



## Saray ilçesinde (Tekirdağ) toprak erozyonunun RUSLE yöntemiyle değerlendirilmesi

### Assessment of soil erosion in Saray District (Tekirdağ) using by RUSLE method

Musa Uludağ<sup>\*a</sup>  Murat Fıçıcı<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Trakya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Edirne.

<sup>b</sup> Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Balıkesir.

#### BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 21.11.2017  
 Kabul/Accepted: 20.02.2018

#### Anahtar Kelimeler:

Erozyon  
 Coğrafi Bilgi Sistemleri  
 RUSLE yöntemi  
 Saray

#### Keywords:

Erosion  
 Geographical Information Systems  
 RUSLE method  
 Saray district

#### \*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(M. Uludağ) muludag@trakya.edu.tr

DOI: 19.17211/tcd.356669

#### Atıf/Citation:

Uludağ, M. ve Fıçıcı, M. (2018). Saray ilçesinde (Tekirdağ) toprak erozyonunun RUSLE yöntemiyle değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi* (70), 29-36, DOI:19.17211/tcd.356669.

#### ÖZ / ABSTRACT

Saray, Türkiye' nin kuzeybatısında bulunan Marmara Bölgesi'nin Ergene Bölümü ile Yıldız Dağları Bölümü'nde kalmaktadır. Saray, Tekirdağ ilinin Karadeniz'e kıyısı olan tek ilçesidir. Bu çalışmanın amacı, Saray ilçesi dâhilinde erozyonun güncel durumunun RUSLE yöntemiyle belirlenmesidir. Bu amaca ulaşabilmek için çalışmada; 1/25.000 ölçekli topografya haritaları, 1/100.000 ölçekli jeoloji ve büyük toprak grupları haritaları, Earth Explorer 31.10.2016 ETM 7+ uydu görüntüleri, MGM Saray, Kapaklı, Çerkezköy ve Kiyıköy'e ait aylık ortalama yağış verilerinden faydalanılmıştır. Veriler, ArcGIS yazılımı kullanılarak bir araya getirilerek sayısallaştırılmıştır. Böylece çalışma sahasına ait eğim, yükselti, yağış/toprak/arazi örtüsü faktörü haritaları üretilmiştir. Erozyona etki eden bu parametreler yine ArcGIS – ArcMap yazılımı kullanılarak, ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile analiz edilmiştir. Çakıştırma analizi ile sahanın erozyon risk sınıflarını gösterir harita üretilmiştir. Elde edilen haritaların öznelik tabloları kullanılarak erozyon risk sınıflarının dağılımlarını gösterir veriler hazırlanmıştır. Sonuçta Saray ilçesinde, yıllık 5 ton ve daha az olan erozyon alanları 70 659 ha ile ilçe sınırlarının %91.54'üne karşılık geldiği belirlenmiştir. 5 tondan daha fazla erozyona maruz kalan alanlar toplamı ise 6 530 hektardır. Bunun toplam arazi içerisindeki payı ise % 8.46'dır. Bu verilere dayanarak inceleme sahasındaki erozyonun çok etkili olmadığı söylenebilir. Ancak ilçenin ekonomisi çoğunlukla tarıma dayalıdır. Bu yüzden yoğun tarım yapılan alanlardaki toprak kaybının önemli rolte düşüşlerine veya fazla gübre kullanımına neden olduğu dikkate alınmalıdır.

*Saray district is located between Yıldız Mountains and Ergene District in Marmara Region (NW Turkey). Saray is unique district in the province of Tekirdağ on the Black Sea Coast. The aim of this study is to determine the actual erosion in Saray district using by RUSLE method. In this study, The topographical map with a scale of 1/25 000, geological maps with a scale of 1/100 000 and the maps of bigger soil groups, Earth Explorer 31.10.2016 ETM 7+ satellite pictures and the monthly average precipitation data released by MGM for the towns of Saray, Kapaklı, Çerkezköy and Kiyıköy are used to determine the existing possible erosional situation in the town of Saray in the province of Tekirdağ. The data collected was digitized using ArcGIS and the maps of factors belonging to the slope, the altitude, the rainfall; the soil and the land cover were drawn from these digitized data. The map showing the erosion risk classes was also prepared using map overlay technique in the environment of ArcGIS by taking into account the parameters affecting the erosion. The data showing the distribution of the erosion risk classes were produced by using the feature tables from the obtained maps. As a result, in the Saray district, erosion areas of 5 tones or less per year correspond to 91.54% of the district boundaries with 70 659 ha. The total of areas exposed to more erosion than 5 is 6 530 hectares. The erosion in the study area can be thought to be ineffective. However, the economy of the district is mostly based on agriculture. Therefore, it should be taken into consideration that the loss of soil in intensive cultivation areas leads to significant drop in yield or to excessive fertilizer usage.*

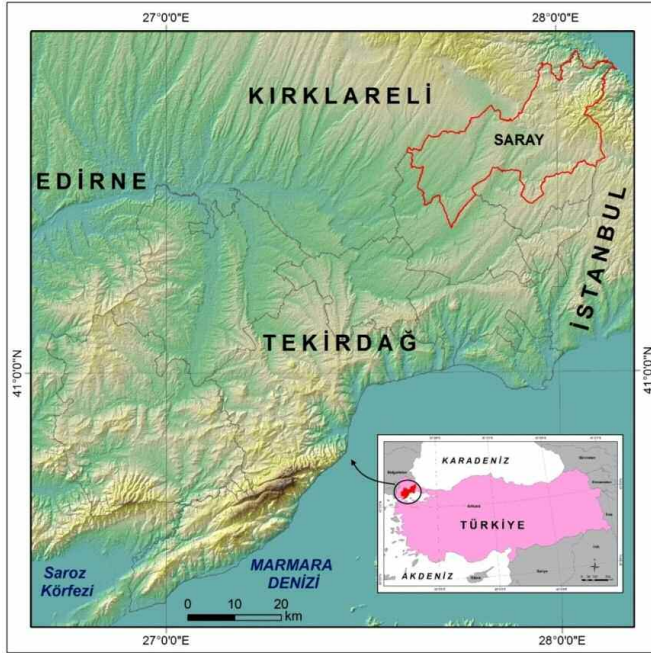
## 1. Giriş

İncelemeye konu olan Saray ilçesi, Tekirdağ ilinin kuzeyinde kalmakta, ilin Karadeniz'e kıyısı olan tek ilçesi olma özelliğini taşımaktadır. İlçe, 27°37' ile 28°10' doğu boylamları ve 41°16' ile 41°36' kuzey enlemleri arasında kalmakta, toplam 77 189 ha alan kaplamaktadır (Şekil 1).

