ve arazi örtüsü parametreleri kullanılarak toprak aşınabilirliği ve toprak koruma düzeyleri elde edilmiştir.

Toprak Aşınabilirliği

Kayaç Yapısı: Toprak aşınabilirliğinin belirlenebilmesi amacıyla gerekli olan ilk parametre kayaç yapısıdır. Çalışma kapsamında, araştırma alanındaki kayaç yapısı, MAPA/ICONA (1983)'ya göre Tablo 2'de görüldüğü gibi erozyon risk düzeylerine göre yeniden sınıflandırılmıştır. Kayaç yapısı, aşınabilirlik düzey ve kod değerlerine ilişkin bilgiler, CBS ortamına aktarılmış ve kayaç aşınabilirlik haritası elde edilmiştir (Şekil 5). Kayaç aşınabilirlik düzeyleri ve alanları ise Tablo 3'te yer almaktadır. Kayaç yapısına ilişkin bulgular, çalışma alanının yaklaşık 600.000 hektarlık kısmında kayaç aşınabilirliğinin yüksek ve çok yüksek düzeyde olduğunu

göstermektedir. Bu alanlarda, kayaçlar kolay aşınabileceği için erozyon riskinin de yüksek olacağını söylemek mümkündür.

Tablo 2. Kayaç sınıfları, aşınabilirlik düzey ve kodları.
Table 2. Rock classes, erodibility levels and codes.

Kayaç Yapısı	Aşınabilirlik	Kod
Andezit Bazalt - Andezit, Tüf, Aglomera	Çok Düşük	1
Andezit, Bazalt, Piroklastik Kayaçlar - Andezit, Dasit, Piroklastik Kayaçlar - Andezit, Dasit, Tüf - Dasit - Diyabaz - Kalker - Melanj - Mermer - Metaklastik Kayaç - Serpantin - Yapraklanmalı Sokulum - Spilit - Şist - Traverten - Volkanik Sedimanter Kayaç - Spilit, Diabaz, Kumtaşları - Piroklastik Kayaç, Andezit, Trakiandezit, Bazalt - Gabro-Diabaz, Volkanitler - Ultramafitler (Dunit, Piroksenit, Harzburgit) - Serpantinleşmiş Ultramafitler - Spilit, Diabaz, Kumtaşları - Piroklastik Kayaç, Andezit, Trakiandezit, Bazalt	Düşük	2
Aglomera, Tüf, Andezit - Çört - Evaporit - Konglomera, Kumtaşı, Çamurtaşı - Kumtaşı, Çamurtaşı-Kireçtaşı - Metaolistrom - Olistostrom - Kıvrımlı Karbonat Kayaçları - Çörtlü Kireçtaşı, Kumtaşı Arabantlı - Bazalt, Killi Kireçtaşı, Radyorit Çamurtaşı - Olistostrom ve Olistolitler - Pelajik Killi Kireçtaşı, Çamurtaşı - Kireçtaşı-Marn - Şist	Orta	3
Aglomera, Tüf - Bazalt - Çörtlü Kireçtaşı - Kumtaşı - Piroklastik Kayaç - Kumtaşı, Çakıtaşı, Kumtaşı, Çamurtaşı - Konglomera, Kumtaşı, Çamurtaşı - Çamurtaşı, Radyorit, Volkanik Taneli Kumtaşı	Yüksek	4
Ardalanması		
Altıvyon - Altıvyon Yelpazesi	Çok Yüksek	5

Tablo 3. Kayaç aşınabilirlik düzeyleri ve alanları (ha).

Kayaç Aşınabilirlik Düzeyleri	Kod	Alan (ha)
Çok Düşük	1	14323
Düşük	2	100526
Orta	3	118081
Yüksek	4	173352
Çok Yüksek	5	127251

Eğim Grupları: Toprak aşınabilirliğinin belirlenmesinde önemli olan ikinci parametre ise eğim gruplarıdır. Çalışma alanındaki eğim gruplarının belirlenmesinde Tablo 4'teki sınıflandırma dikkate alınmıştır. Eğim grupları, açıklama ve kod değerlerine ilişkin bilgiler, CBS ortamına aktarılmış ve Şekil 5'teki eğim aşınabilirlik haritası oluşturulmuştur. Eğim düzeyi %20'den büyük olan alanlarda, aşınabilirliğe bağlı ortaya çıkacak erozyon riskinin de yüksek ve çok yüksek düzeyde olduğunu söylemek mümkündür.

Tablo 4. Eğim sınıfları, aşınabilirlik düzeyleri ve alanları (ha).

Eğim Sınıfları (%)	Açıklama	Aşınabilirlik	Kod	Alan
< 3	Çok az-düz	Çok Düşük	1	4138
3 - 12	Orta eğim	Düşük	2	8036
12 - 20	Dik eğim	Orta	3	216485
20 - 35	Çok dik eğim	Yüksek	4	91260
> 35	Sarp	Çok Yüksek	5	587141

