

ZİLLİ DERE HAVZASI'NDA (İSKENDERUN) CBS TABANLI EROZYON DUYARLILIK ANALİZİ

Arş. Gör. **Mehmet DEĞERLİYURT***

Özet

Erozyon, geçmişi tarımın yapılmaya başlandığı devirlere kadar uzanan, dünyanın her yerinde görülen ve tarım alanlarının tehdit eden çevresel bir problemdir. Erozyonun, son zamanlarda yoğunluğunun daha da artması yüzünden milyonlarca ton tarım toprağı geri kazanılamayacak şekilde deniz, göl ve barajlara taşınmaktadır. Bu yüzden yeryüzündeki tarım alanlarının her yıl 12×10^6 h sürdürülebilir tarım yöntemleri kullanılmadığından dolayı verimsizleştiği için terk edilmiştir. Bu durum, artan dünya nüfusuna karşılık kişi başı düşen tarım alanlarının her geçen yıl azalmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada Hatay'ın İskenderun İlçesi'nin güneyinde kalan $154,33 \text{ km}^2$ 'lik alan kaplayan Zilli Dere Havzası'na ait erozyon duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Bu haritanın oluşturulmasında; Yağış Eroziyon (R), Toprak Direnç (K), Yamaç Eğim Uzunluğu (LS), Zemin Örtüsü (C) ve Erozyon Önleyici Çalışmalar (P) Faktörlerinin kullanıldığı RUSLE yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak inceleme alanının % 10.22'lik bölümünün şiddetli erozyona duyarlı olduğu tespit edilmiş ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Erozyon Duyarlılık Analizi, RUSLE, İskenderun, Zilli Dere, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

EROSION VULNERABILITY ANALYSIS AT ZİLLİ RIVER BASIN (İSKENDERUN) BASED ON GIS

Abstract

Erosion which dates back to eras where the land was started to be cultivated, is an environmental problem both occurs in everywhere all over the world and threatens the cultivated areas. Recently, it further increased its frequency of occurrence. Due to erosion, million tonnes of soil are lost and transferred to seas, lakes and dams in such a way that recycling is impossible. Thus, 12×10^6 hectares of cultivable areas on earth are abandoned as they become unproductive owing to erosion caused from wrong agricultural techniques that are not sustainable. This leads to a loss of cultivated areas per capita while world population increases year after year.

* Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Türkiye Coğrafyası anabilim dalı

In this study, it was created the erosion sensitivity map of a 154,33 km² area belonging to the Zilli River Basin covering the south region of Iskenderun county of Hatay city. Rainfall erosivity factor (R), Soil Erodibility Factor (K), Topographic Factor (LS), Land Cover-Management Factor (C) And Support Practice Factor (P) are carried out, were used to create this map. As a result, it has been found out that the 10.22 % of investigated area is highly and extremely sensitive to erosion. Moreover, it has been advised many solution tips.

Key words: *Erosion Vulnerability Analysis, Revised Universal Soil Lost Equation (RUSLE), İskenderun, Zilli River, Geographic Information Systems (GIS)*

1. Giriş

Toprak, kayaçların fiziki çevreyle etkileşimleri sonucu oluşan ve oluşumu itibarıyla uzun bir süreç alan, insan hayatındaki en temel kaynaklardandır. Aynı zamanda su ve hava ile birlikte doğadaki yaşam süreçlerinin en önemli temel taşlarından biri olması, temel besin maddelerinin üretimini güvence altına almak için vazgeçilmez bir yaşam kaynağı olarak görülmesine neden olmuştur. Bu nedenle insan hayatının devam edebilmesinde büyük önem taşıyan gıda, yem ve yakıt gibi temel ihtiyaçların karşılanmasında ve tüm karasal hayatın devamında en önemli unsur olarak kabul edilmektedir (Blanco - Lal, 2008). Buna rağmen, yaşam için bu derece önemli bir varlık, yüzyıllar boyu sıradan bir doğa verisi olarak algılanmış, tahrip edilemez bitmez tükenmez, sınırsız bir kaynak olarak düşünülmüştür. Günümüzde toprağın sınırlı bir kaynak olduğu, bu nedenle kolay zarara uğrayabileceği bilincine varılsa da, toprağa olan talep her geçen gün artmış ve ekonomik bir araç haline gelmiştir (Çepel, 1997). Yeryüzünde nüfusun artmasına bağlı olarak yaşamsal açıdan önem arz eden temel besin maddelerine olan ihtiyaca bağlı olarak toprağın önemini daha da arttırmaktadır. Sadece 10-15 cm'lik bir toprak tabakasının oluşumunun binlerce sene gibi uzun zaman alması toprağın korunmasının ne kadar önemli olduğunu bize göstermektedir.

İnsanın yeryüzündeki faaliyetleri sonucu ortaya çıkan hızlandırılmış erozyon, dünyanın her yerinde görülen çevresel ve tarımsal bir problemdir. Hızlandırılmış erozyonun geçmişi tarımın yapılmaya başladığı devirlere kadar uzanmakla birlikte son zamanlarda yoğunluğu daha da artmıştır. Her yıl milyonlarca ton tarım toprağı geri çevrilemeyecek şekilde erozyonla deniz, göl ve barajlara taşınmaktadır. Bu yüzden yeryüzündeki tarım alanlarının 12x10⁶ hektarı sürdürülebilir tarım yöntemleri kullanılmadığı için terk edilmektedir. Bu durum sonucunda, artan dünya nüfusuna karşılık kişi başı düşen tarım alanı her geçen yıl azalmaktadır (Lal - Stewart, 1990; Pimentel vd., 1994).