Tarım insanlığın ilk üretim faaliyetidir ve günümüzde hâlâ insanlığın besin kaynaklarının üretilmesinde en önemli katkıyı sağlamaktadır. Erozyon, tarım yapılan arazilerin niteliğini kaybetmesine, dolayısıyla birim alandan elde edilen verimin düşmesine yol açmaktadır. Bu nedenle Tekirdağ İli-Saray İlçesi'nde

meydana gelen toprak erozyonunun boyutunun ve dağılımının bilinmesi, hangi sahalarda ne tür önlemler alınabileceğinin belirlenebilmesi açısından bu çalışma önem taşımaktadır. Saray ilçesinde yürütülen tarımsal faaliyetlerin yoğunluğuna bağlı olarak çalışma sahasında ne denli bir erozyonun geliştiği revize edilmiş toprak kaybı denklemi ile çözülmeye çalışılmıştır. Dolayısıyla ilçede erozyonunun güncel durumunun belirlenmesi için çalışma sahasında gerek duyulan tarihlerde saha çalışmaları uygulanmış ve oluşturulan çalışma sadece teoride bırakılmamıştır. Bu sayede ilçe arazilerindeki tarımsal faaliyetlerin bilimsel yöntemler çerçevesinde yürütülmesine katkı sağlanmış olacaktır.

Toprak erozyonunun miktarını belirlemeye yönelik deneye dayalı çalışmaların 20. yüzyılın ilk yarısının sonlarında başladığı ve günümüze yaklaştıkça yoğunlaştığı söylenebilir. Bu kapsamda erozyonu etkileyen parametreleri dikkate alan pek çok model geliştirilmiştir. Bu modeller, deneye dayalı – ampirik, kavramsal ve fiziki tabanlı olmak üzere üç grup halinde sınıflandırılabilir (Lane vd 1988). 1970’lerde ise süreç tabanlı erozyon tahmin modelleri uygulanmaya başlanmıştır. Bu yöntemlerle ilgili bilgiler Tablo 1’ de daha net olarak görülebilir.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

Son yıllarda geliştirilen yaygın olarak kullanılan erozyon ve toprak erozyon modelleri günümüzde, 1970’lerdeki deneysel yaklaşımlardan fiziksel tabanlı ve kavramsal yaklaşımlara doğru metodolojik açıdan kayma eğilimi göstermektedir (Tablo 2).

Bu çalışmada, Saray ilçesinin genelinde erozyonun durumunu belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşabilmek için revize edilmiş yıllık toprak kaybı denklemi (RUSLE) kullanılmıştır. Çalışma sahasında bu yöntemin tercih edilmesi ise çalışma sahasına etkileyen erozyon parametrelerini karşılayarak, parametrelerin ağırlıklı çakıştırılması sonucu daha doğru bir erozyon tahmininde bulunmamıza olanak tanımaktadır. Ayrıca bu denklem, bir önceki yöntem olan “Evrensel Toprak Kaybı Denklemi” (USLE)’ne göre daha gelişmiş bir yöntemdir. Bu yöntemin veri seti çok daha fazla olup, uygulama alanı da geniştir (Lane, Renard, Foster, & Laften, 1992; Nearing, Yin, Borelli, & Polyakov, 2017). Ülkemizde de bu yöntem aracılığı ile farklı sa-

halarda erozyon tahmin çalışmaları yapıldığı bilinmektedir (Erol ve Çanga, 2004; Ekinci, 2005; Cürebal & Ekinci, 2006; Özsoy, 2007; Tağlı, 2007; Efe ve Diğerleri, 2008a; 2008b; Yılmaz, 2009; Çelik 2011; Erkal, 2012; Gülşen, 2014; Özşahin ve Atasoy, 2014).

Tablo 1. Geçmişten günümüze erozyon modellerinin sınıflandırılması.

Table 1. A classification of erosion models from past to today.

Ampirik – Deneye Dayalı Modeller		
	Sediment Değeri Eğrisi	Campbell & Bauder (1940)
	Musgrave Denklemi	Musgrave (1947)
	PSIAC	PSIAC (1968)
	Flaxman Metodu	Flaxman (1972)
	MUSLE	Williams (1975)
	Sediment Verim Oranı Metodu	Renfro (1975)
	Dendy - Bolton Metodu	Dendy and Bolton (1976)
	USLE	Wischmeier & Smith (1978)
	SLEMSA	Elwell (1978)
	RUSLE	Renard ve Diğerleri (1991)
Kavramsal Modeller		
	Sediment Konsantrasyon Grafiği	Johnson (1943)
	Renard – Laursen Modeli	Renard & Laursen (1975)
	Birim Sediment Grafiği	Rendon - Herrero (1978)
	Ani Birim Sediment Grafiği	Williams (1978)
	Sediment Taşınım Modeli	Williams & Hann (1978)
	Ayrık Dinamik Modeller	Sharma & Dickinson (1979)
	Muskingum Sediment Taşınım Modeli	Singh and Quiroga (1987)
	ACRU	Shulze (1995)
	Hidrolojik Simülasyon Programı	Walton & Hunter (1996)
Fiziki Tabanlı Modeller		
	Erozyon Kinematik Dalga Modeli	Hjelmfelt, Piest & Saxton (1975)
	Nispi Denge Durumu	Foster, Meyer & Onstad (1977)
	ANSWERS	Beasley ve Diğerleri (1980)
	CREAMS	Knisel (1980)
	WEPP	Laften ve Diğerleri (1991)
	EUROSEM	Morgan (1998)

Tablo 2. Yaygın olarak kullanılan erozyon ve erozyon tahmin modelleri.