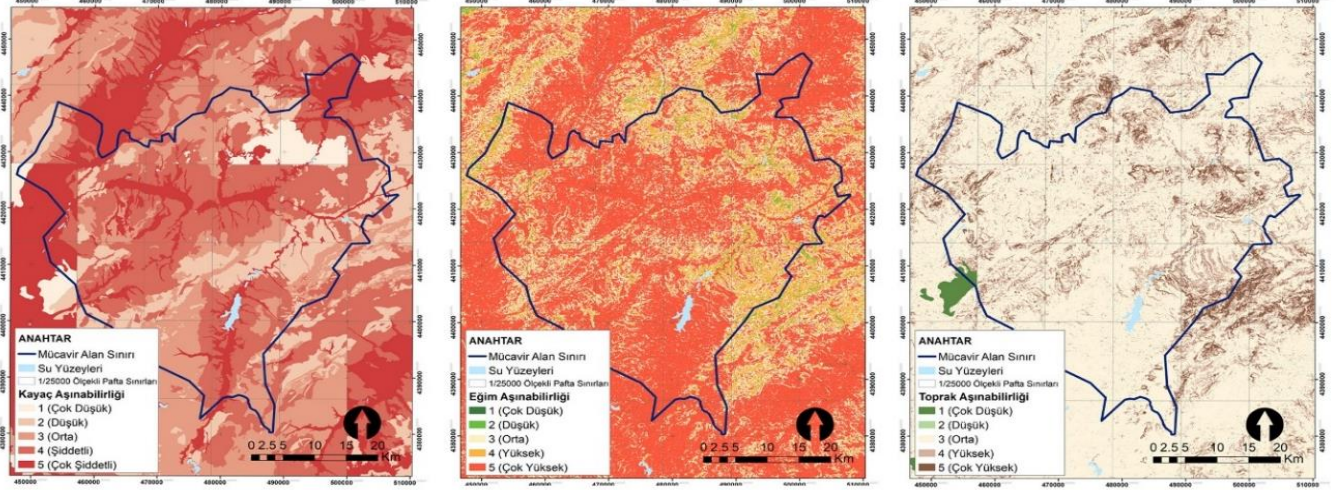
Toprak Aşınabilirliği: Kayaç yapısı ve eğim gruplarının Tablo 5'e göre çakıştırılması ile toprak aşınabilirlik haritası elde edilmiştir (Şekil 5). Tablo 6'da toprak aşınabilirlik düzey, kod ve alanları yer almaktadır. Toprak aşınabilirliği analizi sonucunda elde edilen bulgular, çalışma alanının yaklaşık 850.000 hektarında yüksek ve çok yüksek düzeyde toprak aşınabilirliğine bağlı erozyon riskinin de yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Kayaç yapısı ve eğim gruplarının çakıştırma kriterleri.
Table 5. Overlapping criteria of rock structure and slope groups.

Kayaç Aşınabilirliği	Eğim Aşınabilirliği				
	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Çok Düşük	1	1	1	1	1
Düşük	2	3	3	4	5
Orta	2	3	3	4	5
Yüksek	2	3	4	5	5
Çok Yüksek	2	3	4	5	5

Tablo 6. Toprak aşınabilirlik düzeyi, kod ve alanları (ha).
Table 6. Soil erodibility levels, codes and areas (ha).

Toprak Aşınabilirlik Düzeyi	Kod	Alan (ha)
Çok Düşük	1	4081
Düşük	2	6602
Orta	3	41341
Yüksek	4	692306
Çok Yüksek	5	159795



Şekil 5. Kayaç aşınabilirliği, eğim aşınabilirliği ve toprak aşınabilirliği haritaları.

Figure 5. Rock erodibility, slope erodibility and soil erodibility maps.

Toprak Koruma

Arazi Örtüsü: Toprak koruma düzeylerinin belirlenebilmesi amacıyla gerekli olan ilk parametre arazi örtüsüdür. Bu amaçla, Tablo 7’de yer alan CORINE arazi kullanımı sınıflarından yararlanılmıştır. Ancak, verinin güvenilirliğini ve güncelliğini sağlayabilmek açısından uydu görüntülerinden yararlanarak doğrulama yapılmıştır. Çalışma alanının arazi örtüsü haritası Şekil 6’da yer almaktadır.

Eğim: Toprak koruma düzeylerinin belirlenmesinde önemli olan ikinci parametre ise eğim gruplarıdır. Çalışma alanındaki eğim gruplarının belirlenmesinde Başlık 4.1’de yer alan eğim grupları dikkate alınmıştır.

Toprak Koruma: IFIE (Mülga Orman Araştırma ve Deney Enstitüsü Hızlı Akan Sular Bölümü) tarafından geliştirilmiş Ankara arazi örtüsüne göre düzenlenmiş toprak koruma dereceleri ve eğim gruplarının Tablo 8’e göre çakıştırılmasıyla toprak koruma haritası elde edilmiştir (Şekil 6).

Tablo 7. Arazi kullanım sınıfları ve alanları (ha).

Table 7. Land use classes and areas (ha).

