



## Foldere Yağış Havzasında RUSLE Yöntemine Göre Toprak Erozyonunun Belirlenmesi

Ömer KARA<sup>1\*</sup>, Kamil ÇAKIROĞLU<sup>1</sup>, Necla KORALAY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61000, TRABZON

### Öz

Gerçekte doğal bir süreç olan toprak erozyonu doğal kaynaklar üzerindeki artan insan etkisi ve yanlış arazi kullanımı sonucunda ülkemizde tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. Meydana gelen bu etkiyi azaltmaya yönelik kararlar alınabilmesi için EUROSEM, LISEM, SWAT, WEPP gibi bazı eşitlikler geliştirilerek yıllık ortalama toprak kayıpları ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Çalışma alanı, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Trabzon ili Vakfikebir ve Tonya İlçelerini kapsayan Fol Deresi Mikro Havzasıdır. Çalışmada toprak erozyonu miktarının hesaplanmasında dünyada yaygın olarak kullanılan Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve jeo-istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, sırasıyla ortalama R, K, LS ve C değişken değerleri  $422.0 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm saat}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ,  $0.0182 \text{ t ha saat ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , 10.7 ve 0.026 olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre; Fol Deresi Havzasında yıllık ortalama toprak kaybı 3,76 ton/ha hesaplanmıştır. Türkiye'de ortalama yıllık toprak kaybı 6,5 ton/ha olarak alındığında, havzadaki toprak kaybının Türkiye ortalamasının altında olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler erozyon kontrol stratejilerinin uygulanması ve havza planlanması çalışmalarında yol gösterici niteliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** Havza amenajmanı, RUSLE, toprak erozyonu.

## Determination of Soil Erosion in Foldere Stream Watershed According to RUSLE Method

### Abstract

In fact, soil erosion, which is a natural process, has reached dangerous situation in our country as a result of increasing human impact on natural resources and misuse of land. Some equations such as EUROSEM LISEM, SWAT, WEPP have been developed in order to be able to make decisions about reducing this effect and trying to put out annual average soil losses. The study area whose name is the Foldere Stream Micro watershed covering Vakfikebir and Tonya Districts in Trabzon is located in the Eastern Black Sea Region of Turkey. The Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and Geographical Information Systems (GIS) and geo-statistical methods, which are widely used in the world, have been used to calculate soil erosion amount in the study. As a result, the mean values of R, K, LS and C variables were determined as  $422.0 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm hour}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ,  $0.0182 \text{ t ha hour ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , 10.7 and 0.02, respectively. Estimated annual average soil loss in the Foldere Watershed is 3.76 ton / ha. When the average annual soil loss of 6.5 ton / ha is taken in Turkey, it is understood that the loss of land in the watershed below the average of Turkey. The results obtained in the study are indicative of the application of erosion control strategies and the study of watershed planning.

**Keywords:** Watershed management, RUSLE, soil erosion.

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ömer KARA (Prof. Dr.); Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61000, Trabzon-Türkiye. Tel: +90 (462) 377 3734, Fax: +90 (462) 325 7499, E-mail: [okara@ktu.edu.tr](mailto:okara@ktu.edu.tr), ORCID: 0000-0002-7787-746

Geliş (Received) : 19.07.2018  
Kabul (Accepted) : 30.10.2018  
Basım (Published) : 15.12.2018

## 1. Giriş

Doğal kaynakların sürdürülebilirliği denildiğinde, şüphesiz toprak erozyonu ve bunun çevreye olan olumsuz etkileri, ilk olarak akla gelen konulardan birisidir. Toprak erozyonu genellikle, toprağın parçalanması, taşınması ve çökmesini içeren üç eylemle karakterize edilir (Issaka ve Ashraf, 2017). Bu süreç organik madde, besin maddeleri ve toprak yaşamı açısından zengin olan üst toprağın taşındığı yerle (on-site), biriktiği yer (off-site) arasında sonuçlanır (Shi ve diğ. 2012). Toprak erozyonu, bitkilerin büyümesini, tarımsal verimi, su kalitesini, sucul ekosistemi ve rekreasyonu olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Welde ve Gebremariam, 2017; Koralay vd., 2018). Artan nüfus, tarımsal üretim, kentleşme ve insan faaliyetleri gibi alanlarda toprak erozyonu önemli bir problemdir (Kamaludin vd., 2013; Ding vd., 2015). Bir havzada toprak erozyonu su, topoğrafya, drenaj sistemi, yağış miktarı, arazi kullanım durumu gibi havzadaki çevresel etmenler arasındaki etkileşimin sonucudur (Rymbai ve Jha, 2013; Rehman vd., 2015; Li, 2016). Orman ve mera alanlarının tarıma dönüştürüldüğü yerlerde toprağın dış çevreden gelen etkenlere dayanıklılığı azalmakta erozyona uğrama eğilimi artmaktadır ve böylece derelere ulaşan sediment miktarında önemli değişimler meydana gelmektedir. Atalay (1984) yaptığı çalışmada Türkiye'deki toprak erozyonu miktarını yanlış arazi kullanımı, aşırı otlatma, topoğrafya, anakaya yapısı ve iklim faktörlerinin etkilediğini vurgulamıştır. Sthiannopkao vd. (2006) toprak kaybının çeltik tarlalarında en fazla, orman alanlarında ise en az miktarda gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Aynı zamanda, toprak erozyonunun toprak verimliliğini azalttığını ve su kalitesini olumsuz etkileyen besin maddeleri ve zirai kimyasallar içerdiğini vurgulamıştır Tarım alanlarında kullanılan gübreler, pestisitler, herbisitler gibi çeşitli kimyasal maddeleri dereye ulaşan sediment bünyesine alarak dereye ulaştırmakta buda su kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Avcı vd. (2017)'de Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yazılımları kullanılarak erozyon duyarlılık analizleri yapmışlardır. Bu analizlerde litoloji, eğim, akarsu yoğunluğu, bitki örtüsü ve toprak parlaklığı gibi veriler kullanılmıştır. Duyarlılığın yüksek olduğu alanlarda eğim yüksek olup litoloji magmatitlerden oluşmakta ve bitki örtüsü seyrekler. Eğimin azaldığı, bitki örtüsünün yoğunlaştığı genç örtü birimlerinin yüzelediği alanlarda ise erozyon duyarlılığı düştüğü ortaya çıkmıştır. Mahala (2018) Hindistan'ın Kangsabati nehri havzasında erozyon miktarını RUSLE yöntemine göre hesaplamıştır. Çalışmada havzanın her yerinde yüksek miktarda toprak kaybı bulunduğu, farklı arazi kullanım türleri arasında ekilen alanların toprak erozyonu açısından büyük risklerle karşı karşıya olduğu ve topoğrafik faktör nedeniyle havza üst seviyelerinin erozyona eğilimli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle havza içerisinde yapılan en ufak bir müdahale havzanın bütün hepsine yansarak havzanın ürettiği suyun hem kalitesini hem de miktarını ve toprak erozyonunu etkilemektedir. (Li ve Migliaccio, 2011). Gerçekte doğal bir süreç olan toprak erozyonu doğal kaynaklar üzerindeki artan insan etkisi ve yanlış arazi kullanımı sonucunda ülkemizde de tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Balcı, 1996; Çepel, 1996). Toprak erozyonu meydana geldiği ve biriktiği yerde bulunan flora ve fauna için olumsuz etkiler yaratmaktadır (Issaka ve Ashraf, 2017). Meydana gelen bu etkiyi azaltmaya yönelik kararlar alınabilmesi için bazı matematiksel eşitlikler geliştirilerek yıllık ortalama toprak kayıpları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu eşitliklerden dünya da yaygın olarak kullanılan olan Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (USLE)'dir (Wischmeier ve Smith, 1958; Wischmeier, 1959; Wischmeier ve Smith, 1978; Wischmeier, 1984). İlerleyen dönemlerde araştırmacılar bu eşitliğin eksikliklerini fark ederek Güncelleştirilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE)'i ortaya çıkarmışlardır (Renard vd., 1991). Birçok araştırmacı kurum ve kuruluş ülke genelinde veya farklı bölgelerde denklemin parametrelerini ve erozyon miktarını hesaplamıştır. Sünkar ve Avcı (2015) Elazığ'ın doğusunda yer alan Hasret Dağı ve çevresinin erozyon duyarlılık analizi yapmıştır. Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri kullanılmıştır. Sonuçlara göre Hasret Dağı ve çevresinde erozyon duyarlılığının yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Ülkemizde Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) tarafından 2016 yılında 329 meteoroloji gözlem istasyonunun 10 yıllık verileri kullanılarak Türkiye yağışlarının R-faktörü değerleri hesaplanmıştır. Saygın vd. (2014) yaptığı çalışmada Türkiye genelinde ki 252 meteoroloji istasyonunun 1993-2007 yılları arası yağış verilerini kullanarak R faktörünü hesaplamıştır. Sarayköy II Sulama Barajı havzasından alınan toplamda 311 adet toprak örneği ile yapılan toprak tekstür ve organik madde analizleri ile K faktörü hesaplanmıştır. Bitki örtüsü faktörü Laflen vd. (1985) tarafından ortaya konulan toprak-kayıp oranı (SLR) kullanılarak hesaplanmıştır. P faktörü ile ilgili herhangi bir çalışma olmadığından dolayı bu çalışmada P faktörü "1" olarak alınmıştır. Lin vd. (2016)'da Chushui ve Aiyuzi isimli havzalarda USLE yöntemini kullanarak toprak erozyonu miktarını hesaplamışlar ve havzalarda sırasıyla 8,122.71 ton/ha/yıl, 9,363.2 ton/ha/yıl erozyon miktarını bulmuşlardır. Aynı şekilde, C faktörünü mevcut arazi kullanım durumuna göre hesaplamışlar ve sırasıyla 0.1297, 0.1939 olarak bulmuşlardır. Özcan vd. (2015) Kayseri Alidağı'nda USLE/RUSLE metodunu kullanarak yaptıkları çalışmada R, K, ve LS parametrelerini sırasıyla 290.60 MJ/ha/mm saat/yıl, 0.244 ve 22.26 olarak hesaplanmıştır. Ağırıklı ortalama C faktörü değerlerini 0.016 ile 0.057 arasında bulmuşlardır. Tüm bu parametre değerleri kullanılarak Alidağı bölgesi için yıllık ortalama toprak kaybı 9.42 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur. Bayramın vd.(2008) Çankırı İndağı mevkiinde 5 farklı alandan 2 farklı toprak derinliğinden (0-10 cm, 10-20 cm) alınan toplamda 578 adet toprak örneği alınarak bu toprakları erodibilitate, organik madde içeriği ve hidrolojik iletkenlik değerleri analiz edilmiştir. Analizler sonucunda K