Erozyon, Türkiye'nin de mücadele etmesi gereken önemli çevresel sorunlardandır (Cangir, vd., 2000). Avrupa Birliği ülkelerinde ülke başına ortalama 25 milyon hektarlık bir alanda erozyon görülürken Türkiye'de bu değer 57 milyon hektardır. Türkiye'nin en önemli çevre sorunlarından birisini oluşturan ve zaman zaman açlığa ve göçe neden olan erozyon, başlı başına bir ekolojik sorun olarak değerlendirilmelidir. Her yıl ortalama kaybolan 500 milyon tona yakın verimli toprakla

birlikte yaklaşık 9 milyon ton bitki besin maddesi de yitirilmektedir. Bu durum aynı zamanda ekosistemin ve suların kirlenmesine de neden olmaktadır. Türkiye topraklarının % 99'u su erozyonundan, geriye kalan % 1'inin de rüzgâr erozyonundan etkilenmekte (DPT, 2001) olması, erozyonun Türkiye için ne kadar büyük bir tehdit olduğunu gözler önüne sermektedir.

Türkiye için bu kadar büyük bir sorun olan erozyon, Akdeniz Bölgesi'ndeki tarım alanları açısından ayrıca bir önem taşımaktadır. Çünkü yağış rejiminin düzensiz olması ve yaz mevsiminin kurak geçmesi fiziki koşullar açısından erozyona yatkınlığı arttırmaktadır (Knijff, vd., 2000; Gıtas vd., 2009). Çalışma, Akdeniz'e dökülen mevsimlik bir akarsu olan Zilli Dere Havzasında erozyona duyarlı alanları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenmesini amaçlamaktadır. Bölgenin erozyona olan yatkınlığı çalışmanın önemini daha da arttırmaktadır.

2. İnceleme Alanının Konumu Özellikleri

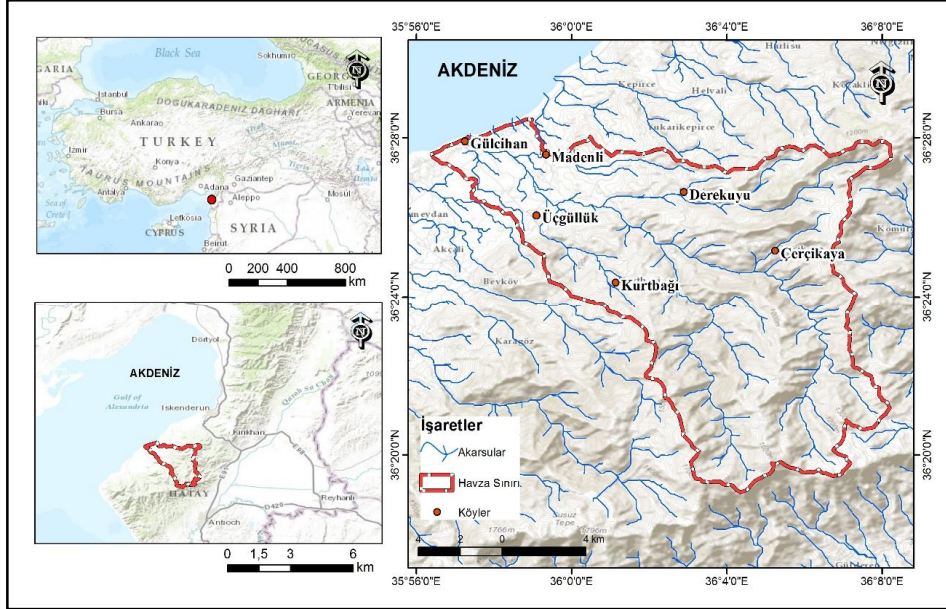
İnceleme alanı Türkiye'nin güneyinde Akdeniz Bölgesi'nin Adana Bölümünde, Hatay İli'nin İskenderun İlçesi'nin güneyinde yer alır (Şekil 1). Zilli Dere Havzası'nın alanı 154.33 km² olarak belirlenmiştir. Havzada yükselti değerleri deniz kıyısından başlayarak 1735 metreye kadar çıkmaktadır.

Amanos Dağları'ndan doğan Zilli Dere Havzası iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde Amanos Dağları'nın oluşturduğu su bölümü çizgisinden Akdeniz'e doğru eğimli yamaçlar, ikinci bölümde ise az eğimli deniz seviyesine yakın düz alanlar bulunmaktadır. Eğim dereceleri düz alandan % 68'e kadar değişmekle beraber ortalama %19'luk bir değer taşımaktadır. İnceleme alanı Amanos Dağları'nın uzanış yönünden dolayı kuzeybatıya dönüktür (Şekil 1). Havza aynı zamanda denizel etkiye ve denizden gelen hava kütlelerine açıktır.

İnceleme alanında, aşağı kesimlerde Kuvaterner yaşlı alüvyonlar, orta kesimde ise Orta Miyosen yaşlı kumtaşı, killi kireçtaşı, kiltası ve marndan oluşan birimler, yukarı kesimde ise Orta-Üst Kretase dönemine ait ofiyolitik kayalar yer almaktadır.

İnceleme alanında Akdeniz iklimi görülmekte olup, bu iklimin bütün karakteristik özelliklerini taşımaktadır. Genel olarak yazlar sıcak ve kurak kışlar ılık ve yağışlıdır. Sıcaklık ortalamaları Ağustos ayında en üst seviyeye (28.5 °C) çıkarken, Ocak ayında en düşük seviyeye (11.8 °C) iner. Yıllık yağış toplamı ise 720.27 mm'dir. Bu yağışın % 35.76'sı kış, % 27.20'si ilkbahar, % 8.66'sı yaz ve % 28.38'i ise sonbahar mevsiminde düşmektedir.