Corine Kod	Arazi Kullanım Sınıfları (Düzy 3)	Corine Sınıfları (Düzy 2)	Alan (Ha)
111	Sürekli Şehir Yapısı	Yerleşim Alanları	8556
112	Kesintili Şehir Yapısı	Yerleşim Alanları	29883
121	Endüstriyel ve Ticari Birimler	Yerleşim Alanları	17007
122	Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar	Yerleşim Alanları	3196
124	Havaalanları	Yerleşim Alanları	2081
131	Maden Çıkarım Sahaları	Yerleşim Alanları	3153
132	Boşaltım Sahaları	Yerleşim Alanları	642
133	İnşaat Sahaları	Yerleşim Alanları	10445
141	Yeşil Şehir Alanları	Yerleşim Alanları	1203
142	Spor ve Eğlence Alanları	Yerleşim Alanları	786
211	Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	Tarım Alanları	231362
212	Sürekli Sulanan Alanlar	Tarım Alanları	25611
221	Üzüm Bağları	Tarım Alanları	155
222	Meyve Bahçeleri	Tarım Alanları	929
231	Zeytinlikler	Tarım Alanları	16834
242	Karışık Tarım Alanları	Tarım Alanları	30557
243	Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları	Tarım Alanları	51834
311	Geniş Yapraklı Ormanlar	Doğal Alanlar	133
312	İğne Yapraklı Ormanlar	Doğal Alanlar	2195
321	Doğal Çayırliklar	Doğal Alanlar	45939
323	Sklerofil Bitki Örtüsü	Doğal Alanlar	3441
324	Bitki Değişim Alanları	Doğal Alanlar	17030
331	Sahiller, Kumsallar, Kumluklar	Doğal Alanlar	35
333	Seyrek Bitki Alanları	Doğal Alanlar	27255
411	Karasal Bataklıklar	Sulak Alanlar	2183
512	Su Kütelleri	Su Kütelleri	1474

Tablo 8. Arazi kullanım ve eğim gruplarının toprak koruma indisleri (Şahin vd. (2014)’ten uyarlanarak).

Table 8. Soil conservation indices of land use and slope groups (adapted from Şahin et al. (2014)).

Corine Kod	Arazi Kullanım Sınıfları	% < 3	% 3 - 12	% 12 - 20	% 20 - 35	% > 35
111	Sürekli Şehir Yapısı	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
112	Kesintili Şehir Yapısı	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
121	Endüstriyel ve Ticari Birimler	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
122	Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
124	Havaalanları	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
131	Maden Çıkarım Sahaları	0.5	0.5	0.3	0.3	0.0
132	Boşaltım Sahaları	0.5	0.5	0.3	0.3	0.0
133	İnşaat Sahaları	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
141	Yeşil Şehir Alanları	0.9	0.9	0.5	0.3	0.3
142	Spor ve Eğlence Alanları	0.9	0.5	0.5	0.3	0.0
211	Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	1.0	0.9	0.6	0.5	0.4

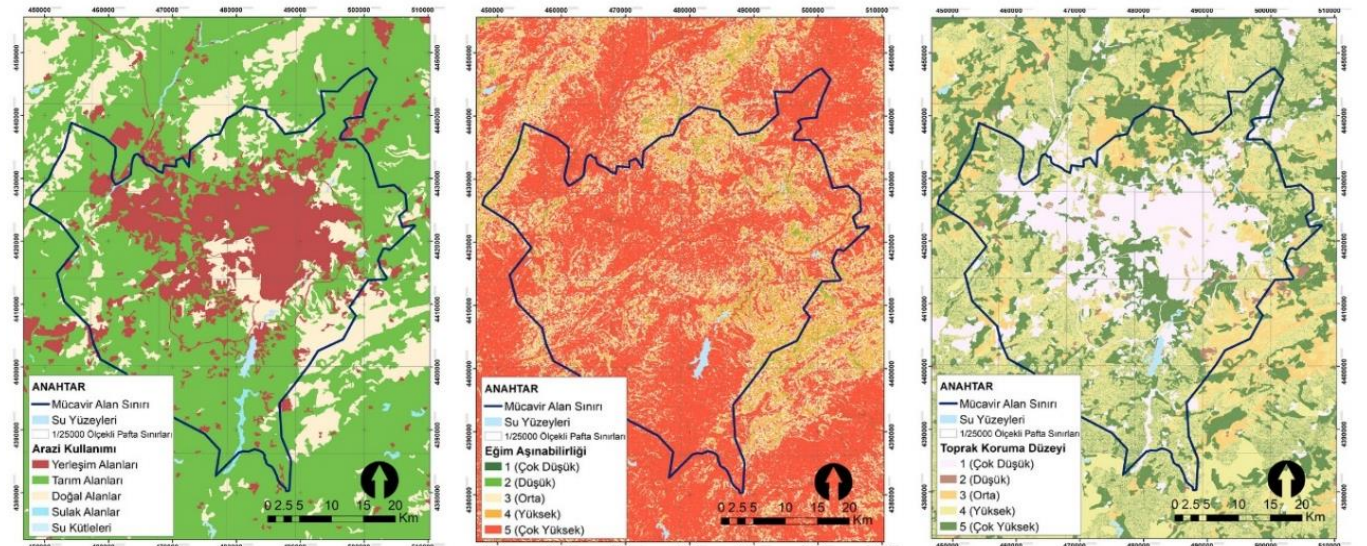
Corine Kod	Arazi Kullanım Sınıfları	% < 3	% 3 - 12	% 12 - 20	% 20 - 35	% > 35
212	Sürekli Sulanan Alanlar	0.9	0.9	0.6	0.5	0.4
221	Üzüm Bağları	1.0	1.0	0.9	0.6	0.5
222	Meyve Bahçeleri	1.0	1.0	0.9	0.6	0.5
231	Zeytinlikler	1.0	1.0	0.9	0.6	0.5
242	Karışık Tarım Alanları	1.0	1.0	0.9	0.6	0.5
243	Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları	1.0	1.0	1.0	0.9	0.5
311	Geniş Yapraklı Ormanlar	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
312	İğne Yapraklı Ormanlar	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
321	Doğal Çayırliklar	0.9	0.9	0.6	0.6	0.4
323	Sklerofil Bitki Örtüsü	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
324	Bitki Değişim Alanları	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
331	Sahiller, Kumsallar, Kumluklar	0.9	0.6	0.5	0.3	0.0
333	Seyrek Bitki Alanları	0.9	0.9	0.6	0.6	0.5
411	Karasal Bataklıklar	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
512	Su Kütleleri	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tablo 9’da toprak koruma düzeyi, kod ve alanları yer almaktadır. Toprak koruma analizi sonucunda elde edilen bulgular, çalışma alanındaki yaklaşık 80.000 hektarlık alanda toprak koruma düzeyinin çok düşük ve düşük; dolayısıyla erozyon riskinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 9. Toprak koruma indisi, düzeyi, kod ve alanları (ha).