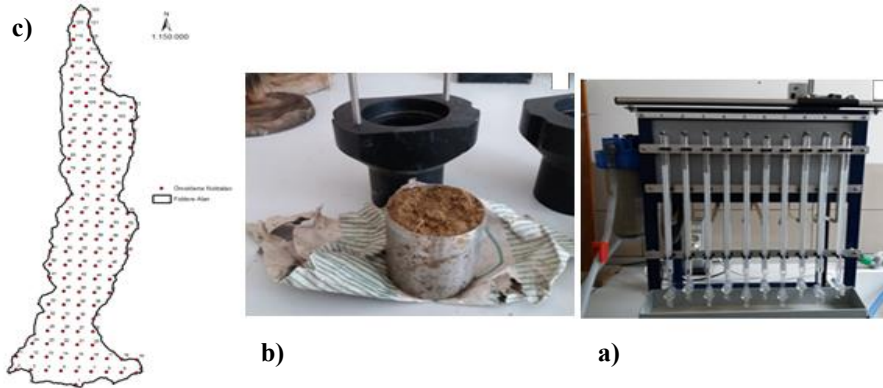
3 civarına gelmesi sağlanmıştır. Uygun rutubetteki yongalar döner tamburlu tutkallama düzeneğinde önce silan ardından ÜF tutkalı ile tutkallanmıştır. Boyutları 400x400x300mm olan ahşap form kalıbında, yongalar el ile yönlendirmek suretiyle yüzey tabakalarına ince ve kısa, orta tabakaya daha uzun ve geniş boyutlu şerit şeklindeki strand yongalar gelecek şekilde levha taslağı oluşturulmuştur. Levha taslağı, 180°C, 180 bar ve 4 dakika olarak ayarlanmış sıcak pres (Cemil Usta SSP180, Türkiye) altında 12 mm'lik kalınlık çitası kullanılarak ve preslenerek levhalar üretilmiştir.

### Yağış Erosivite (R) Faktörünün Elde Edilmesi

R faktörünün üretilmesinde Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü tarafından 2015 yılında yayınlanan "Türkiye Yağışlarının Özellikleri ve Yenilenmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (RUSLE) R Faktörü" adlı yayından faydalanılmıştır. Yükselteleri de göz önünde bulundurularak çalışma alanına en yakın Vakfıkebir ve Tonya meteoroloji istasyonlarına ait verilerden elde edilen R değeri bu çalışmada altlık olarak kullanılmıştır. R değerlerini ArcGIS ortamında Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) Yöntemi kullanılarak alansal verilere dönüştürülmüştür. Bu yöntem bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait değerleri belirlemeye yarayan bir enterpolasyon yöntemidir (Başel vd. 2008).

### Toprak Erodibilite (K) Faktörü Elde Edilmesi

Bu çalışmada, Fol Deresi Havzasında K faktörünün belirlenmesi amacıyla, belirlenen 123 noktadan toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 2a). Örnekler 0-30 cm toprak derinliğinden alınmış ve konuları GPS ile belirlenmiştir. K değerleri toprakların tekstür (toprağın kil, kum ve toz oranları), organik madde, hidrolik geçirgenlik (permeabilite), ve strüktür (granüler, blok, levhalı, vb.) özelliklerine göre belirlenmiştir. Kum, Toz ve Kil Oranları, Bouyoucos Hidrometre yöntemine göre, organik madde yüzdesi, Walkley-Black yağ yakma metoduna göre belirlenmiştir (Walkley ve Black, 1934). RUSLE eşitliğinde K faktörünün bulunmasında kullanılan organik madde miktarının % 4'e kadar aynen alınması, % 4'ü aşan organik madde düzeyleri için de maksimum % 4 değerinin kullanımı önerilmektedir. Toprak Geçirgenlik Sınıfları, Araziden alınan silindirik örnekleri (Şekil 2b) önce suyla doygun hale getirilmiştir. Daha sonra permeabilite cihazında (Şekil 2c) hidrolik yük altında, belirli kalınlıktaki bir toprak sütununun gözeneklerinden birim zamanda geçen suyun hacminin ölçülmesi ile belirlenmiştir.



Şekil 2. a) Toprak Örnekleme Noktalarının Fol Deresi Havzasındaki Dağılımı, b) Araziden alınan silindirik örnekleri, c) Permeabilite cihazı.