İnceleme alanı içerisinde 6 tane yerleşim alanı bulunmaktadır. Bunların aşağıdan yukarıya doğru sıralanışı ve 2012 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi'ne (ADNKS) göre nüfusları şu şekildedir. Gülcihan (526), Madenli (1902), Üçgüllük (1356), Derekuyu (779), Kurtbağı (857), Çerçikaya (404)'dür (TÜİK, 2013).



Şekil 1. İnceleme Alanının Konum Haritası

3. Materyal ve Yöntem

Toprak erozyonu konusu 1930'lerden itibaren bilim insanları için bir sorun olmuş ve bu konuda çeşitli modeller geliştirmeye başlanmıştır (Knijff, vd., 2000; Lal, 2001; Warren, vd., 2004; Blinkov - Kostadinov, 2010). Bu modeller içerisinde Amerika Toprak Koruma Servisi (USDA) tarafından geliştirilen ve sonrasında yaygın olarak kullanılan Universal Soil Loss Equation (USLE) (Wischmeier, 1959; Wischmeier, 1976; Wischmeier - Smith, 1978), uzun yıllar ortalama toprak kaybını kabul edilebilir doğrulukta tahmin eden en basit yöntem olarak bilinmektedir (Beskow vd., 2009). Zira bu yöntem birçok ülke tarafından yaygın olarak kullanılmıştır (Kitahara, vd., 2000). USLE yöntemi, ilerleyen teknolojik olanaklarla geliştirilerek yeniden gözden geçirilmiş ve Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) adını almıştır (Renard, vd., 1991; Renard, vd., 2002). Bu yöntemin birçok ülke tarafından kullanılmış ve gerçeğe yakın sonuçlar veren yöntem olması tercih edilmesindeki başlıca etkindir. Bu modelin kullandığı formüle göre:

$$A=R.K.LS.C.P$$

A: Erozyon Sonucu Oluşan Toprak Kaybı (ton/ha/yıl)

R: Yağış Eroziyon Faktörü

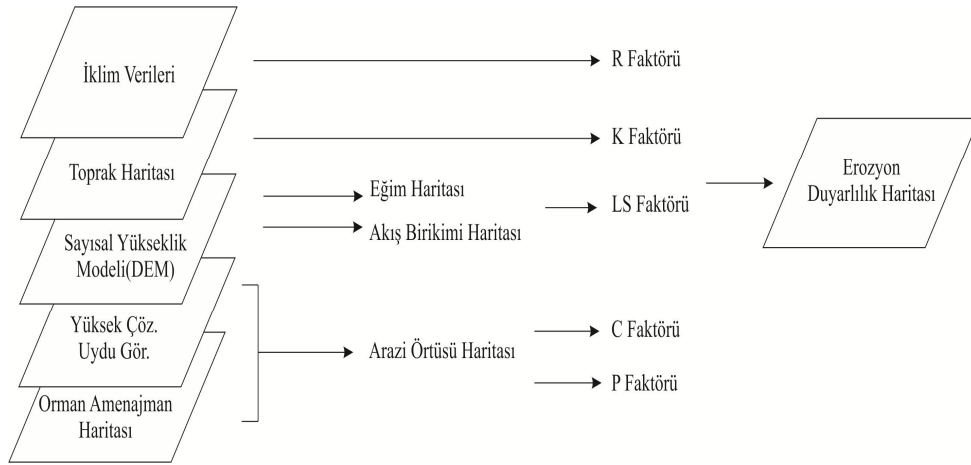
K: Toprak Direnç Faktörü

LS: Yamaç Eğim Uzunluğu (Topografya) Faktörü

C: Zemin Örtüsü Faktörü

P: Erozyon Önleyici Diğer Faktörler

Bu işlem için iklim verileri, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından hazırlanan toprak haritaları, Harita Genel Komutanlığına ait topoğrafya haritaları, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Hazırlattığı orman amenajman haritası ve 2010 yılına ait yüksek çözünürlüklü IKONOS uydu görüntüsü kullanılmıştır. Toplanan bu veriler Arc Map 10 programı yardımıyla CBS ortamına aktarılmış, Raster Calculator kullanılarak analiz edilmiştir (Şekil.2).



Şekil 2. Çalışmada Kullanılan İşlem Akış Şeması

4. İnceleme Alanında RUSLE Analizinde Kullanılan Parametreler

4.1. Yağış Eroziyon (R) Faktörü

Yağış eroziyon (R) faktörü, yağışın neden olabileceği potansiyel erozyonu ifade etmektedir (Chen vd., 2009). Bunu belirlemek için hem toplam yağış, hem de toprağa düşen yağışın kinetik enerjisi göz önüne alınır (Beskow vd., 2009). Yağışın yapmış olduğu bu eroziyon etkisini belirlemek amacıyla RUSLE eşitliğinde yağışların toplam kinetik enerjileri ile 30 dakikalık maksimum yoğunlukları çarpımı ile elde edilen değer (EI= Erozyon indeksi) toprak kaybının hesaplanmasında belirleyici rol oynamaktadır (Cürebal - Ekinci, 2006; Chen vd., 2009).