Table 9. Soil protection index, level, code and areas (ha).

İndis değeri aralığı	Toprak Koruma Düzeyi	Kod	Alan (ha)
0.2-0.0	Çok Düşük	1	74826
0.5-0.3	Düşük	2	5063
0.7-0.6	Orta	3	53259
0.9-0.8	Yüksek	4	232551
1.0	Çok Yüksek	5	168220



Şekil 6. Arazi örtüsü, eğim aşınabilirliği ve toprak koruma düzeyleri haritası.

Figure 6. Land cover, slope erodibility and soil protection levels map.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Toprak aşınabilirlik ve toprak koruma düzeylerinin Tablo 10’a göre çakıştırılması ile erozyon riski haritası elde edilmiştir (Şekil 7). Erozyon riski düzeyi, kod ve alanları ise Tablo 11’de yer almaktadır. Çalışmanın sonuçları, Ankara mücavir alan sınırını kapsayan çerçeve sınır içinde, Yenimahalle ve Keçiören ilçelerinin güneyi, Mamak’ın batısı, Çankaya ve Etimesgut’un kuzeyi ile Sincan’ın doğusundaki yaklaşık 124.300 hektarlık alanda erozyon riskinin yüksek ve çok yüksek olduğunu göstermektedir.

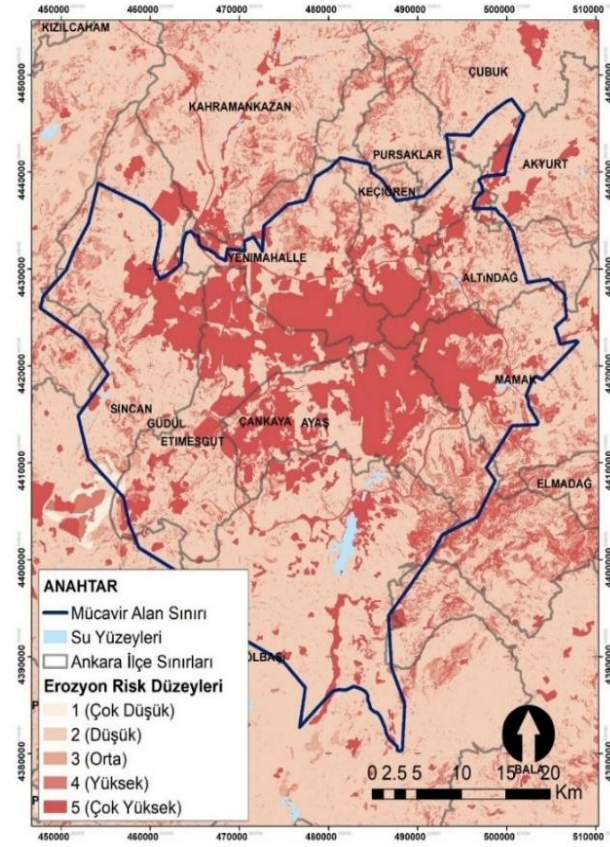
Erozyon riski analizi sonuçları, arazi kullanımı verileriyle ilişkilendirildiğinde, yerleşim alanlarında arazi kullanımına bağlı toprak kaybı bulunması nedeniyle erozyon risk düzeyinin yüksek olduğunu söylemek

mümkündür. Ancak, yerleşim alanlarının bulunmadığı kırsal alanlarda, toprak koruma düzeyleri nispeten yerleşim alanlarına göre daha yüksek, dolayısıyla erozyon riski açısından da daha avantajlı yerler olarak ifade edilebilmektedir.

Araştırma sonuçları eğim grupları açısından değerlendirildiğinde; yerleşim alanları dışında kalan ve eğimin düşük ve çok düşük (% <3 ve % 3-12) olduğu alanlarda, erozyon riskinin düşük ve çok düşük olduğunu; eğim düzeyinin yüksek ve çok yüksek (% 20-35 ve % >35) olduğu alanlarda ise, erozyon riskinin yüksek ve çok yüksek olduğunu göstermektedir.

Araştırma sonuçları kayaç yapısı açısından değerlendirildiğinde; alüvyon ve alüvyon yelpazesi, aglomera, tüf – bazalt - çörtlü kireçtaşı – kumtaşı - piroklastik kayaç - kumtaşı, çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı - konglomera, kumtaşı, çamurtaşı - çamurtaşı, radyolorit,

volkanik taneli kumtaşı araldanması gibi kayaç sınıflarına sahip bölgelerde, aşınabilirlik düzeyi yüksek ve çok yüksek olduğu için erozyon risk düzeyinin de yüksek ve çok yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 7. Erozyon riski haritası
Figure 7. Erosion risk map

Tablo 10. Toprak aşınabilirlik ve toprak koruma düzeylerine göre erozyon risk düzeyleri (Şahin vd. 2014).