Table 2. Current erosion and erosion prediction models.

	Model	Referans
USLE	Evrensel Toprak Kaybı Denklemi	Wischmeier & Smith, 1978
CREAMS	Tarımsal Yönetim Sisteminden Kaynaklı Kimyasal Akış ve Erozyon	Knisel, 1980
ANSWERS	Alansal Olmayan Kaynaklı Akarsu Havzası Çevre Tepki Sistemi	Beasley & Huggins, 1982
WEPP	Su Erozyonu Tahmin Projesi	Lane & Nearing, 1989
KINEROS	Kinematik Erozyon Simülasyonu	Woolhiser ve Diğerleri, 1990
dUSLE	Değiştirilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi	Flacke ve Diğerleri, 1990
RUSLE	Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi	Renard ve Diğerleri, 1991
EROSION2D	Erozyon 2D	Schmidt, 1991
EUROSEM	Avrupa Toprak Erozyon Modeli	Morgan ve Diğerleri, 1991
OPUS	Noktasal Olmayan Kaynak Kirlilik Taşınımı İçin İleri Simülasyon Modeli	Ferreira & Smith, 1992
PEPP	Süreç Odaklı Erozyon Tahmin Programı	Schramm, 1994
LISEM	Limburg Toprak Erozyon Modeli	De Roo ve Diğerleri, 1994

İnceleme alanında erozyonun güncel durumunun belirlenebilmesi amacıyla öncelikle erozyonu etkileyen yağış, toprak, yamaç uzunluk ve eğim, zemin özellikleri, erozyon önleyici faktörler gibi parametrelere ait veriler derlenmiş, bu veriler Arc-Map CBS yazılımı sayesinde sayısallaştırılmıştır. Bilgisayar ortamına aktarılan veriler RUSLE denklemi kullanılarak çakıştırılmış, sahadaki erozyonun boyutu ve dağılımı ile ilgili harita ve tablolar üretilmiştir. Üretilen harita ve tablolara bağlı olarak çalışma sahası genelinde çok düşük erozyonun meydana geldiği tespit edilmiştir. Yıllık çalışma sahasında hektar başına 5 tondan az toprak kayıplarının meydana geldiği araziler çalışma sahasının % 91.54 gibi çok yüksek bir oranına sahiptir.



Bu işlemler sonucunda Saray ilçe sınırlarında yıllık ortalama hektar başına 1.56 ton toprak erozyonunun meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu değer, 6.14 ton/ha/yıl (Bahtiyar, 2003) olan Türkiye ortalamasının oldukça altındadır. Çalışma sahasında sadece Bahçedağ çevresinde hektar başına yıllık 50 tondan fazla toprak kayıplarının görüldüğü belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışma sahasında potansiyel erozyon durumunu ortaya koyabilmek amacıyla hazırlanan bu çalışmada Saray ilçesine ait 1/25.000 ölçekli topografya, 1/100.000 ölçekli büyük toprak grupları haritası, yağış verileri ve LANDSAT USGS uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Topografya haritaları kullanılarak sahaya ilişkin DEM (SYM) üretilerek bu veriden eğim, uzunluk gibi erozyonu etkileyen parametrelerin raster formatta haritaları üretilmiştir. Uydu bantlarından Saray ilçesine ait arazi kullanım haritası, yağış verilerinden yağış erozif faktörü ve büyük toprak grupları haritasından toprak aşınabilirlik haritaları yine raster formatta üretilerek GIS ortamında çakıştırılmış ve yeniden sınıflandırılması yapılarak güncel erozyon durumu ortaya çıkarılmıştır (Tablo 3).

Saray ilçesinde güncel erozyon durumunun bilinebilmesi, böylece risk taşıyan alanların belirlenebilmesi ve sınıflandırılması için "Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi" (RUSLE) kullanılmıştır (Wischmeier ve Smith, 1978; Renard vd., 1991; Renard, vd., 1997). Formül aşağıdaki gibidir

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Formüle;

A: Yıllık ortalama toprak kaybı (ton/ha/yıl)

R: Yağış erozyon faktörü

K: Toprak erozyon faktörü

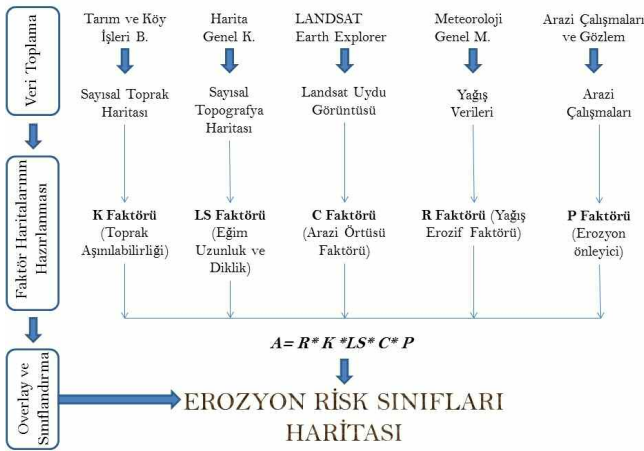
LS: Yamaç uzunluk ve eğim faktörü

C: Zemin örtüsü faktörü

P: Erozyon önleyici faktörler.