Toprak örneklerinden birim zamanda geçen su hacmi belirlendikten sonra hidrolik iletkenlik (cm/saat) olarak hesaplanmıştır. Toprak strüktürü arazide belirlenmiştir. Buna göre ilk 3 strüktür sınıfı farklı çaplardaki granüler strüktür tiplerinden oluşmaktadır. Tabakalı, prizmatik, blok ve çok iri granüler strüktür tipleri ise 4 sınıfta yer almaktadır. Eşitlik 2'deki matematiksel formül kullanılarak K faktörü hesaplanmıştır (Renard vd., 1997).

$$K_n = 2,764 \cdot 10^{-7} (12 - OM) M^{1.14} + 4,282 \cdot 10^{-3} (s - 2) + 3,294 \cdot 10^{-3} (p - 3) \quad (2)$$

Formülde;

Kn = Toprak erodibilite faktörü

M = (%Toz + %Çok İnce Kum) (100 - Kil)

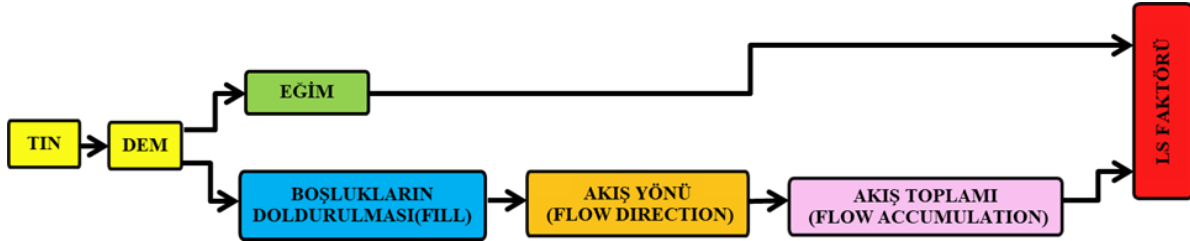
OM = Organik madde miktarı (%)

s = Toprak strüktür sınıfları,

p = Toprak geçirgenliği sınıflarını ifade etmektedir.

### Arazi Eğimi ve Uzunluğu (LS) Faktörü Elde Edilmesi

Arazi eğimi ve uzunluğu faktörünün arazide hesaplanması oldukça güç olduğundan dolayı ArcGIS yazılımı yardımıyla Dijital Yükseklik Modeli (DEM)'nden üretilen LS değerleri altlık olarak kullanılmıştır (Şekil 3). Fol Deresi, RUSLE-LS faktörünün hesaplanmasında kullanılan denklem Eş. 3'te verilmiştir (Moore ve Burch 1986).



Şekil 3. LS faktörü akış şeması.

Elde edilen veriler SPSS 16.0 programı ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. ANOVA testi ( $P < 0,05$ ) güven düzeyinde yapılarak faktörler arasında istatistiksel farklılıkların olup olmadığı belirlenmiştir. DUNCAN testi ile hangi gruplar arasında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilerek, farklı silan kullanım oranlarının.

$$LS = \left( \frac{\text{Akış toplamı} \times \text{Hücre büyüklüğü}}{22,13} \right)^{0,4} \left( \frac{\text{Sin Eğim}}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (3)$$

### Bitki Örtüsü (C) Faktörü Elde Edilmesi

Arazi eğimi ve uzunluğu faktörünün arazide hesaplanması oldukça güç olduğundan dolayı ArcGIS yazılımı yardımıyla Dijital Yükseklik Modeli (DEM)'nden üretilen LS değerleri altlık olarak kullanılmıştır (Şekil 3). Fol Deresi, RUSLE-LS faktörünün hesaplanmasında kullanılan denklem Eş. 3'te verilmiştir (Moore ve Burch 1986).

### Toprak Koruma (P) Faktörü Elde Edilmesi

Fol Deresi havzasında toprak koruma faaliyetleri bulunmadığı varsayılarak P faktörü "1" olarak alınmıştır.

### Sediment İletim Oranı

Yağış havzaları birikim ve aşınım alanları olmak üzere iki ana bölüme ayrılabilir. Fakat RUSLE eşitliği havzaya bu açıdan bir bakış getirmemekte ve havzanın tamamını erozyonun aşınma alanı olarak görmektedir. Erozyona uğrayan her malzeme genellikle birikim alanına kadar taşınmaz. Bu malzemeler yol kenarlarında, içbükey eğim kırıklıklarında, eğimin azaldığı yerlerde vb. birçok alanda birikir. İşte bunların oranını hesaplamamız gerekmektedir. Bu oran da sediment iletim oranı olarak isimlendirilmektedir. Kısacası RUSLE eşitliği ile bir bakıma potansiyel erozyon hesaplanmaktadır. Fakat bunun rezervuar alan yani bir akarsu kanalına, göle, baraja veya denize taşınan miktarının ancak sediment iletim oranı ile belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için aşağıda verilen SİO (sediment iletim oranı) fonksiyonları kullanılarak tahmin edilen sonuçlar Fol Deresi üzerinde kurulu bulunan Akım Gözlem İstasyonu ölçüm raporlarıyla karşılaştırılmıştır (Eş.4,5,6).

$$SİO = 0,4724 A^{-0,125} \quad (\text{Vanoni 1975}) \quad (4)$$

$$SİO = 0,3750 A^{-0,2382} \quad (\text{Boyce 1975}) \quad (5)$$

$$SİO = 0,5656 A^{-0,11} \quad (\text{USDA 1972}) \quad (6)$$

Formülde;

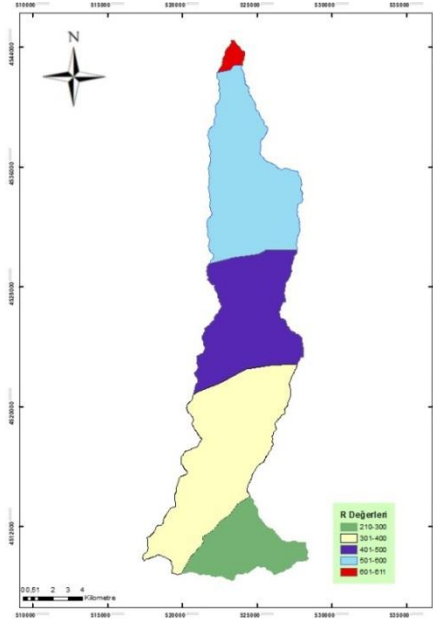
SİO : Sediment iletim oranı

A : Havza alanı (km<sup>2</sup>)

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### Yağış Erosivite (R) Faktörü (RUSLE-R)

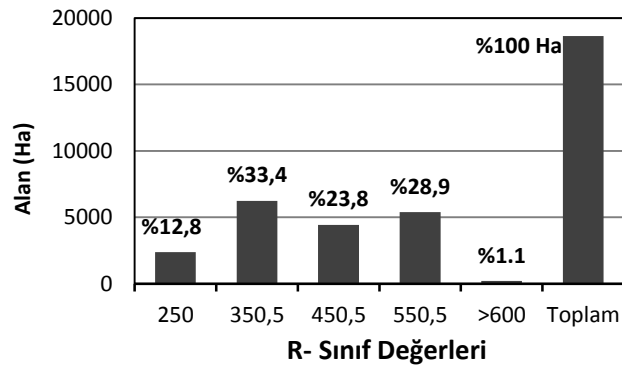
Havza alanına ait R değerleri 217,929 – 607,954 MJ ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> x mm h<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Ortalama olarak 422 MJ ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> x mm h<sup>-1</sup> değerine sahiptir (Şekil 4) (Tablo 1). Şekil 4’ den elde edilen R değişkeninin, Fol Deresi yağış havzasındaki oransal dağılımı ve havza için ağırlıklı ortalama R değeri Tablo 1’ de verilmiştir. Fol Deresi havzasında ağırlıklı olan R sınıfları, 301-400, 401-500 ve 501-600 sınıflarıdır. Bunların alansal oranları sırasıyla yaklaşık olarak %33, %24 ve %29’dur; toplamları ise yaklaşık olarak %86’dır. Diğer yandan, R değerleri 200-300 ve >600 olan sınıfların toplam alansal oranları sırasıyla yaklaşık olarak %13 ve %1’dir. R-sınıf değerlerine alansal dağılımları gösteren grafik Şekil 5’ de verilmiştir



Şekil 4. Fol Deresi Havzasının RUSLE-R haritası.