RUSLE eşitliğinde yağış eroziyon faktörü, yağışın 30 dakikadaki maksimum yoğunluğunda olan yağışların (I_{30}) toplamının yıllık yağış miktarının toplamına oranı olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla birçok indeks geliştirilmiştir. Çalışmada yağışın yıllık ve aylık ortalamalarının hesaba katıldığı Modified Fournier Index (MFI) (Arnoldus, 1977). $MFI = \sum \frac{p_i^2}{P_j}$ şeklinde olan bu eşitliğe göre; p_i aylık yağışları (mm), P_j ise yıllık yağışların ortalamasını (mm) ifade eder. Burada "Yağış

Erozif Faktörü ise = (4.17 MFI) – 152” eşitliğinden ortaya konulabilmektedir (Cürebal - Ekinci, 2006).

Çalışma alanına ait R faktörünü hesaplamak için 35 metrede yer alan İskenderun Meteoroloji İstasyonu’na ait 37 yıllık (1975-2012) veriler kullanılmıştır. Yükselti farkının 1735 metre olduğu inceleme alanında bu farkın yağış miktarına etkisini göstermek amacıyla Schreiber tarafından önerilen aşağıdaki formül uygulanmıştır:

$$Ph = Po + 54h$$

Bu formüle göre “Ph” yükseltisi bilinen ancak yağış tutarı bulunacak noktayı, “Po” yükseltisi bilinen ve yağış ölçümü yapan bir istasyonun yağış miktarıdır. Formülde geçen 54 rakamı 100 metrelik yükselti artışına paralel olarak yağışın 54 mm arttığını gösteren katsayı, h ise yağış değeri bilinen noktayla yağış değeri tespit edilecek nokta arasındaki yükselti farkının (hektometre olarak) değerini ifade etmektedir (Ardel, 1969 ; Dönmez, 1979).

Çalışma alanına ait değerler formüle uygulandığında, 35 metrede 304.60 olan yağış erozif faktörü yükseltiyle orantılı olarak artmaktadır. İnceleme alanı içerisinde 1.735 metre yükseltide 633.30’a çıkmaktadır (Şekil 4).

4.2. Toprak Direnç (K) Faktörü

Toprak direnç faktörü, bazı toprak tiplerinin aynı şartlar altında erozyona olan duyarlılıklarının diğerlerinden farklı olmasına denir (Wischmeier - Smith, 1978; Sheikh vd., 2011). Yerel koşulların kısa mesafelerde değişmesi toprak direnç faktörünün doğrudan gözlemlerle belirlenmesini zorlaştırır. Örneğin; uzun ya da dik yamaçlarda bulunan dirençli topraklar sürekli sağanak yağışlar altında yüksek derecede erozyona maruz kalabilir. Dirençsiz topraklar düz alanlarda ve az miktarda erozif etkenlere maruz kalarak erozyondan korunabilir. Bu açıdan toprak direnç faktörünün diğer koşullardan farklı bir şekilde yöresel koşulların da göz önüne alınmasıyla bağımsız olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Wischmeier - Smith, 1978). Bu bağlamda inceleme alanına ait K faktörü haritası Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’nın oluşturduğu toprak haritasına TURTEM tarafından belirtilen (Özden ve Özden, 1997) K faktörü değerleri eklenerek oluşturulmuştur (Şekil 3).

İnceleme alanında bulunan toprakların alansal dağılışına bakıldığında en fazla paya kireçsiz kahverengi orman toprakları sahiptir (Tablo1). Bu topraklar özellikle havzanın yukarı kesimlerinde kalın örtüler halinde bulunmaktadır. En az paya ise kolüvyal topraklar sahiptir. (Foto 1 A ve B).

Tablo 1. İnceleme Alanına Ait Toprakların Büyük Toprak Grupları ve K değerleri

Toprak Türü	Alan (km)	Alan (%)	K Değeri
Kolüvyal Toprak	15.64	10.1	0.18
Kahverengi Orman Toprağı	28.08	18.2	0.18
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	107.94	70	0.29
Yerleşim Alanı	2.67	1.7	0.001
Toplam	154.33	100	



Foto 1. İnceleme Alanına Ait Farklı Toprak Örtüsü Görüntüleri

4.3. Topografya (LS) Faktörü:

Eğim, erozyon şiddetini düzenleyen ve organize eden faktörlerin başında gelmektedir. Yüzeysel akışa geçen suyun akışı ile toprak kaybı arasındaki ilişkide belirleyici unsurdur. Toprak parçacıkları çok düşük eğimli yamaçlarda bile eğim yönünde taşınmaya uğrar (Atalay, 2011). Eğimli bir sahada diğer faktörler aynı kalmak kaydıyla yalnızca eğim derecesi yerüstü akışının (akarsular ve sel suları gibi) fazla olmasına ve buna bağlı olarak da erozyonun artmasına neden olur. Eğim değerleri arttıkça erozyon şiddetlenmekte, azaldıkça hafiflemektedir (Ekinci, 2004).

RUSLE ile ilgili çalışmalarda kullanılan Yamaç Uzunluk ve Eğim Faktörü anlamına gelen L ve S faktörleri CBS ortamında birleştirilerek LS faktörü olarak adlandırılır. LS faktörü, 22.13 m uzunluğunda ve % 9 eğimli bir arazideki toprak kaybı oranını temsil etmektedir. Bu özelliklere sahip bir arazideki LS değeri 1 'dir.