**Tablo 3.** Saray ilçesi güncel erozyon durumu çalışma akış diyagramı.

**Table 3.** Diagram of Saray District current erosion flow.



## 3. Bulgular

### 3.1. RUSLE Eşitliğinde Erozyonu Ortaya Çıkaran Parametreler

**Yağış Erozyon Faktörü (R)** olarak bilinen bu faktör yağmur dam-

lacıkları ve yüzeysel akış sularının toprak üst yüzeyinde meydana getirdiği erozyon risk faktörüdür. RUSLE denkleminde R faktör değeri yağışın neden olduğu 30'lık toplam potansiyel enerjisinin maksimumu ile çarpılması sonucu elde edilmektedir (Cürebil ve Ekinci, 2006). Çalışma sahasında yağış sularının neden olduğu R faktör değerinin hesaplanmasında ilçe sınırlarının yükselti kademelenmesine göre Schreiber'in dikkate aldığı her 100 m'de 54 mm yağış artışı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu değerler daha sonradan Modified Fournier Index formülünde yerine koyularak çalışma sahasının toplam alanında yükseltiye göre yağışın toprak üzerindeki aşındırıcı etkisi hesaplanmıştır. Çalışma sahasında toprak erozyonunu ortaya çıkaran diğer erozyon faktörleri dışarıda bırakıldığında yağışın yükseltiye paralel olacak şekilde erozyon meydana getirdiği belirlenmiştir (Fotoğraf 1). Saray İlçesi'nin güneybatı kesiminde yer alan ve yükseltisi 100 m'den daha düşük Sinanlı, Bahçedere ve Beyazköy yerleşim birimleri civarında yıllık hektar başına ortalama 125 ton toprak erozyonu meydana gelen sahalar çalışma sahasının %17'sini meydana getirirken bu sahalar yağış erozif faktörü açısından düşük risk grubu içerisinde değerlendirilmektedir. İlçe sınırları içerisinde orta derecede risk taşıyan ve yıllık hektar başına 125-150 ton toprak erozyonunun meydana geldiği araziler toplam arazi varlığının % 80'ini oluşturmaktadır. Çalışma sahasında toprak erozyonu açısından en yüksek risk grubunu oluşturan sahalar ilçe merkezinin kuzeydoğu kesiminde yer alan ve yükseltisi 400 m'den fazla Bahçe Dağı'nın güney kesimlerinde yıllık hektar başına 175 ton ile toplam arazi varlığının yaklaşık % 3'üne karşılık gelmektedir (Tablo 3, Şekil 2).



**Fotoğraf 1.** Küçükyoncalı-Safaalan arasında yer alan Değirmen Dere kış döneminde düşen yağışlara bağlı olarak 1-1.5 m arasında yükselmektedir (16.02.2017).

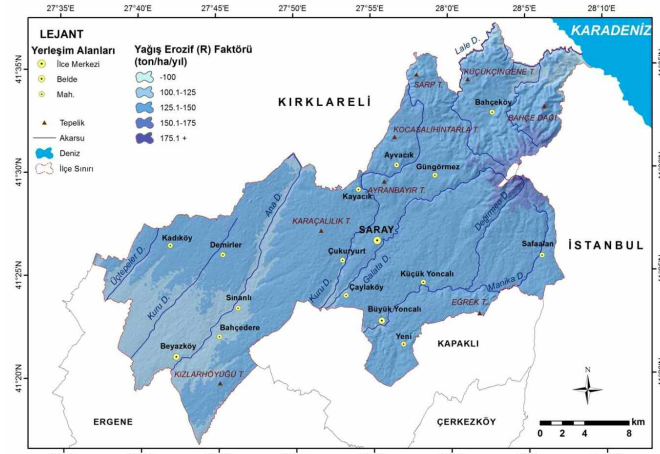
**Photo 1.** Degirmendere, located between Küçükyoncalı-Safaalan, rises to 1-1.5 m depending on the falling precipitation in winter.

**Tablo 4.** Saray ilçesi yağış erozif faktörü alansal dağılım tablosu.

**Table 4.** Table of Saray District precipitation erosive factor area distribution.

Yağış Erozyon (R) Faktör (ton/yıl/ha)	Alan (ha)	Oran (%)
< 100	85	0.12
100.01- 125	12614	18.14
125.01- 150	54583	78.49
150.01- 175	2174	3.13
175.01 +	85	0.12
<b>TOPLAM</b>	<b>69541</b>	<b>100.00</b>

**Toprak Aşınabilirlik Faktörü (K)**, toprağın biyokimyasal ve fizikokimyasal özellikleri açısından toprak erozyonunun meydana geldiği alanlarda değişkenlikler arz etmektedir. Toprağı oluşturan



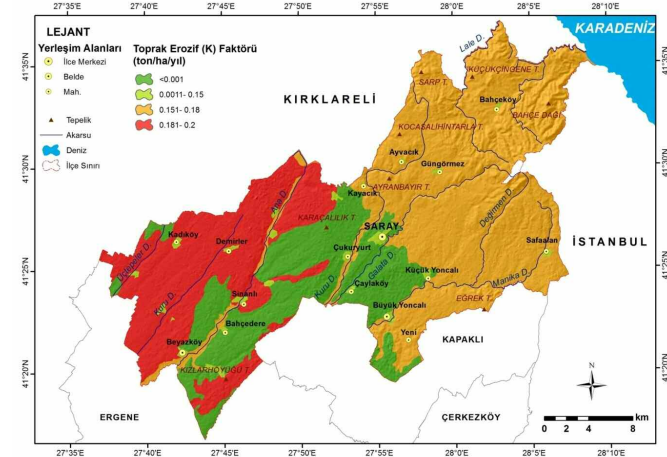
Şekil 2. Saray ilçesi yağış erozif faktörü haritası.  
Figure 2. Saray town rainfall erosive factor map.