Tablo 1. RUSLE-R Değişkeninin Fol Deresi Yağış Havzasındaki Oransal Değişimi.

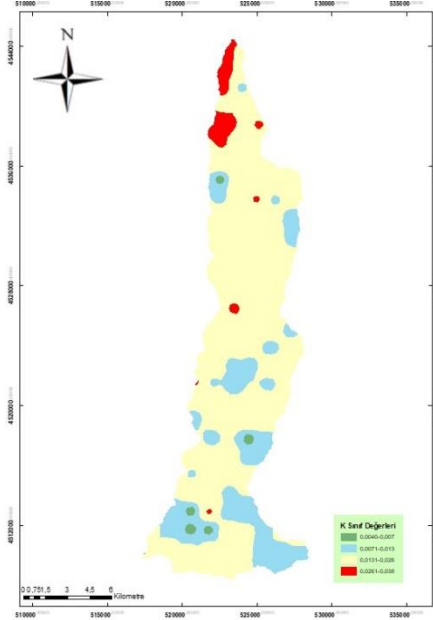
R Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (Ha)	% Ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (Ha)
200 - 300	250	2378,7	12,75	594675,0
301 - 400	350,5	6242,6	33,46	2188031,3
401 - 500	450,5	4440,2	23,80	2000310,1
501 - 600	550,5	5388,5	28,88	2966369,3
>600	600	205,2	1,10	123120,0
	Toplam	18655,2	100	7872505,7
			Ağırlıklı Ortalama	7872505,7 / 18655,2 = <b>422,00</b>



Şekil 5. Fol Deresi Havzasında R Değerlerinin Alansal Dağılımı.

### Toprak erozyon duyarlılığı (RUSLE-K)

Foldersi havzası toprak erodibilite faktörü-K değerleri her bir nokta için hesaplanmıştır. Elde edilen nokta K değerlerinin havza alanının yüzeyine yayılması için jeostatistiksel yöntem olarak IDW yöntemi kullanılmış ve sahanın K faktörü haritası elde edilmiştir (Şekil 6). Söz konusu bu katman toprakların erozyona uğrama derecelerine göre oluşturulmuş (Tablo 2), K faktör sınıflarına göre yeniden sınıflandırılarak K faktör sınıflarının alansal ve oransal dağılımları belirlenmiştir (Şekil 7,8).



Şekil 6. Fol Deresi Havzasının RUSLE-K haritası.

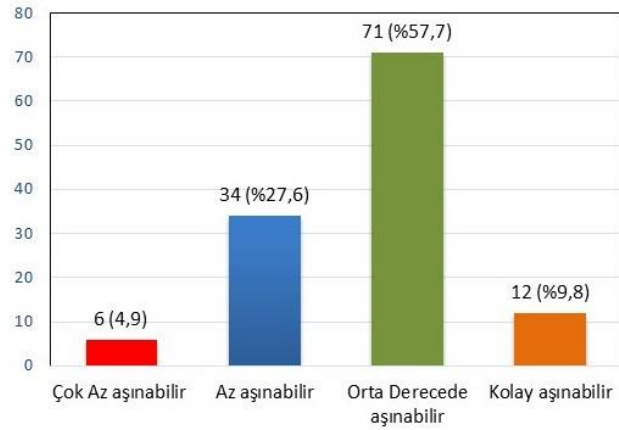
Toprak aşınım (K) değerlerinin SI birim sistemine göre genellikle 0.013 ile 0.059 (Amerikan sisteminde göre 0.10 ile 0,45) arasında değiştiği belirtilmektedir (Tablo 2; Foster vd.,1981).

Tablo 2. Toprak erozyon duyarlılık sınıfları ve sayısal değerleri.

Erodibilite Faktörü (K)			Anlamı ve Derecesi
Amerikan sistemi (t ac saat 100ac <sup>-1</sup> foot tonf inç <sup>-1</sup> )	Uluslararası sistem (SI) (t ha saat ha <sup>-1</sup> MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )		
0 – 0,05 x 0,1317	0 – 0,007		Çok az aşınabilir
0,05 -0,10	0,007 – 0,013		Az aşınabilir
0,10 – 0,20	0,013 – 0,026		Orta derecede aşınabilir
0,20 – 0,40	0,026 – 0,052		Kolaylıkla aşınabilir
0,40 – 0,60	0,052 – 0,079		Çok kolaylıkla aşınabilir
> 0,60	> 0,079		Aşırı derecede kolay aşınabilir

Havza alanındaki toprakların aşınım faktörü-K noktasal olarak 0,004 ile 0,038 arasında değişim göstermektedir. Havza alanında belirlenen K değerleri toprak erozyon duyarlılık sınıfları ve sayısal değerleri ile karşılaştırıldığında Çok az-Az-Orta ve Kolay aşınabilir sınıfta toprakların Fol Deresi havzasında hâkim olduğu görülmektedir (Tablo 3). Fol Deresi havzasında toprakların erozyona duyarlılığı noktasal bazda incelendiğinde çok az ve az aşınabilir sınıfta yer alanlar %32,5 (40 nokta), orta ve kolay aşınabilir sınıfta yer alanlar %67,5 (83 nokta)'tur (Şekil 7). Toprak aşınım faktörü (K) değerleri, 0,020 t ha ha-1 MJ-1 h mm-1 ve daha düşük topraklardaki aşınabilirlik ihmal edilebilir seviyede olduğu kabul edilmektedir (Wischmeier and Smith, 1978). Bu değerlendirmeye göre; Fol Deresi mikro havzasındaki toprakların aşınabilirliği 88 noktada (%71,55) düşük seviyede, 35 noktada (%28,45) yüksek seviyede olduğu söylenebilir.

### Toprakların Erozyon Duyarlılık Sınıflarına Dağılımı

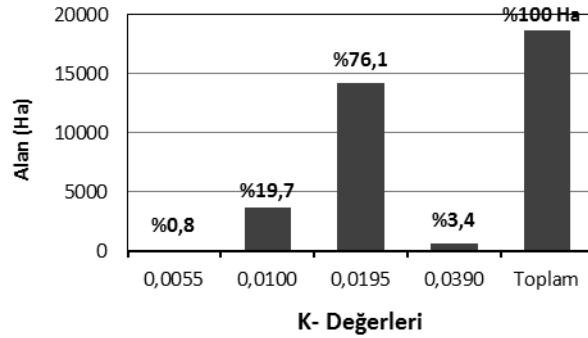


Şekil 7. Fol Deresi Havzasında K değerlerinin noktasal olarak dağılımı.

Diğer yandan, K değerleri havza alanına yayıldığında 0,0131-0,0260 sınıfının alansal oranı %76,1'dir (Tablo 3). Alansal olarak Fol deresi havzasının topraklarının yaklaşık 2/3'lük kısmı orta derecede aşınabilir sınıfta yer almaktadır. K faktörünün alansal olarak ağırlıklı ortalaması 0,0182 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3, Şekil 8).