Table 10. Erosion risk levels according to soil erodibility and soil protection levels (Şahin et al. 2014).

Toprak Aşınabilirlik Düzeyi	Toprak Koruma Düzeyi				
	Çok düşük (1)	Düşük (2)	Orta (3)	Yüksek (4)	Çok yüksek (5)
Çok yüksek (5)	5	5	5	4	4
Yüksek (4)	5	5	4	3	2
Orta (3)	5	4	3	2	2
Düşük (2)	4	3	3	1	1
Çok Düşük (1)	4	3	2	1	1

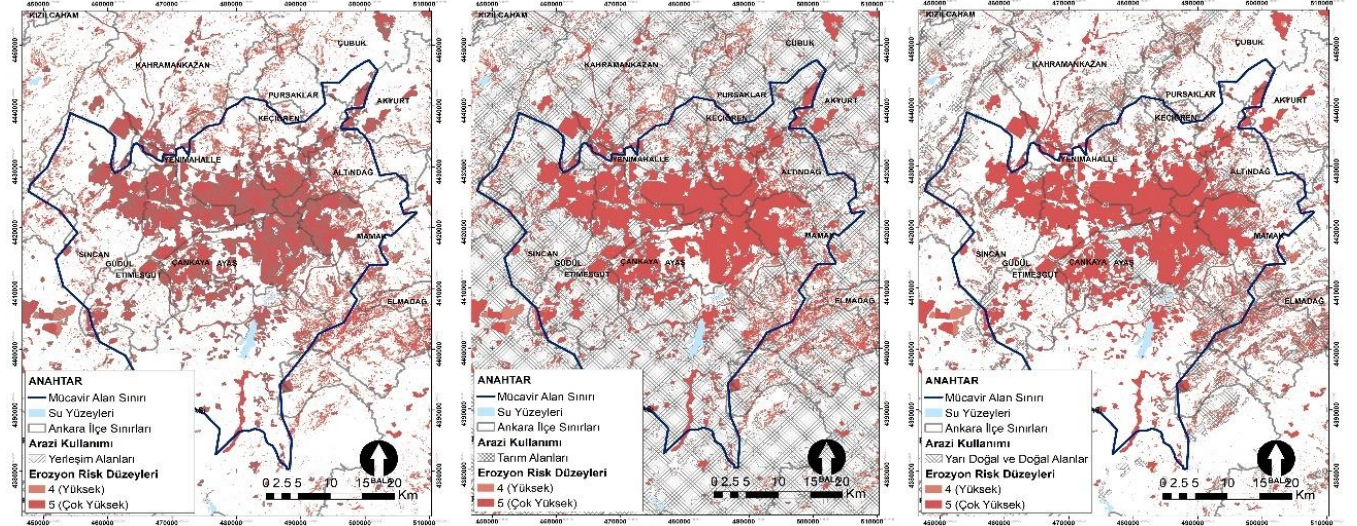
Tablo 11. Erozyon risk düzeyi, kod ve alanları.

Table 11. Erosion risk levels, codes and areas.

Erozyon Risk Düzeyi	Kod	Alan (Ha)
Çok Düşük	1	4224
Düşük	2	353757
Orta	3	51243
Yüksek	4	37432
Çok Yüksek	5	86871

Erozyon riskinin tespit edilmesinde kullanılan yöntem ve teknikler ile sayısal veri setlerine ilişkin bazı kısıtlamalar mevcuttur. Bu kısıtlamalar, gelecek çalışmalara yol göstermesi amacıyla, ayrıntılı biçimde ifade edilmiştir.