Eğim uzunluğu, yüzeysel akışın oluştuğu noktadan itibaren, eğimin azaldığı ve birikmenin başladığı veya yüzeysel akışın bir kanala veya çevirme terası kanalı olarak inşa edilmiş bir kanala kadar olan mesafesidir (Özden - Özden, 1997). Yamaç uzunluğu ve yamaç dikliğinin toplamını oluşturan LS faktörü farklı formüllerle elde edilebilmektedir. Çalışmada kullanılan LS haritası Harita Genel Komutanlığı'ndan alınan 10 metre yükselti aralıklarıyla çizilmiş olan izohipslerden oluşturulan DEM verisinden elde edilmiştir. DEM verisinden LS faktörünün elde edilmesinde, $LS = \text{Pow}(\text{flowacc}) \times \text{resolution} / 22.1, 0.6 \times \text{Pow}(\text{Sin}(\text{slope}) \times 0.01745) / 0.09, 1.3$) eşitliği (Mitasova vd., 1996; Ekinci, 2007; Desmet - Govers, 2010; Shiferaw, 2011; Hickey, 2000) kullanılmıştır (Şekil 3).

Zilli Dere Havzası'nda LS değerleri farklı değerler göstermektedir. Örneğin foto 2 A'da havzanın yukarı kesimlerinde LS değerlerinin fazla olduğu eğimli yamaçlar görülürken, 2 B'de aşağı kesimlerde eğim azalmasına bağlı olarak az olduğu kesimler görülmektedir.



Foto 2. Zilli Dere Havzasında Eğim Değerlerinin Az ve Fazla Olduğu Bölgeler

4.4. Arazi Örtüsü (C) Faktörü:

Arazi örtüsü toprağın yağış erozyonuna karşı korunmasında hayati önem taşımaktadır (Zachar, 1982). Ayrıca arazi örtüsü, yağmur damlalarının toprağa çarpma hızını azaltması ve yüzeysel akış hızını kesmesi (Çepel, 1997; Altın, 2006), yağın yağmurun bir kısmını dal ve yaprakları tarafından tutarak intersepsiyona neden olmasıyla yüzeysel akışı etkilemesi (Hoşgören, 2010), kökleri yardımıyla toprağı tutması ve rüzgârın hızını keserek toprağı koruması (Çepel, 1997) gibi nedenlerle erozyonu engelleyici etkide bulunur. Bu yüzden arazi örtüsünün yoğun olduğu yamaçlarla erozyon, olmayan yamaçlara göre oldukça azdır. Arazi örtüsünün zemin kaplama oranı arttıkça erozyona olan direnci de artmaktadır (Zachar, 1982).

ZİLLİ DERE HAVZASI'NDA (İSKENDERUN) CBS TABANLI EROZYON DUYARLILIK ANALİZİ

Dolayısıyla direnç faktörü ormanlarda en fazla iken tarımsal alanlara doğru bu direnç azalmaktadır.

İnceleme alanına ait arazi örtüsü haritası Orman Genel Müdürlüğü'nden alınan amenajman haritası ve 2010 yılına ait IKONOS uydu görüntüsü kullanılarak oluşturulmuştur. İnceleme alanındaki tarım alanları dışında kalan yüksek alanlarda ormanlar ve yamaçlarla tarım alanları arasında kalan sahada ise zeytinlikler geniş yer kaplamaktadır. Foto 3 A'da orman örtüsü, 3 B, 3 C ve 3 D'de yamaçlarda yer alan tarım alanlarıyla zeytin alanlarında görüntüler verilmiştir. Ayrıca inceleme alanındaki arazi örtüsünde en fazla paya ormanlar, ikinci sırada ise çoğunluğu zeytin ağaçlarından oluşan makilikler, üçüncü sırada ise tarım alanları sahiptir. En az paya ise boş alanlar sahiptir (Tablo 2 ve Şekil 3).



Foto 3. İnceleme Alanına Ait Farklı Arazi Örtüsü Örnekleri

Tablo 2. İnceleme Alanının Arazi Örtüsüne Göre C Faktörü Değerleri

Arazi Örtüsü	Alanı Km ²	Alanı %	C Değeri
Yerleşim Alanı	2.96	1.91	0
Orman	77.44	50.18	0.89
Makilik	36.30	23.52	0.13
Tarım Alanı	36.10	23.4	0.1
Boş Alan	1.53	0.99	1
Toplam	154.33	100	

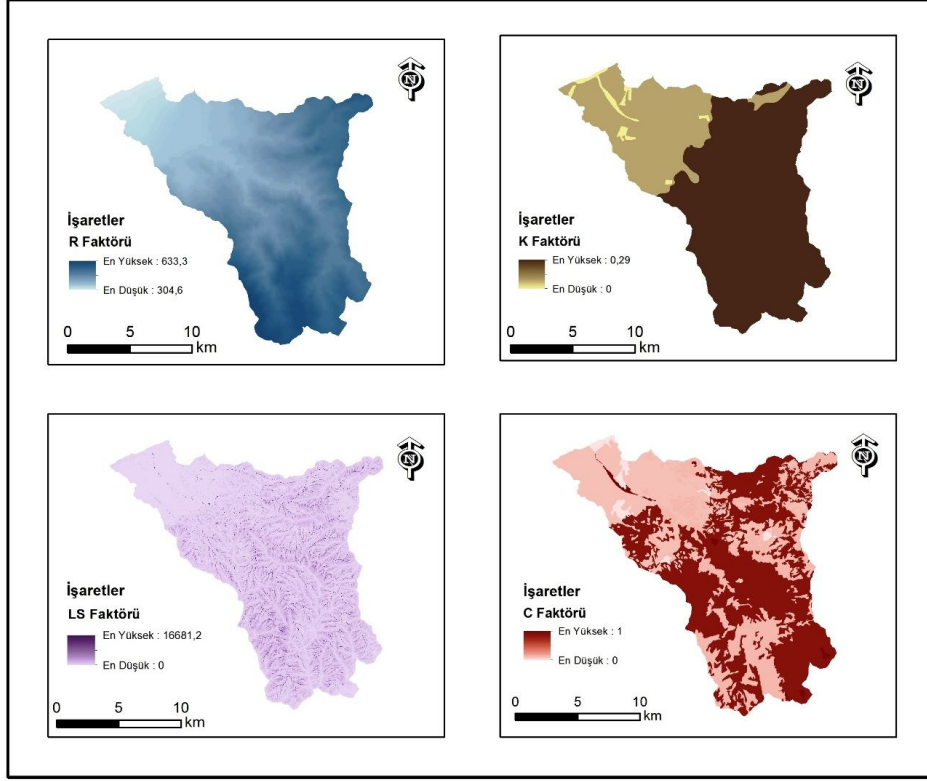
4.5. Erozyonu Engelleyici Çalışmalar (P Faktörü):