ran agregatların birbirlerine bağlanma durumu, su tutma potansiyeli, toprak fraksiyonlarının boyutu gibi parametreler toprağın erozyona karşı direncini belirlemektedir. Toprak erozyon faktörü olarak tanımlanan aşınabilirlik 22.1 m yatay uzunlukta % 9 eğimli bitki örtüsünden yoksun arazilerde toprağın aşındırıcı güçlere karşı direnci olarak tanımlanmaktadır (Doğan ve Güçer, 1976; Ekinci, 2007). Toprak erozyonunu meydana getiren diğer parametreler sabit tutulduğu takdirde, erozyonun meydana geldiği arazilerde farklı türlere ait toprakların gelişmiş olması toprakların çeşitliliği oranında erozyona karşı direnç durumunun ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Saray İlçesi idari sınırları içerisinde dört farklı türde toprak gelişme göstermektedir. Dolayısıyla toprak eroadibilite açısından çalışma sahasının kuzeydoğu kıyı kesiminden Saray-Küçükyoncalı-Yeni yerleşim birimlerine kadar meşe ormanlık örtüleri altında gelişme gösteren kireçsiz kahverengi orman topraklarından yıllık hektar başına 0.15-0.18 ton arasında toprak erozyona uğramaktadır. Bu sahalar üzerinden erozyona uğrayan toprak oranı tüm arazi varlığının % 51'ini (36.000 ha) meydana getirmektedir. Kayacık-Sinanlı-Beyazköy ve Yeni yerleşim birimleri arasında kalan saha üzerinde vertisoller gelişme göstermektedir. Toprak eroadibilite açısından bu toprak grubunda yıllık hektar başına 0.001 ton toprak erozyona uğramaktadır. Vertisol topraklar üzerinden erozyona uğrayan toplam toprak oranının genel arazi varlığı içerisindeki değeri ise % 22'dir (15.000 ha). Kayacık-Sinanlı-Beyazköy ve Kadıköy yerleşim birimleri arasında kireçsiz kahverengi topraklar gelişmiştir. Kireçsiz kahverengi toprakların toprak erozyonuna yıllık etkisi ise hektarda 0.18-0.2 ton arasında en yüksek risk grubunu oluşturmaktadır. En yüksek risk grubunu oluşturan bu toprak grubunun arazi varlığı % 24'tür (17.000 ha). Alüvyal topraklar ise çalışma sahası üzerinde kurulu akarsu ağları etrafında ve yerleşim birimleri çevresinde gelişme göstermiştir. Alüvyal toprakların erozyona yıllık etkisi ise 0.001-0.15 ton arasında hektar başına toprak kaybı oluşturmaktadır (Tablo 2, Şekil 3).

**Arazi Örtüsü ve Yönetim Faktörü (C)** olarak bilinen arazi örtüsü ve yönetim faktörü, arazi yüzeyinin gerek doğal ve gerekse beşeri unsurlar tarafından kaplanmasıdır. Arazi örtüsü faktörü iklimatik koşulların (rüzgar, yağış türleri) etkisini azaltması ya da frenleyici rolünün olması nedeniyle erozyon açısından önem teşkil etmektedir. Arazi yüzeylerinin çeşitli bitki toplulukları tarafından örtülmüş olması yüzeye düşen yağış sularının toprak alt katlarına infiltre olmasını ve yüzeyde meydana gelen yağışın

Tablo 5. Toprak erozyon faktörüne göre toprakların dağılımı.  
Table 5. Distribution of soils according to soil erosion factor.

Büyük Toprak Grupları	Toprak Eroziy (K) Faktörü (ton/ha/yıl)	Alan (ha)	Oran (%)
Vertisoller	<math><math></math></td></tr><tr><td>Alüvyal Topraklar</td><td>0.001-0.15</td><td>1.127</td><td>1.62</td></tr><tr><td>Kireçsiz Kahverengi Orman T.</td><td>0.151-0.18</td><td>35.901</td><td>51.63</td></tr><tr><td>Kireçsiz Kahverengi Topraklar</td><td>0.181-0.2</td><td>17.129</td><td>24.63</td></tr><tr><td colspan='4'>TOPLAM</td><tr><td colspan='2'></td><td>69.541</td><td>100.00</td></tr></tbody></table>		



Şekil 3. Saray ilçesi toprak aşınabilirlik haritası.  
Figure 3. The map of Saray District Soil transposability.

neden olduğu yağmur damlacıklarının kinetik enerjisini kesmesi bakımından önem taşımaktadır. Arazi yüzeylerinin herhangi bir örtü ile kaplı olmadığı sahalar yağmur damlacıklarının kinetik enerjisi ve taşıma gücü herhangi bir önleyici etmen bulunmadığından yüksek riskli sahaların oluşmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla arazi örtüsü arazinin kullanımına bağlı olarak değişkenlik arz etmekte ve erozyon açısından farklı risk gruplarının oluşmasını sağlamaktadır. Saray İlçesi arazi örtüsü ve yönetim faktörü oluşturulurken:

1. USGS (Earth Explorer) veri tabanından çalışma sahasına ilişkin ETM+ Uydu görüntüleri indirilmiştir,
2. İndirilen uydu görüntüleri ArcGIS ortamına aktararak raster bandlar birleştirilme işlemine tabi tutulmuştur,
3. Yerinde yapılan arazi gözlemleri ile raster bandların doğrulaması yapılmıştır,
4. ArcGIS ortamında bandlar etkileşimli kontrollü sınıflandırma yoluyla, en çok benzerlikler aracı kullanılarak çalışma sahası arazi kullanımları ortaya çıkarılmıştır.