Tablo 3. RUSLE-K değişkeninin Fol Deresi Yağış Havzasındaki oransal dağılımı.

K Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (Ha)	% Ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (Ha)
0,0040 – 0,0070	0,0055	158,0	0,8	0,87
0,0071 – 0,0130	0,0100	3668,2	19,7	36,68
0,0131 – 0,0260	0,0195	14196,6	76,1	276,83
0,0261 – 0,0520	0,0390	632,4	3,4	24,66
	Toplam	18655,2	100	339,04
			Ağırlıklı Ortalama	339,04 / 18655,2 = <b>0,0182</b>



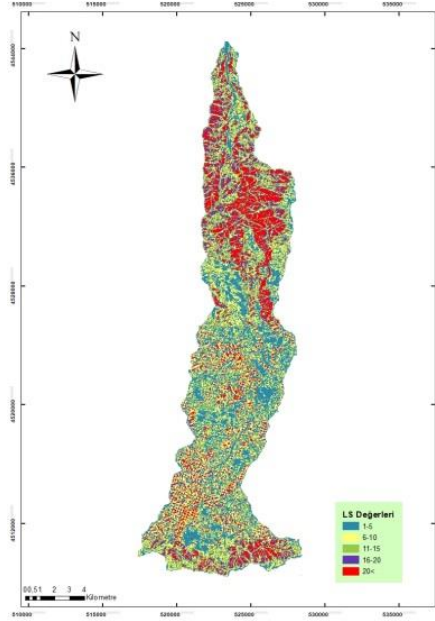
Şekil 8. Fol Deresi Havzasında K değerlerinin alansal dağılımı.

Elde edilen haritaya göre (Şekil 7) havza topraklarının alansal olarak % 0,8'i çok az aşınabilir durumdadır. % 19,7'si az aşınabilir topraklardan oluşan havzanın, % 76,1'i orta derecede, % 3,4'lük kısmı ise kuvvetli derecede aşınabilir topraklardan oluşmaktadır (Şekil 8).

### Yamaç Uzunluğu ve Dikliği Değişkeni (RUSLE-LS)

LS değerleri, "Sayısal Yükseklik Modeli" (SYM) ve Arc GIS 9.3 Hydrology aracı ile elde edilmiştir. Havza alanına ait LS değerleri Şekil 9'da verilmiştir. Havza alanında en yüksek LS değeri 25,8 ve ağırlıklı ortalama LS değeri 10,7 olarak bulunmuştur.



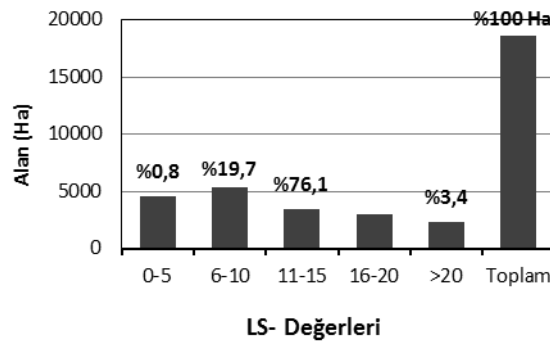


Şekil 9. Fol Deresi Havzasının RUSLE-LS haritası.

Şekil 9'dan elde edilen LS değişkeninin, Fol Deresi havzasındaki oransal dağılımı ve havza için ağırlıklı ortalama RUSLE-LS değeri Tablo 4'de verilmiştir. Su toplama havzasında baskın olan LS sınıfları, 0-5, 6-10 ve 11-15 sınıflarıdır. Bunların alansal oranları sırasıyla %25, %29 ve %18'dir; toplamları ise yaklaşık olarak %72'dir. LS sınıflarının % alansal dağılımları Şekil 10'da verilmiştir.

Tablo 4. RUSLE-LS değişkeninin Fol Deresi Yağış Havzasındaki oransal değişimi.

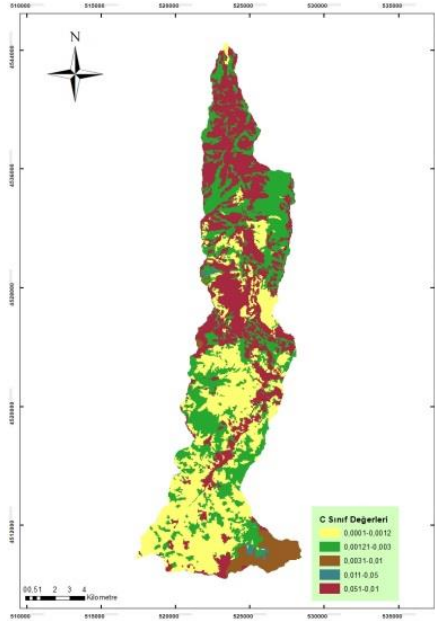
LS Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (Ha)	% Ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (Ha)
0 - 5	2,5	4582,9	24,6	11457,3
6 - 10	8	5321,3	28,5	42570,4
11 - 15	13	3439,5	18,4	44713,5
16 - 20	18	3011,7	16,2	54208,8
>20	20	2299,9	12,3	45998,0
	Toplam	18655,2	100	198948,0
			Ağırlıklı Ortalama	198948,0 / 18655,2 = <b>10,7</b>



Şekil 10. Fol Deresi Havzasında LS değerlerinin alansal dağılımı.

### Bitkisel Örtü ve Ürün Yönetimi (RUSLE-C)

CORINE arazi örtüsünde (CORINE land cover 2012) tanımlanan RUSLE-C değerleri (EEA, 2000), havzadaki bitkisel örtü ve ürün yönetimi için kullanılmıştır (Şekil 11).

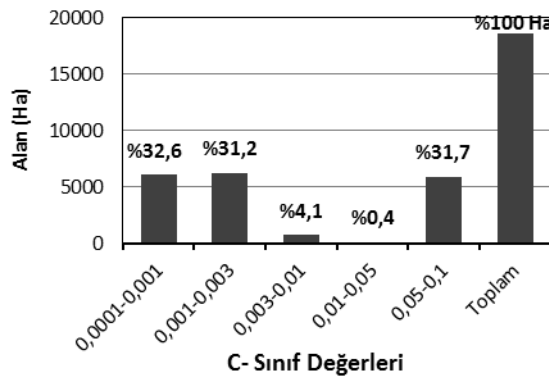


Şekil 11. Fol Deresi Havzasının RUSLE-C haritası.

Şekil 11'den elde edilen C değişkeninin, Fol Deresi havzasındaki oransal dağılımı Tablo 5'de verilmiştir. Su toplama havzasında RUSLE-C değişkeni baskın olarak alt havzada (kuzey bölümü) yer alan 0,1 (Fındık Alanları) ve üst havzada (güney bölümünde) yer alan 0,0001-0,003 (Orman alanları) sınıflarında görülmüştür. Bunların alansal oranları yaklaşık olarak %31,7 ve 63,8'dir; toplamı ise yaklaşık olarak %95,3'tür. C sınıflarının % alansal dağılımları Şekil 12'de verilmiştir.

Tablo 5. RUSLE-C değişkeninin Fol Deresi Yağış Havzasındaki oransal değişimi.

C Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (Ha)	% Ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (Ha)
0,0001 – 0,0012	0,00065	6082,7	32,6	3,95
0,0013 – 0,0030	0,00215	5810,5	31,2	12,49
0,0031 – 0,01	0,02655	759,6	4,1	20,16
0,011 – 0,05	0,0305	88,2	0,4	2,69
0,051 – 0,1	0,0755	5914,2	31,7	446,52
	Toplam	18655,2	100	485,82
			Ağırlıklı Ortalama	485,82 / 18655,2 = <b>0,026</b>



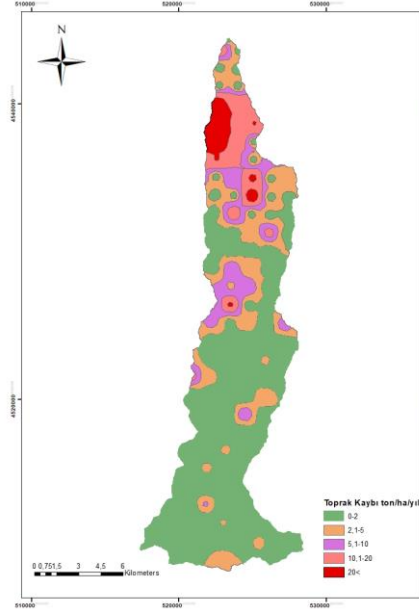
Şekil 12. Fol Deresi Havzasında C değerlerinin alansal dağılımı.

### Toprak Koruma Yöntemleri (RUSLE-P)

Havza alanında hiçbir toprak ve su koruma yöntemleri alınmadığı varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır ve değer 1 olarak kabul edilmiştir.

### Fol Deresi Yağış Havzası Toprak Kaybı (RUSLE-RKLSC)

Fol Deresi yağış havzasının RUSLE-R, RUSLE-K, RUSLE-LS ve RUSLE-C değişkenlerinin çarpılmasıyla elde edilen Toprak Kaybı Haritası Şekil 13'de verilmiştir. Fol Deresi havzasında toprak kaybı 0,001 ile 51,3 ton/ha/yıl arasında değişmektedir.

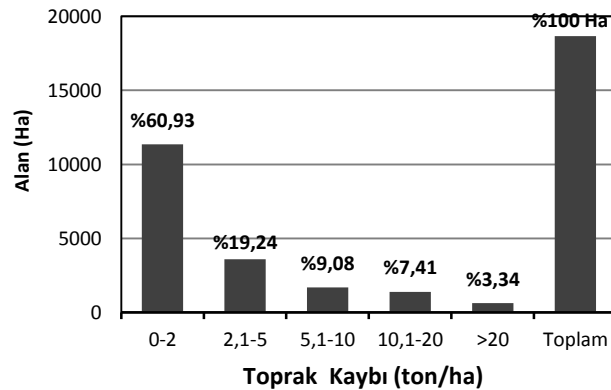


Şekil 13. Fol Deresi Havzasının toprak kaybı haritası.

Fol deresi Havzasında toprak kaybının oransal dağılımı Tablo 6'da verilmiştir. Fol Deresi Havzasının alansal olarak %60,93'lük kısmında 0-2 ton/ha ve %19,24'ünde 2,1-5 ton /ha toprak kaybı meydana gelmektedir. 5 ton/ha'nın üzerinde yer alan diğer sınıfların alansal olarak toplamı ise %19,83'tür. Tüm havzadan meydana gelen yıllık toprak kaybı yaklaşık 70163 ton hesaplanmıştır. Fol Deresi Havzasında birim alandan meydana gelen toprak kaybı ise 3,76 ton ha-1 yıl-1 olarak belirlenmiştir (Tablo 6). Toprak kaybı sınıflarının % alansal dağılımları Şekil 14'de verilmiştir.

Tablo 6. Fol Deresi Yağış Havzasındaki toprak kaybının oransal dağılımı.

Toprak Kaybı Sınıf Değerleri	Sınıf Orta Değerleri	Alan (Ha)	% Ha	Sınıf Orta Değeri x Alan (Ha)
0-2	1,0	11366,9	60,93	11366,9
2,1-5	3,55	3588,8	19,24	12793,48
5,1-10	7,55	1694,5	9,08	12740,24
10,1-20	15,05	1381,4	7,41	20790,07
>20	20,0	623,6	3,34	12472,0
	Toplam	18655,2	100	70162,7
			Ağırlıklı Ortalama	70162,7 / 18655,2 = 3,76 ton/ha/yıl



Şekil 14. Fol Deresi Havzasının Toprak Kaybı Sınıflarının Alansal Dağılımı.

### Sediment İletim Oranı (SIO)

Fol Deresi havzasına ait tahmin edilen ve ölçülen sediment miktarları tablo 7’de gösterilmiştir. SIO (sediment iletim oranı) fonksiyonları kullanılarak tahmin edilen sonuçlar Fol Deresi üzerinde kurulu bulunan Akım Gözlem İstasyonu’nun sediment taşınım miktarı ölçüm raporlarıyla karşılaştırılmıştır. USDA (1972) Sediment iletim oranı ve RUSLE toprak kaybının bir fonksiyonu olarak tahmin edilen sediment miktarı ve verimi sırasıyla, 22.311,8 ton yıl<sup>-1</sup>, 1,19 ton yıl<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> iken (Tablo 7) 2228 nolu Folderesi-Bahadırılı sediment gözlem istasyonunun 1988-2012 yılları arası 25 yıllık gözlem verileri sonucunda havzanın uzun yıllık ortalama süspanse sediment miktarı 19.609 ton yıl<sup>-1</sup> sediment verimi ise 1,02 ton yıl<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür.

Tablo 7. Fol Deresi Havzasına ait tahmin edilen ve ölçülen sediment miktarları.

Havza Adı	Alan (km <sup>2</sup> )	Toprak Kaybı (ton/yıl)	SEDİMENT İLETİM ORANI			TAHMİN EDİLEN SEDİMENT MİKTARI (ton/yıl)			AGİ ÖLÇÜLEN SEDİMENT MİKTARI (ton/yıl)
			Vanoni (1975)	Boyce (1975)	USDA (1972)	Vanoni (1975)	Boyce (1975)	USDA (1972)	
Fol Deresi	186,5	70163	0,245	0,107	0,318	17189,9	7507,4	22311,8	19609,0

### 4. Sonuç ve Öneriler

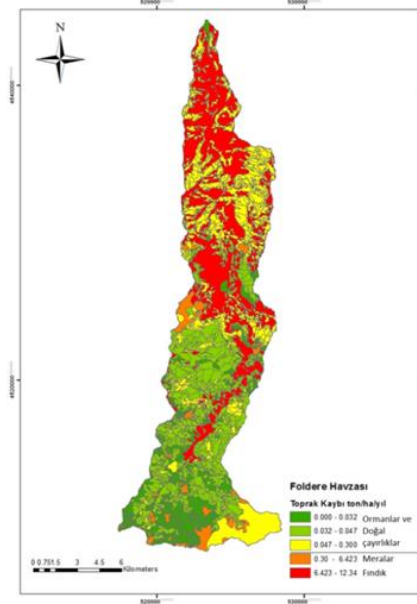
Fol Deresi Yağış havzasında, Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (RUSLE) ile birlikte Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve jeo-istatistiksel yöntemler kullanılarak, ilgili su toplama havzasına gelmesi olası ortalama toprak kaybı miktarı 3,76 ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Sırasıyla ortalama RUSLE-R, RUSLE-K, RUSLE-LS ve RUSLE-C değişken değerleri 422.0 MJ ha<sup>-1</sup> mm saat<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>, 0.0182 tha saat ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, 10.7 ve 0.026 olarak belirlenmiştir. Fol Deresi Havzasında yıllık toplam toprak kaybı 70163 ton olarak hesaplanmıştır (Ortalama 3,76 ton/ha). Türkiye’de ortalama yıllık toprak kaybı 6,5 ton/ha olarak alındığında, havzadaki toprak kaybının Türkiye ortalamasının altında olduğu anlaşılmaktadır. Havzada 2 ton/ha’ın altında toprak kaybı olan sahaların oranı % 60 civarındadır (Tablo 8).