P faktörü bir yerdeki erozyonu kontrol etmek için yapılan uygulamalar için kullanılır. Arazide erozyonu önleyici çalışmalar uygulamadan önceki ve uygulandıktan sonraki toprak kayıpları oranlanarak hesaplanır. P değerleri 0 ile 1 arasında değişir, en yüksek değerler, herhangi bir destek uygulamalarının olmadığı çıplak araziler için kullanılır (Blanco - Lal, 2008).

Bu faktör tespit edilemediği durumlarda 1 olarak değerlendirilmektedir (Renard vd.,1991; Tağıl, 2007). İnceleme alanında yapılan arazi gözlemleri sırasında erozyon önleyici çalışmaya rastlanmamıştır. Sadece birkaç yerde eğimli yamaçlardan tarım alanı kazanmak için yapılan bir takım teraslama çalışmalarına rastlanmıştır (Foto 4). Ancak bunun da yeterli olmadığı düşünülerek bu değer 1 alınmıştır.



Foto 4. İnceleme Alanındaki Eğimli Yamaçlarda Tarım Yapabilmek Amaçıyla Oluşturulan Teraslama İşlemi

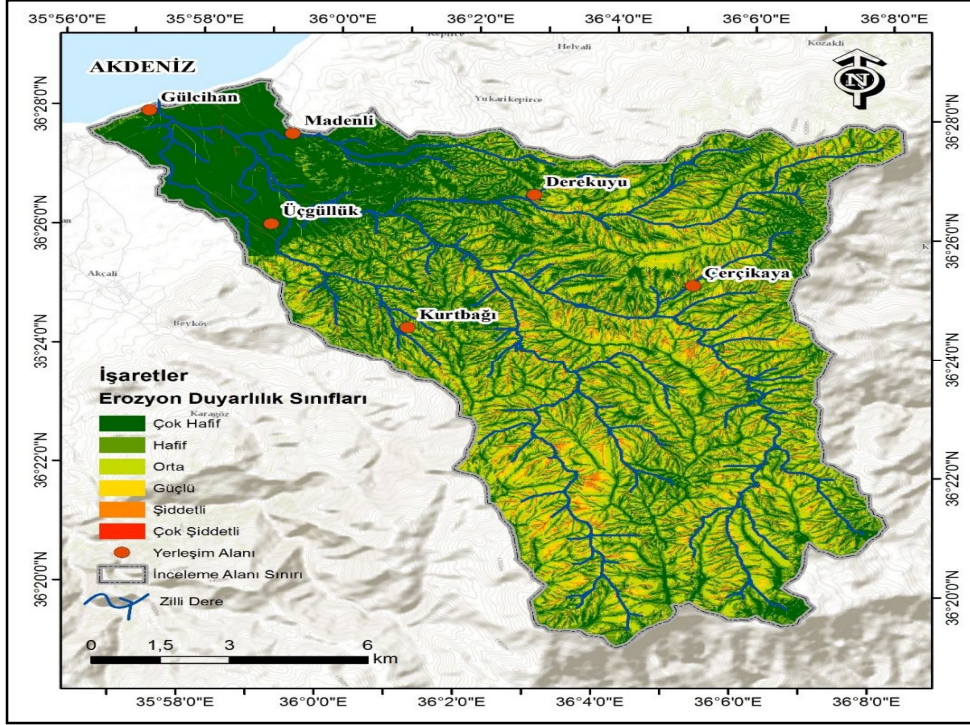


Şekil 3. İnceleme alanındaki erozyonu tahminde kullanılan parametreler

5. Analiz ve Değerlendirme

Analiz sonucunda inceleme alanında erozyonla taşınan toprak miktarı ortalaması 12.026 ton/ha/yıl, maksimum taşınan toprak miktarı 16.68 ton/ha/yıl, toplamda taşınan toprak miktarı ise 18.605 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Standart sapma ise 167.45 kg'dır. Standart sapmanın düşük olması erozyonun havzanın genelinde yaygın olarak görülen bir durum olduğunu göstermektedir.