Arazi örtüsü ve yönetim faktörüne göre toprak erozyonu açısından çalışma sahası üzerinden ormanlık arazilerde yıllık hektar başına 0.05 tondan az toprak kayıpları Saray İlçesi'nin doğu ve kuzeydoğu kesimlerinde görülmektedir. 0.05 tondan az toprak kayıplarının yaşandığı bu alan toplam arazi varlığının % 44'üne (30.000 ha) karşılık gelmektedir. % 48 (33.400 ha) oran ile toprak kayıplarının en yüksek olduğu grubu 0.05-0.08 ton yıllık hektar başına erozyonla kuru tarım yapılan sahalar oluşturmaktadır. Bu sahalar ilçe sınırlarının güneybatısından ormanlık sahalar kadar uzanmaktadır. En yüksek toprak erozyonunu oluşturan grup ise sulu tarım sahaları ile yerleşim birimleri çevresinden gerçekleşmektedir. Bu sahalar üzerinde erozyonu engelleyici herhangi bir unsurun olmaması aynı zamanda yürütülen sulu tarım faaliyetleri ile hızlandırıcı etkide bulunması nedeniyle bu araziler üzerinden yıllık hektar başına



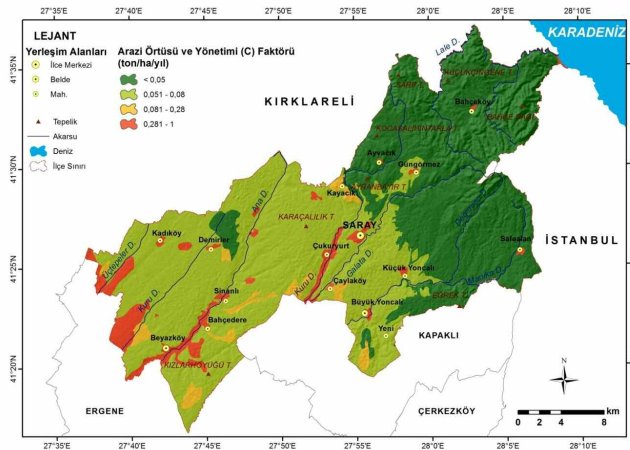
0.28-1.0 ton toprak erozyona uğramaktadır. Toplam alan içerisinde yerleşim birimleri ve sulcu tarım faaliyetlerinin oranı % 2 civarındadır. Arazi örtüsü ve yönetim faktörü adına toprak erozyonunda son olarak çalışma sahasının sahip olduğu meralik ve fundalık araziler üzerinden yıllık hektarda 0.08-0.28 ton toprak kayıplarının gerçekleştiği Çaylaköy güneyi, Beyazköy kuzeybatısı ve güneydoğusu ile Kayacık yerleşim birimleri civarında 4.600 ha araziler üzerinden gerçekleşmektedir (Tablo 6-7, Şekil 4).

**Tablo 6.** Saray ilçesi arazi örtüsü ve yönetim faktörü alansal dağılımı.  
**Table 6.** Saray District land cover and management areal distribution.

Arazi Örtüsü ve Yönetimi Faktörü (ton/ha/yıl)	Alan (ha)	Oran (%)
<0.05	30319	43.60
0.051- 0.08	33457	48.11
0.081- 0.28	4607	6.62
0.281- 1	1158	1.67
<b>TOPLAM</b>	<b>69541</b>	<b>100.00</b>

**Tablo 7.** Saray ilçesi arazi kullanımı.  
**Table 7.** Land use of Saray District.

Arazi Örtüsü ve Yönetimi Faktörü (ton/ha/yıl)	Alan (ha)	Oran (%)
<0.05	30319	43.60
0.051- 0.08	33457	48.11
0.081- 0.28	4607	6.62
0.281- 1	1158	1.67
<b>TOPLAM</b>	<b>69541</b>	<b>100.00</b>



**Şekil 4.** Saray ilçesi arazi örtüsü ve yönetim haritası.  
**Figure 4.** Land cover and management map of Saray District.

**Eğim Diklik ve Eğim Uzunluk Faktörü (LS),** toprak erozyonunun şiddetini ve boyutunu belirleyen ana parametrelerden birisi olarak kabul edilen eğim uzunluk eğim diklik faktörü, eğim koşullarının artış gösterdiği sahalarda yüzeysel akış sularının toprak parçacıklarını aşındırma ve taşıma potansiyeline bağlı olarak artmaktadır. Dolayısıyla dik eğim koşullarına sahip arazi üniteleri erozyona karşı çok yüksek duyarlı sahalara meydana getirmektedir (Fotoğraf 2). Ayrıca eğim uzunluğunun artmasına bağlı olarak yüzeysel akış sularının bir araya gelmesi, suyun toprak parçacıklarını taşımada kinetik enerjisinin de artırılmasına neden olmakta ve erozyon açısından yüksek duyarlılık taşıyan birimlerin oluşmasını sağlamaktadır (Biricik, 1985). Altınbaş'ın 2008 yılındaki çalışmasına göre eğim uzunluk faktörü olarak kabul edilen "L" faktörü 22.1 m uzunlukta benzer toprak özelliklerine sahip arazilerde meydana gelen erozyon durumu olarak tanımlanırken; "S" faktörü olarak bilinen eğim diklik faktörü aynı toprak özelliklerine sahip % 9 eğimli sahalarda meydana

gelen erozyon durumu olarak tanımlanmıştır (Altınbaş, 2008). Çalışma sahasına ait eğim uzunluk ve eğim dikliği haritası ile eğim uzunluk ve dikliği tablosu ArcMap 10.2 programı üzerinde mekansal analiz aracı kullanılarak daha önceden oluşturulmuş sayısal yükseklik modeli referans olacak şekilde "akım toplamı ve akım yönü" hesaplamalarıyla elde edilmiştir. Çalışma sahasına ait LS faktörü haritasının üretiminde ve tablosunun oluşturulmasında "Flow Accumulation\*(Flow Direction\*(DEM)" denklemi uygulanarak LS formülüne taban veri oluşturulmuştur (Renard vd., 1993). LS formülüne ait hesaplamalar ise;

$$"LS=1.6*Pow((FlowAccumulation*çözünürlük)/22.1,0.6)*Pow(Sin(Slope)*0.01745)/0.09,1.3)"$$

denklemi kurularak elde edilmiştir (Renard vd., 1993).