Tablo 8. Arazi örtüsüne göre toprak kayıpları.

ARAZİ KULLANIM BİÇİMİ	ALAN (ha)	Ortalama (ton/ha)	Toprak kaybı (ton/yıl)
Bitki Değişim Alanları	127,5	1,99	253,8
Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	568,1	2,15	1221,5
Doğal Çayırliklar	768,6	0,29	228,1
Geniş Yapraklı Ormanlar	4196,3	0,14	601,0
İğne Yapraklı Ormanlar	715,7	0,09	70,1
Karışık Ormanlar	4871,4	0,05	251,5
Kesikli Kırsal Yapı	68,0	0	0
Limanlar	0,8	0	0
Meralar	266,1	6,50	1732,2
Sulanmayan Meyve Bahçeleri	7072,8	9,30	65804,8
<b>Genel Toplam</b>	<b>18655,2</b>	<b>3,76</b>	<b>70163,0</b>

5 tonun altında toprak kaybı olan yerler ise havza alanının yaklaşık % 80’lik kısmına denk gelmektedir. Fol Deresi Havzasının %38’lik kısmında (yaklaşık 7000ha) fındık tarımı yapılmaktadır. Havzadan taşınan toprakların yaklaşık 65800 tonu Fındık (sulanmayan meyve bahçeleri) tarımı yapılan bu alanlardan kaynaklanmaktadır (Tablo 8). Fındık alanlarındaki yıllık ortalama toprak kaybı 9,30 ton/ha civarındadır. Ormanlar, mera, çayır ve diğer arazi kullanım biçimleri Fol Deresi Havzasının %62’lik (yaklaşık 11600 ha) bölümünü oluşturmasına karşılık yıllık toprak kaybı yaklaşık olarak 4360 ton olarak hesaplanmıştır. Havza bütün olarak ele alındığında ortalama yıllık toprak kaybının düşük çıkması (3.76 ton/ha) geniş alanlarda yayılış gösteren orman alanlarındaki yıllık toprak kaybının 0,05-0-14 ton/ha gibi çok düşük seviyede olmasından ileri gelmektedir (Şekil 15). Benzer olarak Sthiannopkao vd. (2006) erozyon miktarını çeltik tarlalarında yüksek, orman alanlarında ise düşük seviyede olduğunu tespit etmiştir. Tayland’da toprak erozyonunun su kalitesi üzerine etkilerini ortaya koyan bir çalışmada; orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürüldüğü yerlerde toprak erozyonunun arttığı, toprak erozyonunun sudaki bulanıklığı arttırdığı ve su kalitesinin bozulduğu ve çok yüksek miktarda sedimentin barajlara ulaştığı bildirilmiştir (Sthiannopkao vd. 2007). Karagül (1999) ‘da Söğütlüdere

Havzasında farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların bazı özellikleri ve erozyon eğilimlerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda, arazi kullanım şekillerine göre en düşük dispersiyon oranı orman topraklarında saptanmış, bunu otlak toprakları izlemiş ve en yüksek dispersiyon oranı değerlerine tarım topraklarında rastlanmıştır. Bu sonuçlar orman alanlarının otlak ve tarım alanlarına dönüştürülmesinin erozyon eğilimini artırdığına işaret etmektedir.



Şekil 15. Arazi örtüsüne göre toprak kayıpları

C değerleri; meyve ve altında belli bir süre de olsa çayır bulunan alanlar için 0,1 – 0,3 arasında, mera alanları için 0,01 – 0,08 arasında, orman alanları içinse 0,0001 – 0,003 arasında değiştiği bildirilmektedir (Panagos ve ark. 2015). Buna göre Folderesi havzasında sadece fındık tarımı yapılan alanlar için C değeri 0,1 yerine 0,2 olarak alındığında tüm havzadan meydana gelen yıllık toprak kaybı 137.330 ton olmaktadır (ortalama 7,36 ton/ha). Toprak kaybında meydana gelen bu değişim, RUSLE-C faktörünün (Bitkisel Örtü ve Ürün Yönetimi) gerçek toprak kaybını belirlemede ne derece etkili olduğunu göstermektedir. Doğan (1982) Ankara koşullarında toprak kaybını tespit etmek amacıyla 1967-1978 yılları arasında kahverengi büyük toprak grubunda yaptığı çalışmada R faktörünü 28,32, K faktörünü 0,214, L faktörünü 22 m için 1,18, 44 m için 0,52, 66 m için 0,79, 88 m için 0,90 S faktörünü % 8 eğim için 0,6 ve C faktörünü buğday-nadas için 0,26 olarak bulmuştur.

Bu çalışmada toprak kayıplarını tahmin etmek için kullanılan bitki türlerine ait C faktörü değerleri, yurt dışında yapılmış çalışmalardan elde edilen faktör değerleridir. Hesaplamalarda kullanılan ve oldukça geniş bir aralıkta değişen değerlerin orman, mera, doğal çayırılık, fındık gibi farklı arazi kullanımları bulunan havzalardan elde edilmesi ve ülkemiz şartlarında RUSLE'nin uygulanmasında araştırmalardan elde edilen sonuçlarının kullanımı daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Bu nedenle havza ölçeğinde gerçek toprak kayıplarının belirlenmesinde RUSLE-C faktörünün arazi çalışmaları ile doğrulanması gerekmektedir. Lin vd. (2016)'da Chushui ve Aiyuzi isimli havzalarda USLE yöntemini kullanarak C faktörünü mevcut arazi kullanım durumuna göre hesaplamışlar ve sırasıyla 0,1297, 0,1939 olarak bulmuşlardır. Doğan ve Küçükkanar (1994) Ankara şartlarında kahverengi toprak grubunda 1967-1993 yılları arasında Ünlüsel denklemin R faktörünü 37,10, K faktörünü 0,19, L faktörünü 22 m için 1,1, 44 m için 1,2, 66 m için 1,5, 88 m için 0,7, S faktörünü % 8 eğim için 0,80 C faktörünü buğday-nadas ekim deseni için 0,24 P faktörünü ise 0,49 olarak tespit etmişlerdir. Fol Deresi havzası "Sediment İletim Oranı", SİO = 0,5656 A-0,11 (USDA 1972) eşitliği kullanılarak hesaplanmış ve SİO değeri 0,318 olarak bulunmuştur. Buna göre; Fol Deresi Havzasında tahmin edilen sediment miktarı 22311,8 ton yıl<sup>-1</sup>, sediment verimi ise 1,19 ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>'dir. 2228 nolu Folderesi-Bahadırlı sediment gözlem istasyonunun 1988-2012 yılları arası 25 yıllık gözlem verileri sonucunda havzanın uzun yıllık ortalama süspanse sediment miktarı 19,609 ton yıl<sup>-1</sup> verimi ise 1,02 ton yıl<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Yılman (2009) Eldivan Sarayköy-II gölet havzasında yaptığı tez çalışmasında yapılan hesaplara göre havzadaki ağırlıklı ortalama sediment iletim oranı 0,75 olarak belirlenmiş ve eğimin artışına bağlı olarak yerçekiminin de etkisiyle havzanın kuzey bölümünde SİO artışını vurgulamıştır.