Sonuç haritasına ait duyarlılık sınıflarının belirlenmesinde Bergsma vd. (1996)'nın yapmış olduğu çalışmadan yararlanılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre çok hafif (5 ton/ ha/yıl'dan az), hafif (5-12 ton/ ha/yıl arası), orta (12-35 ton/ha/yıl arası), güçlü (35-60 ton/ha/yıl arası), şiddetli (60-150 ton/ha/yıl arası) ve çok şiddetli (150 ton/ha/ha/yıl'dan daha fazlası) şeklinde oluşturulmuştur. Buna göre inceleme alanına ait elde edilen duyarlılık haritası aşağıda verilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Zilli Dere’de Görülen Erozyonun Duyarlılık Sınıflarına Göre Dağılışı

İnceleme alanının erozyon duyarlılık sınıflarına göre alansal dağılımına bakıldığında çok hafif duyarlı alanlar inceleme alanının % 36.51’ini, hafif duyarlı alanlar % 29.22’sini, orta derecede duyarlı alanlar % 24.04’ünü, güçlü duyarlı alanlar % 5.73’ünü, şiddetli duyarlı alanlar % 2.81’ini, çok şiddetli alanlar ise % 1.68’ini kaplamaktadır (Tablo 4).

Tablo 4. İnceleme Alanında Meydana Gelen Erozyonun Duyarlılık Sınıflarına Göre Dağılımı

Erozyon Duyarlılık Sınıfları	Alan (Km ²)	Alan (%)
Çok Hafif	56.35	36.51
Hafif	45.1	29.22
Orta	37.1	24.04
Güçlü	8.85	5.73
Şiddetli	4.33	2.81
Çok Şiddetli	2.6	1.68
Toplam	154.33	100

ZİLLİ DERE HAVZASI'NDA (İSKENDERUN) CBS TABANLI EROZYON DUYARLILIK ANALİZİ

İnceleme alanında erozyona duyarlı alanların dağılışı genel anlamda deniz seviyesine yakın düzlüklerden Amanos Dağları'nın yamaçlarına doğru artmaktadır. Havza genel anlamda erozyon sahaları ve birikim sahaları olacak şekilde iki bölüme ayrılmış olup bu ayırım şekil 4'te belirgin olarak görülmektedir. Havza genelinde erozyonun etkisi hafif eğimli alanlarda yüzeysel erozyon olacak şekilde iken (Foto 5), eğimin arttığı yüksek kesimlerde daha çok hendek (Gully) erozyonu şeklindedir. Arazi gözlemleri esnasında tespit edilen hendeklerden bazılarının derinliği 1.5-2 metre arasında değişmektedir (Foto 6 A, B,C,D).

İnceleme alanında erozyona ve çevre kirliliğine neden olan hususlardan bir diğeri de havzadaki krom madenidir. Bu maden çevreye önemli ölçüde zarar verdikleri gibi doğal örtüyü tahrip ederek erozyona açık hale getirmektedir (foto 6).



Foto 5. Az Eğimli Alanlardaki Yüzeysel Erozyon



Foto 6 : A, B, C, D. İnceleme Alanına Meydana Gelen Hendek (Gully) Erozyonu Örnekleri



Foto 7. İnceleme Alanında Bulunan Krom Madeninin Oluşturduğu Çevre Kirliliği ve Erozyona Açık Alanlar

6. Tartışma ve Sonuçlar

Yüksek düzeyde ve ekonomik bakımdan sürdürülebilir ürün verimine engel olmayan maksimum toprak kaybı, kabul edilebilir toprak kaybı olarak değerlendirilmektedir. Bu değer ise bazı yazarlar tarafından 2.47 ile 12.35 ton/ha/yıl arasında olduğu belirtilmiştir (Troeh vd., 1991; Çepel, 1997). İnceleme alanındaki toprak kaybı bu aralığın üst sınırındadır. Bu durum Zilli Dere Havzası'nda bulunan toprakların sürdürülebilir anlamda işletilebilmesi için bir an önce erozyon önleyici çalışmaların yapılmasının gerektiğini ortaya koymaktadır.

Yapılan arazi gözlemlerinde yamaçlarda oluşturulan tarım alanlarında erozyonu önleyici herhangi bir çalışma olmadığı görülmüştür. Seyrek olarak dikilen zeytin ve meyve ağaçlarının erozyonu önlemede yetersiz olduğu görülmüştür. Havza genelinde yaşayan insanlar tarımla uğraşmakta geçimlerini topraktan sağlamaktadır. Bu yüzden toprakların erozyona karşı korunması gerekmektedir.

Sonuç olarak, inceleme alanında doğal etkenlerin yanında insanın tercihi sonucu oluşan arazi kullanımı da erozyonu arttırmaktadır. Erozyonla taşınan toprağın, insanın çabalarıyla tekrar geri getirilmesi hem zor hem de ekonomik olmayan bir işlemdir. Doğru olan ise toprağı daha yerinde iken korumaktır. Bu açıdan inceleme alanında toprak koruyucu önlemlerin alınması toprağın sürdürülebilir bir şekilde işletilmesinin temel şartıdır. Gelecek nesillere karşı gerçekleştirilmesi gereken bir görevdir.