Saray İlçesi'nin sahip olduğu jeomorfolojik özelliklerin oldukça sade yapıda olması ve çalışma sahasının eğim değerlerinin ova üzerinde kurulu olmasından dolayı 5°'den az sahalardan oluşması erozyon açısından avantaj olarak değerlendirilebilir. Sahanın sadece kuzey ve kuzeydoğu kesimlerinde yer alan ve Yıldız Dağları'nın uzantısını oluşturan Bahçe Dağı, Sarp Tepe ve Küçükçingene Tepe civarı 30°'den fazla eğim değerlerine sahiptir. Dolayısıyla eğim diklik ve uzunluk faktörüne göre çalışma sahasının sadece kuzeydoğu Yıldız Dağları kesiminde toprak erozyonu kendini göstermektedir. Toprak erozyonu açısından çalışma sahasının % 97'si yıllık hektar başına 10 tondan az toprak kayıplarının yaşandığı çok düşük risk grubu içerisinde yer alırken % 2'lik kesimi 10-25 ton/ha/yıl ve sadece % 1'lik kesimi 50 ton/ha/yıl olarak kuzeydoğu kesimlerde yüksek risk grubunda bulunmaktadır (Tablo 8, Şekil 5).

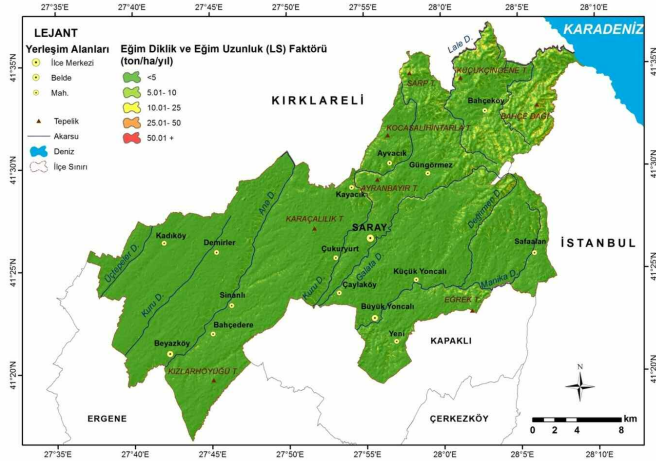


**Fotoğraf 1.** Bahçedağ güneyinde yapılan stabilize yol çalışmasıyla yamaç gradyanı bozulmuş, arazi örtüsünün ortadan kaldırıldığı sahalarda kırılgan ve alüvyal fanlar meydana gelmiştir (16.02.2017).  
**Photo 1.** Areas extinguished by land degradation.

**Tablo 8.** Saray ilçesi eğim diklik ve uzunluk faktörü alansal dağılımı.  
**Table 8.** Distribution of slop and span factor.

Arazi Örtüsü ve Yönetimi Faktörü (ton/ha/yıl)	Alan (ha)	Oran (%)
<0.05	30319	43.60
0.051- 0.08	33457	48.11
0.081- 0.28	4607	6.62
0.281- 1	1158	1.67
<b>TOPLAM</b>	<b>69541</b>	<b>100.00</b>

**Saray İlçesi Güncel Erozyon Durumuna** göre çalışma sahasında çok yüksek oranda bir erozyonun meydana gelmediği tespit edilmiştir. Toplam arazi varlığının % 91.54 gibi yüksek bir kesimi yıllık hektar başına 5 tondan daha az toprak kayıplarının yaşandığı yerlerdir. 5-25 ton yıllık toprak kayıplarının olduğu araziler ise toplam arazi varlığının % 7.93'üne karşılık gelen orta şid-



Şekil 5. Saray ilçesi eğim diklik ve eğim uzunluk faktörü haritası.

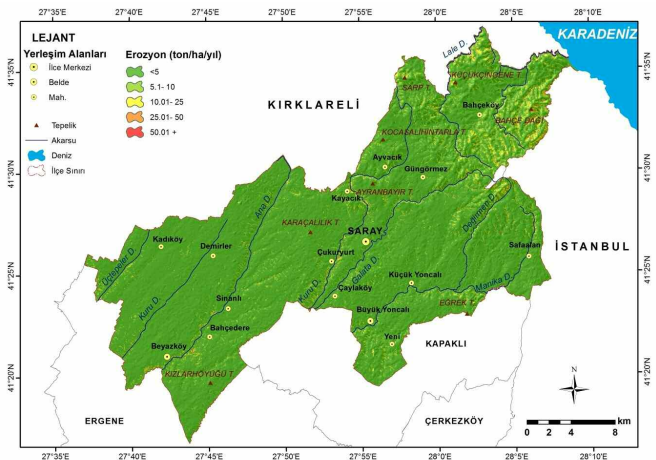
Figure 5. Map of slope and span factor.

dette erozyonun yaşandığı yerlerdir. Orta şiddette erozyonun meydana geldiği bu araziler ilçenin eğim değerlerinin çok az artışlar gösterdiği Kuru D., Ana D., Manika Deresi ve Galata D. gibi akarsu yataklarının ovalık arazilere geçiş gösterdiği eğimli sahalarda kendini göstermektedir. Son olarak çalışma sahasında şiddetli erozyonun yaşandığı alanlara değinmek gerekmektedir. Şiddetli erozyonun yaşandığı kuzeydoğu dağlık kesimlerde yıllık hektar başına 25 tondan fazla toprak erozyonu görülmektedir. Fakat çalışma sahasında 25 tondan az toprak kayıplarının yaşandığı bu araziler Saray ilçesi toplam arazi varlığının sadece % 0.52'sini meydana getirmekte olduğundan güncel erozyonda çok fazla önem teşkil etmemektedir (Tablo 9; Şekil 6).