- Bu çalışmada, çalışma sınırı, kentsel ve kırsal alan kullanımına bağlı ortaya çıkan farklılıkların erozyon riski üzerine etkilerinin anlaşılabilmesi amacıyla mucavir alanı kapsayan çerçeve sınır olarak belirlenmiştir. Ancak, gelecek çalışmalarda, çalışma sınırı olarak mucavir alan sınırı yerine kentsel alanları da içine alan ölçekteki bir havza sınırının belirlenmesi, erozyon riskinin belirlenmesinde yağış ve akarsuları kapsayan iklim ve hidrolojik yapıya ilişkin parametrelerin yönteme dahil edilmesine olanak sağlayacaktır.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden elde edilen jeoloji verisinde, 1/25.000 ölçekli pafta sınırından kaynaklanan keskin bir sınır olduğu görülmektedir. Veri setindeki bilgilerin doğrulanması ve kenar birleştirme sorunlarını çözmeye yönelik ayrıntılı jeolojik analizlere ihtiyaç vardır (Yıldız, 2022).
- Akalan (1992), beş santim kalınlıktaki bir toprağın oluşması için ortalama iki bin yıla ihtiyaç olduğunu vurgularken, aynı zaman da erozyonun önlenmesi için atılacak ilk adımın insan etkisini yani alan kullanım yanlışlarını ortadan kaldırmanın gerekliliğini belirtmiştir. Ankara Kenti, sürekli nüfus artışı ile alan kullanım türüne bakılmaksızın kentsel gelişimini yatay yönlü olarak devam ettirmektedir. Bu durumda, erozyonun en büyük nedenlerinden yanlış alan kullanımını pozitif etkileyerek toprak kaybını artırmaktadır. Şekil 8 değerlendirildiğinde; Ankara Kentinin yoğun yerleşim alanlarında erozyon risk düzeyinin “5-çok yüksek” olduğu görülmektedir.
- Analiz sonucunda çalışma alanı sınırları içinde 124.300 ha alanda yüksek ve çok yüksek erozyon riski olduğu tespit edilmiştir. Erpul vd. (2020)'ye göre; Ankara İli yıllık birim alandan toprak kaybı her bir hektardan 5,03 tondur (ton ha⁻¹ yıl⁻¹). Bu durumda çalışma alanından yıllık 625.229 ton toprak kaybı olma olasılığı çok yüksektir.
- Bu çalışmada olduğu gibi ICONA modelinin kullanılması ve CBS teknikleri yardımıyla arazi örtüsü üzerinde erozyon riskinin tahmin edilmesi, alan kullanımlarının planlanmasında ve yönetilmesinde etkili bir yaklaşım olmaktadır. ICONA yöntemi sonuçlarının; iklimsel veriler ve toprak özellikleri ile değerlendirilmesi (Ediş vd., 2021), yapılan analize olumlu katkıda bulunarak daha hassas ve doğruluğu yüksek sonuçların tespit edilmesini sağlayacaktır.



Şekil 8. Arazi örtüsü/kullanım sınıfları ve yüksek-çok yüksek erozyon düzeyleri.
Figure 8. Land cover/use classes and high to very high erosion levels.

Sonuç olarak, Ankara'nın arazi kullanımı ve kentsel yerleşim alanlarının gelişimi incelendiğinde toprak kaybının önlenmesi veya azaltılabilmesi için yanlış alan kullanımlarından kaçınılmalıdır. Aynı zamanda, kent çeperinde tarım ve doğal alanların bulunması nedeniyle kentin yatayda gelişimi önlenmelidir. Çalışma kapsamında erozyon riskinin belirlenmesinde kullanılan yöntem ve elde edilen analiz sonuçları, sadece toprak koruma çalışmalarında değil, aynı zamanda çok katmanlı kent planlarında altlık olarak kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akalan, İ. (1992).** Türkiye'nin Toprak Kaynakları, Bunların Sorunları ve Çözüm Yolları. *Türkiye Coğrafyası Uygulama ve Araştırma Dergisi*, *1*, 1-14.
- Alevkayalı, Ç. & Abi, B. (2023).** Mekân Tabanlı Toprak Erozyonu Tahmin Modelleri: Bildiklerimiz Değişiyor Mu? *Coğrafi Bilimler Dergisi*, *21*(2), 696-725. DOI: [10.33688/aucbd.1265625](https://doi.org/10.33688/aucbd.1265625)
- Anonim. (2024).** Erozyon ve Sel Kontrolü Dersi – Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Anabilim Dalı. Erişim Tarihi: 10.10.2024. Erişim Adresi: https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/havzaamenajmani_6500a.pdf.
- Avcı, V. (2016).** Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Gökdere Havzası ve Çevresinin (Bingöl) Erozyon Duyarlılık Analizi. *The Journal of Academic Social Science*, *26*, 170-193. Doi:10.16992/ASOS.1116.
- Aydın, A. & Tecimen, H.B. (2010).** Temporal soil erosion risk evaluation: a CORINE methodology application at Elmali dam watershed, Istanbul. *Environ. Earth. Sci. J.*, *61*, 1457-1465. DOI: [10.1007/s12665-010-0461-2](https://doi.org/10.1007/s12665-010-0461-2).
- Aydınalp, C. (2000).** Türkiye'nin Toprak Sorunları. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *10*(1), 135-143.
- 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. DOI: [10.1016/j.ijsrc.2020.03.005](https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2020.03.005)

- Balçı, N. (1976).** Toprak Erozyonu ve Kirlenme Sorunları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *XXVI*(2), 68-77.
- Bayramın, İ. (2003).** Soil erosion risk assessment with LEAM model; case study: Beypazarı Area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *23*, 105-116.
- Bayramın, İ., Dengiz, O., Başkan, O. & Parlak, M. (2003).** Soil Erosion Risk Assessment With ICONA Model; Case Study: Beypazarı Area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *27*(2), Article 7. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol27/iss2/7>
- Bayramın, İ., Erpul, G. & Erdoğan, E. H. (2006).** Use of CORINE methodology to assess soil erosion risk in the semi-arid area of Beypazarı-Ankara, Turkey. *Turkish Journal of Agricultural and Foresty*, *30*, 81-100.
- Beasley, D.B. & Hugins, L.F. (1982).** ANSWERS: Areal Non-point Source Watershed Environmental Response Simulation: User's manual, USEPA Rep. 905/9-82-001. USEPA, Chicago, IL.
- Birleşmiş Milletler (BM). (2024).** Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları. Erişim Linki: <https://turkiye.un.org/tr/sdgs> Erişim Tarihi: 10.11.2024.
- Chen, Y.H. Pan, W.B. & Cai, Y.B. (2007).** "Assessment on soil erosion susceptibility in watershed based on RUSLE - a case study of Jixi Watershed". *Journal of Mountain Science*, *25*(4), 490-496.
- 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. DOI: [10.1016/j.geoderma.2021.114972](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114972)
- Cürebal, İ. & Ekinci, D. (2006).** "Kızılköçü Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3d) Yöntemi ile Erozyon Analizi", *Türk Coğrafya Dergisi*, *47*, 115-131.
- Çepel, N. (1988).** *Peyzaj Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3510, O.F. Yayın No: 391.
- Çilek, A., Berberoğlu, S., Erdoğan, M.A. & Dönmez, C. (2014).** PESERA ve RUSLE erozyon modellerinin Akdeniz ve Ege havzalarındaki sonuçlarının karşılaştırılması. *UZAL-CBS 2014. 14-17 Kasım 2014*. İstanbul.
- Çorbacı, Ö. L. (2014).** *Doğal ve Kültürel Değerleri ile Amasra'nın Peyzaj Planlaması*. Doktora Tezi, Ankara

- Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, 438, Ankara.
- Çorbacı, Ö. L. & Dönmez, Y. (2019).** *Peyzajın Yapısının (Peyzaj Karakter Tiplerinin) Tanımlanması ve Haritalanması: Bartın İli Amasra İlçesi Örneği*, Latif Gürkan Kaya (Ed.), Mimarlık Tasarım ve Planlama Alanında Yeni Ufuklar (s. 329, 366), ISBN 978-605-80229-6-6. Gece Kitaplığı, Ankara.
- Çorbacı, Ö. L. & Dönmez, Y. (2020).** *Bartın İli Amasra İlçesinin Habitat Değeri: Leke-Koridor-Matris Uygulaması*, Serhan Haner (Ed.), Mühendislik ve Mimarlık Araştırmaları Teori, Uygulama ve Yeni Yaklaşımlar, (s. 31-65) ISBN: 978-625-7139-47-2, Iksad Yayınları, Ekim, 2020, Ankara.
- Çorbacı, Ö.L. & Özyavuz, M. (2024).** *Kentsel Yeşil Alanların Sürdürülebilir Yönetimi*, Editör: Kenan İnce, Kentsel Açık Yeşil Alanlarda Kurakçıl Peyzaj (Xeriscape) Çalışmaları, pp. 108-170, ISBN: 978-625-367-138-9, Iksad Yayınları, Eylül, Ankara, 2024.
- Ediş, S., Aytas, 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.
- Ekinci, D. (2005).** "CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi", *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13, 109-119.
- Ekren, E. (2022).** Investigation of Land Cover Change in Kahramanmaraş Province (Turkey). *Proceedings of the 8th International Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences (IEICES 2022)*, 407-411.
- 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) Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları.* Ankara.
- Erpul, G. & Saygı, S.D. (2012).** Ülkemizde toprak erozyonu sorunu üzerine: Ne yapmalı? *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1), 26-32.
- Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygı, F., Göl, C., Ediş, S. & Doğan, A. (2014).** İnebolu Havzası'nın ICONA Modeli ile Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi. *Anadolu J. Agric. Sci.*, 29, 136. DOI: 10.7161/anajas.2014.29.2.136-142
- FAO. (2024).** Global Symposium on Soil Erosion. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Erişim Tarihi: 20.10.2024. Erişim Adresi: <https://www.fao.org/about/meetings/soil-erosion-symposium/key-messages/en/>
- FAO & ITPS. (2015).** Status of the World's Soil Resources (SWSR)–Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. ISBN 978-92-5-109004-6.
- Kanar, E. & Dengiz, O. (2015).** Madendere Havzasında Potansiyel Erozyon Risk Durumunun İki Farklı Parametrik Model Kullanarak Belirlenmesi ve Risk Haritalarının Oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 123-134. DOI: 10.19159/tutad.45374
- Kavuran, E. (2021).** Kayaç aşınabilirlik düzeyleri. Yazılı/Sözlü Görüşme. Ankara.
- Knisel, W. G. (Ed.). (1980).** "CREAMS: A Field-Scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems," USDA Conservation Research Report, Vol. 26, No. 1, 1980, pp. 36-64.
- Knisel, W.G. & Douglas-Mankin, K.R. (2012).** CREAMS/GLEAMS: Model Use, Calibration, and Validation. *Trans. ASABE* 55, 1291-1302.
- MAPA/ICONA. (1983).** Paisajes erosivos en el sureste español: Ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación, proyecto LUCDEME: 66, España.
- MAPA/ICONA. (1991).** Metodología para el diseño de actuaciones agrohidrologías en las cuencas del ambito mediterraneo. Proyecto LUCDEME. pp. 1-31.
- OECD. (2013).** OECD Compendium of Agri-environmental Indicators, Organisation for Economic Co-operation and Development Publishing, Paris, DOI: 10.1787/9789264186217-en
- Pandey, A., Chowdary, V.M., Mal, B.C. & Billib, M. (2008).** Runoff and sediment yield modeling from a small agricultural watershed in India using the WEPP model. *J. Hydrol.*, 348(3), 305-319. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2007.10.010
- PAP/RAC (MAP/UNEP). (1997).** Guidelines for Mapping and Measurement of Rainfall-Induced Erosion Processes in the Mediterranean Coastal Areas. PAP-8/PP/GL.1. Split, Priority Actions Programme Regional Activity Centre (MAP/UNEP), with the cooperation of FAO. pp xii+70.
- Reich, P., Eswaran, H. & Beinroth, F. (2001).** Global dimensions of vulnerability to wind and water erosion. In: Stott DE, Mohtar RH, Steinhardt GC (Eds) Sustain. Glob. Farm - Sel. Pap. 10th Int. Soil Conserv. Organ. Meet. May 24-29 1999 West Lafayette IN. International Soil Conservation Organization, United States Department of Agriculture Agricultural Research Service National Soil Erosion Research Laboratory, and Purdue University, West Lafayette, IN, USA, Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, pp838-846.
- Saygı, S.D., Özcan, 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. DOI: 10.1007/s12665-013-2565-y
- Shirazi, M. P. & Moosavi, A. A. (2024).** Application of ANSWERS model for calculating runoff and sediment prediction from steep agricultural watersheds in northern Iran and its comparison with the other related models. (Ed: Pourghasemi, H. R & Kariminejad N.) *Advanced Tools for Studying Soil Erosion Processes*. Elsevier, 563-577. DOI: 10.1016/B978-0-443-22262-7.00031-X
- Şahin, Ş., Perçin, H., Kurum, E., Uzun, O., Bilgili, B.C., Tezcan, L., Çiçek, İ., Müftüoğlu, V., Çorbacı, Ö.L., Sütünc, S., Doğan, D., Koç, Ö., Ateş, E., Tarım, B., Kurdoğlu, G. & Kaşko, Y. (2013).** PEYZAJ-44: İl ölçeğinde peyzaj karakter analizi ve turizm/Rekreasyon açısından değerlendirilmesi. 109G074 Nolu TÜBİTAK KAMAG Projesi Raporu.
- Şahin, Ş., Perçin, H., Kurum, E., Uzun, O. & Bilgili, C. (2014).** Bölge - Alt Bölge (İl) Ölçeğinde Peyzaj Karakter Analizi ve Değerlendirmesi Ulusal Teknik Kılavuzu. Müşteri Kurumların T.C. İçişleri Bakanlığı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı olduğu, T.C. Ankara Üniversitesinin Yürütücü Kuruluş olduğu ve TÜBİTAK KAMAG 1007 Programı 109G074 No'lu PEYZAJ-44 Projesi Çıktısı, 148 Sayfa, Ankara.
- Tağıl, Ş. (2009).** Çakırdere ve Yahu Dere Havzalarında Balıkesir Toprak Kaybının Mekânsal Dağılışı ve Etkileyen