KAYNAKÇA

- Altın, M. (2006), Erozyon, Doğa ve Çevre, TEMA vakfı yayınları, (Mera-Erozyon İlişkileri, Kitap bölümü), İstanbul.
- Atalay, İ. (2008), Ekosistem Ekolojisi ve Coğrafyası, 1. Cilt, Meta Basım Yayın Hizmetleri, İzmir.
- Bergsma E., Charman P., Gibbons F., Hurni H., Moldenhauer W.C., Panichapong S., (1996) Terminology for Soil Erosion and Conservation. International Society of Soil Science, Grafisch Service Centrom, Wageningen.
- Beskow, S., Mello, C.R., Norton, L.D., Curi, N., Viola, M.R., Avanzi, J.C. (2009), Soil Erosion Prediction Inthe Grande River Basin, Brasil Using Distributed Modelling, Catena:79, 49-59, USA.
- Blanco, H., Lal, R. (2008), Principles of Soil Conservation and Management, Springer, USA.
- Blinkov, I., Kostadinov, S. (2010), Applicability of Various Erosion Risk Assesment Methods For Engineering Purposes, BALWOSIS, Macedonia.
- Cangir, C. Kapur , S., Boyraz , D., Akça , E., Eswaran, H., (2000), An Assessment of Land Resource Consumption in Relation to Land Degradation in Turkey, Journal of Soil and Water Conservation, 55(3):253-259.
- Chen, T., Niu, R., Li, P., Zhang, L., Du, B. (2010), Regional Soil Erosion Risk Mapping Using RUSLE, GIS And Remote Sensing: A Case Study İn Miyun Watershed, North China, Environ Earth Sci, 63:533–541.
- Çepel, N. (1997), Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar, TEMA Vakfı Yayınları, No: 14, İstanbul.
- Desmet, P. J. J., Govers, G. (1997), Comment on 'Modelling Topographic Potential for Erosion and Deposition Using GIS', International Journal of Geographical Information Science, 11:6, 603-610.
- Dönmez, Y. (1979), Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, No:2506, İstanbul.
- DPT, (2001), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Tarımsal Politikalar ve Yapısal Düzenlemeler Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Ekinci, D. (2004), Gülüş Çayı Havzasının Uygulamalı Jeomorfoloji Özellikleri, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İst.
- Cürebal, İ., Ekinci, D., (2006), Kızılköprü Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Erozyon Analizi, Türk Coğrafya Dergisi, 47, 115–130.
- Ekinci, D. (2007), Estimating of Soil Erosion in Lake Durusu Basin Using Revised USLE 3d With GIS, Çantay, İstanbul.
- Gitas, I.Z., Douros, K., Minakou, C., Silleos, G.N., Karydas, C.G. (2009), Multi Temporal Soil Erosion Risk Assesment İn N. Cahkidiki Using A Modified USLE Raster Model, EARSeL eProceedings,8,1.
- Hickey, R. (2000), Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS. Cartography, v. 29, No. 1, pp. 1 – 8.
- Hoşgören, M.Y. (2010), Hidrografya'nın Ana Çizgileri-1, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- İrvem, A., Tülüçü, K., (2004), Coğrafi Bilgi Sistemi ile Toprak Kaybı ve Sediment Verimi Tahmin Modelinin (EST) Oluşturulması ve Seyhan-Körkün Alt Havzasına Uygulanması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Der., No:13

- Lal, R. (2001), Soil Degredation by Erosion, Land Degredation- Development, Vol:12, P:519-539, USA.
- Lal, R., Stewart, B. A. (1990), Soil Degradation, Springer-Verlag, New York.
- Mater, B. (2004), Toprak Coğrafyası, Çantay Yayınları, İstanbul.
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., Iverson, L. R. (1996), Modelling Topographic Potential for Erosion and Deposition Using GIS, Int. I. Geographical Information Systems, 1996, Vol. 10, No. 5, 629-641.
- Özden, Ş., D. Özden, M., 1997, Türkiye Toprak Erozyon Tahmin Modeli TURTEM, Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara
- Pimentel D., Harman, R., Pacenza, M., Pecarsky, J., Pimentel M., (1994), Popul. Environ. 15, 347.
- Pimentel D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R. (1995), Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits, Science, New Series, Vol. 267, No. 5201, 1117-1123.
- Pimentel, D. (1998), Population Growth and the Environment: Planetary Stewardship, Electronic Green Journal, 1(9), Article 10 (Erişim: 10.12.2012).
- Renard, K. G, Foster, G.R., Weeies, G.A., Porter, J.P., (1991), RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation, Journal of Soil and Water Conservation, 46, 30-33.
- Sheikh, A.H. (2011), Integration of GIS and Universal Soil Loss Equation (USLE) For Soil Loss Estimation in a Himalayan Watershed, Recent Research In Science and Technology, 51-57.
- Shi, Z.H., Cai, C.F., Ding, S.W., Li, Z.X., Wang, T.W., Sun, Z.C., (2002), Assessment of Erosion Risk with the Rusle and Gis in the Middle and Lower Reaches of Hanjiang River, 12th ISCO Conference, Beijing.
- Shiferaw, A. (2011), Estimating Soil Loss Rates For Soil Conservation Planning In The Borena Woreda Of South Wollo Highlands, Ethiopia, Journal of Sustainable Development in Africa, Volume 13, No.3.
- Tağıl, Ş. (2007), Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS-Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi, Ekoloji, 17, 65, 11-20
- Troeh, F.R., Hobbs, J.A., ve Donahue, R.L. (1991), Soil and Water Conservation (Second Edition), Printice Hall Career and Technology, USA.
- TÜİK, 2013, Hatay Köy Nüfus Verileri, Türkiye İstatistik Kurumu Hatay İl Müdürlüğü, Hatay
- Warren, S.D., Hohmann, M.G., Auerswald, K., Mitsova, H. (2004), An Evaluation of Methods to Determine Slope Using Digital Elevation Data, Catena, 58, 215-233.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1978), Predicting Rainfall Erosion Losses: A guide to conservation planning, Agricultural Handbook, 537, US Department of Agriculture, Washington, DC, 58 pp, USA.
- Wischmeier, W.M. (1976), Use and Misuse of the Universal Soil Loss Equation. J. Soil and Water Conserv., 31, 5-9, USA
- Zachar, D. (1982), Soil Erosion, Elsevier Scientific Publishing Company, USA.