Yapılan çalışma sonucunda Foldere Havzasının RUSLE yöntemine göre yıllık toprak kayıp miktarı ve sediment iletim oranı hesaplanmıştır. Havzaya ait erozyona risk haritası çıkarılmış, havza içerisinde hangi alanların

erozyona ne kadar duyarlı oldukları ortaya konmuştur. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler ve haritalar yapılacak çalışmalar için önemli bir altlık görevi görecektir

## Kaynaklar

- **Atalay İ (1984)**. Soil erosion and its effects on the transportation and the modern sedimentation in Turkey, 31-47.
- **Avcı V, Sungar M, Toprak A (2017)**. Malatya Kuzeydoğusunda Ballı ve Memikan Dereleri Arasındaki Sahanın Erozyon Duyarlılık Analizi, Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 27, 770-799. DOI: 10.14520/adyusbd.329256.
- **Balcı AN, (1996)**. Toprak Koruma. İstanbul Üniversitesi Yayınları No:3947, Orman Fakültesi Yayınları No:439. İstanbul, Türkiye.
- **Başel EDK, Çakın K, Satman A (2008)**. Türkiye'nin Yeraltı Sıcaklık Haritası ve Tahmini Isı İçeriği. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Aralık, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 635-644.
- **Bayramın İ, Basaran M, Erpul G, Canga MR (2008)**. Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. Environmental monitoring and assessment, 140: 249-265.
- **Boyce RC (1975)**. Sediment routing with sediment delivery ratios. Present and Prospective Technology for ARS. USDA, Washington, D.C.
- **Çepel N (1996)**. Toprak erozyonu, ülkemiz boyutları ve orman-erozyon ilişkisi. TEMA Vakfı 8. Erozyon eğitim kursu notları, Adana, 1-15.
- **Ding J, Jiang Y, Fu L, Liu Q, Peng Q, Kang M (2015)**. Impacts of Land Use on Surface Water Quality in a Subtropical River Basin: A Case Study of the Dongjiang River Basin, Southeastern China, Water, 7: 4427-4445; DOI:10.3390/w7084427
- **Doğan O (1982)**. Ankara koşullarında universal denklem faktörleri (ara rapor). Merkez Toprak Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 82, Rapor Yayın No: 25, Ankara.
- **Doğan O, Küçükkanar N (1994)**. Ankara yöresinde universal toprak kaybı eşitliği parametreleri. KHGM Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- **EEA (2000)**. European Environment Agency.
- **Issaka S, Ashraf MA (2017)**. Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. Taylor&Francis Group, Geology, Ecology and Landscapes, DOI: 10.1080/24749508.2017.1301053.
- **Kamaludin H, Lihan T, Ali Rahman Z, Mustapha MA, Idris WMR, Rahim SA (2013)**. Integration of remote sensing, RUSLE and GIS to model potential soil loss and sediment yield (SY), Hydrology and Earth System Sciences, 10: 4567-4596.
- **Karagül R (1999)**. Trabzon-Söğütüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Sekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ve Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması, Journal of Agriculture and Forestry-TUBITAK, 23: 53-68.
- **Koralay N, Kara O, Kezik U (2018)**. Effects of run-of-the-river hydropower plants on the surface water quality in the Solakli stream watershed, Northeastern Turkey, Water and Environment Journal, DOI: 10.1111/wej.12338
- **Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F (2006)**. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, 15: 259-263.
- **Lafren JM, Foster GR, Onstad CA (1985)**. Simulation of individual- storm soil loss for modeling the impact of soil erosion on crop productivity. Soil erosion and conservation, 285-295.
- **Li Y, Migliaccio K (2011)**. Water Quality Concepts, Sampling And Analyses, Taylor and Francis Group, CRC Press, LLC.
- **Lin BS, Thomas K, Chen CK, Ho HC (2016)**. Evaluation of soil erosion risk for watershed management in Shenmu watershed, central Taiwan using USLE model parameters, The International Society of Paddy and Water Environment Engineering and Springer, 14: 19-43.
- **Mahala A (2018)**. Soil erosion estimation using RUSLE and GIS techniques—a study of a plateau fringe region of tropical environment, Arabian Journal of Geosciences, 11: 335.
- **Özcan AU, Uzun O, Başaran M, Erpul G, Akşit S, Palancıoğlu HM (2015)**. Soil erosion risk assessment for volcano cone of Alidağı Mountain by using USLE/RUSLE, GIS and Geostatistics.
- **Panagos P, Borrelli P, Meusburger K, Alewell C, Lugato E, Montanarella L (2015)**. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. Land Use Policy, 48:38-50.
- **Rehman OU, Rashid M, Kausar R, Alvi S, Hussain R (2015)**. Slope Gradient and Vegetation Cover Effects on the Runoff and Sediment Yield in Hillslope Agriculture. Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology, 3 (6): 478-483.

- **Renard KG, Foster GR, Weesies G, McCool D, Yoder D (1997)**. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). US Government Printing Office Washington, DC.
- **Renard KG, Foster GR, Weesies GA, Porter JP (1991)**. RUSLE: revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46: 30-33.
- **Rymbai PN, Jha LK (2012)**. Estimation of sediment production rate of the Umbaniu Micro-watershed, Meghalaya, India. *Journal of Geography and Regional Planning*, 5(11): 293-297.
- **Saygin SD, Ozcan AU, Basaran M, Timur OB, Dolarslan M, Yilman FE, 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. *Environmental Earth Sciences*, 71: 1605-1618.
- **Shi ZH, Fang NF, Wu FZ, Wang L, Yue BJ, Wu GL (2012)**. Soil erosion processes and sediment sorting associated with transport mechanisms on steep slopes. *Journal of Hydrology*, 454-455, 123-130.
- **Sthiannopkao S, Takizawa S, Wirojanagud W (2006)**. Effects of soil erosion on water quality and water uses in the upper Phong watershed. *Water Science & Technology*, 53(2): 45-52.
- **Sthiannopkao S, Takizawa S, Homewong J, Wirojanagud W (2007)**. Soil erosion and its impacts on water treatment in the northeastern provinces of Thailand. *Environment International*, 33: 706-711.
- **Sungar M, Avcı V (2015)**. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) İle Hasret Dağı ve Çevresinin (Elazığ) Erozyon Duyarlılık Analizi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 13(1): 17-40.
- **USDA (1972)**. Sediment sources, yields, and delivery ratios. *National Engineering Handbook*, Section 3 Sedimentation.
- **Vanoni VA (1975)**. *Sedimentation Engineering, Manual and Report No. 54*. American Society of Civil Engineers, New York, N.Y.
- **Walkley A, Black LA (1934)**. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 29-38.
- **Welde K, Gebremariam B (2017)**. Effect of land use land cover dynamics on hydrological response of watershed: Case study of Tekeze Dam watershed, northern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research* 5: 1-16
- **Wischmeier WH (1959)**. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. *Soil Science Society of America Journal*, 23: 246-249.
- **Wischmeier WH (1984)**. The USLE: Some reflections. *Journal of Soil and Water Conservation*, 39: 105-107.
- **Wischmeier WH, Smith DD (1958)**. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 39: 285-291.
- **Wischmeier WH, Smith DD (1978)**. *Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning*. Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning.
- **Yıldırım Ü, Erkal T (2009)**. RUSLE yöntemi ile Afyon ovasının batı kesiminin erozyon risk tahmini. Afyon Kocatepe Üniversitesi, BAP 07.FENED.06 Nolu Proje Sonuç Raporu, Afyonkarahisar.
- **Yılmaz E (2006)**. Çamlıdere baraj havzasında erozyon problemi ve risk analizi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- **Yilman FE (2009)**. Eldivan Sarayköy-İlgöleti (Çankırı) su toplama havzasında Rusle yöntemi ile toprak kayıplarının tahmin edilmesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 152s, Ankara.