- Faktörler. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **12**(22), 23-39.
- Tsara, M., Kosmas, C., Kirkby, M.J., Kosma, D. & Yassoglou, N. (2005)**. An evaluation of the pesera soil erosion model and its application to a case study in Zakyntos, Greece. *Soil Use and Management*,
- Uslu, S. & Weniger, C. (1961)**. Türkiye’de zirai inkişafın sebep olduğu toprak kaybı. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 122-128. DOI: [10.17099/jffiu.95177](https://doi.org/10.17099/jffiu.95177)
- Vihervaara, P., Mononen, L., Santos, F., Adamescu, M., Cazacu, C., Luque, S., Genelletti, D. & Maes, J. (2017)**. Chapter 4.1. *Biophysical quantification*. In: *Mapping Ecosystem Services*, Burkhard, B. ve Maes, J. (eds), Pensoft Publishers, Sofia.
- Yücel, M. (2018)**. *Çevresel Etki Değerlendirmesi*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 310. Ders Kitapları Yayın No: A-94, Adana.
- Yücel, M. (2000)**. *Çevre Sorunları*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 109, Ders Kitapları Yayın No: A-28, Adana.
- Yüksek, T. (2011)**. Rize Yöresinde Yanlış Arazi Kullanımı ve Neden Olduğu Çevresel Sorunlar. Doğu Karadeniz Bölgesi Heyelan ve Taşkın Sempozyumu, 10-11 Şubat, 2011, Trabzon. Web Sitesi: https://www.academia.edu/4988834/Rize_Y%C3%B6resinde_Yanli%C5%9F_Arazi_Kullan%C4%B1m%C4%B1_ve_Neden_oldu%C4%9Fu_%C3%87evresel_Sorunlar?auto=download.
- Yüksek, T., Göl, C., Yüksek, F. & Yüksel, E.E. (2009)**. The Effects of Land-Use Changes on Soil Properties: The Conversion of Alder Coppice to Tea Plantations in the Humid Northern Blacksea Region. *African Journal of Agricultural Research*, **4**(7), 665-674.
- Yüksek, T. & Yüksek, F. (2014)**. Rize yöresinde arazi kullanımı ve bazı iklim elemanlarında meydana gelen zamansal değişimler ile sel-heyelan olayları arasındaki ilişkiler. *I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu 10-12 Eylül, 2014*, Çankırı. Bildiriler Kitabı, s: 564-572.
- Yıldız, N.E. (2022)**. *Kent Planlamada Ekolojik Başarım Göstergelerinin Kullanımı ve Süreç Modeli: Ankara Örneği*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara, 234 s.
- Yıldız, N. E., Alp, H., & Topaloğlu, A. A. (2024)**. Niğde kenti ve çevresinde peyzaj özelliklerine dayalı hava kalitesi potansiyelinin değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **25**(2), 13-26. DOI: [10.17474/artvinofd.1459599](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1459599)