Tablo 9. Saray ilçesi güncel erozyon dağılımı tablosu.

Table 9. Table of Saray District erosion distribution.

Toplam Erozyon Durumu (ton/ha/yıl)	Alan (ha)	Oran (%)
<5	70659	91.54
5.01- 10	4084	5.29
10.01- 25	2040	2.64
25.01- 50	335	0.43
50.01 +	71	0.09
<b>TOPLAM</b>	<b>77189</b>	<b>100.00</b>



Şekil 6. Saray ilçesi güncel erozyon haritası.

Figure 6. Current map of Saray District erosion.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Düzenlemiş toprak kaybı denklemi ile toprak erozyonunu tespit

etmeye yönelik Saray İlçe sınırları bünyesinde hazırlanan bu çalışmada çalışma sahasında yıllık ortalama hektar başına 1.56 ton toprak erozyonunun meydana geldiği tespit edilmiştir. Toprak erozyonunu ortaya çıkaran parametrelerin ağırlıklı çakıştırılması analizi sonucunda çalışma sahasında yer alan toprakların % 91'i çok hafif risk grubunda toprak erozyonuna maruz kalmaktadır. Bu sahalardan yıllık hektar başına 5 tondan daha düşük değerlerde toprağın erozyona maruz kaldığı belirlenmiştir. Çalışma sahasında % 0.4 oranında çok yüksek riskli bölgeler belirlenmiştir. Bu sahalardan Saray İlçesi'nin kuzeydoğusunda yer alan ve eğimsel açıdan dik arazilerdir. Eğim değerlerinin yüksek olduğu Bahçe Dağı, Küçükçingene Tepe, Sarp Tepe ve Eğrek Tepe'nin kuzey kesimlerinde yıllık 50 ton/ha toprak erozyona uğramaktadır. Geriye kalan % 6-7'lik oran ise orta derecede erozyona maruz kalan sahalardır. Yıllık 10-50 ton/ha toprak kayıplarının yaşandığı bu sahalardan eğim değerleri 12-18° arasında değişen ve bitki örtüsü açısından meralık ya da fundalık arazilerin olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Sonuçta Saray İlçesi genelinde Türkiye ortalamasının (6.14 ton/ha/yıl) altında toprak erozyonunun meydana geldiği hesaplanmıştır.

Bu verilere dayanarak inceleme alanının genelinde erozyonun çok şiddetli olmadığı söylenebilir. Ancak ilçenin en önemli geçim kaynağının tarım olmasından dolayı yoğun tarım yapılan alanlardan toprak kaybı, önemli rekolte düşüşlerine veya fazla gübre kullanımına neden olmaktadır. Yıllık 50 ton/ha değerinden daha yüksek erozyon riski taşıyan alanlar genelde eğim değerlerinin yüksek olduğu tepelik sahalardır. Bu sahalarda, ağaçlandırma vb. yöntemler kullanılarak erozyonu azaltma ve engelleme çalışmaları yapılmalıdır.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, tarım arazilerindeki rekolte ve gübre kullanımını kapsayan çalışmalar ile desteklenmelidir.

#### Kaynakça

- Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y., Delibacak, S. (2008). *Toprak Bilimi*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 557.
- Bahtiyar, M. (2003). *Toprak Erozyonu, Oluşumu ve Nedenleri. Erozyonla Mücadele* (Tema Eğitim Semineri Notları), 3. Baskı (Editör: E Gülşah Sevinç), TEMA Vakfı Yayınları No: 26, ISBN: 975-7169-20-X, Lebib Yalkın Matbaacılık, S: 28-46, Ankara.
- Beasley, D.B., and Huggins, L.F. (1982). *ANSWERS-Users Manual*. EPA 905/9-82-001, USEPA, Region 5, Chicago.
- Biricik, A.S. (1985). Sarayköy Civarında Erozyon ve Önlemleri (Konya). İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü *Coğrafya Dergisi* 1, 173- 180.
- Brown, L.R., Wolf, C.E. (2009). *Worldwatch Enstitüsü Raporu 60*. TEMA Yayın No:5.
- Campbell, F.B. and Bauder, H.A. (1940). A rating-curve method for determining silt-discharge of streams. *Transactions, American Geophysical Union* 21: doi: 10.1029/TR021i002p00603. issn: 0002-8606.
- Çelik, V. (2011). *Değirmen Deresi Havzası'nda (Bolvadin- Afyonkarahisar) Toprak Erozyonu Risk Analizi*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Afyonkarahisar.
- Cürebil, İ. ve İkinci, D. (2006). Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3D) Yöntemiyle Erozyon Analizi. *Türk Coğrafya Dergisi* 47, 115-130.
- Dendy F.E. and Bolton, G.C. (1976). Sediment yield-runoff drainage area relationships in the United States. *J. Soil and Water Cons.*, 31, 264-266



- De Roo, A.P.J., Wesseling, C.G., Cremers, N.H.D.T., Offermans, R.J.E., Ritsema, C.J. and Oostindie, K. (1994). LISEM: a new physically-based hydrological and soil erosion model in a GIS-environment: theory and implementation. In: *Variability in Stream Erosion and Sediment Transport* (ta. by L. J. Olive, R. J. Loughran & J. A. Kesby) (Proc. Canberra Symp., December 1994), 439-448. IAHS Publ. no. 224.
- Doğan O. ve Güçer, C. (1976). *Su Erozyonunun Nedenleri, Oluşumu ve Üniversal Denklem ile Toprak Kayıplarının Saptanması*. Merkez TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 41, Teknik Yayın No: 224.
- Efe R., Ekinci, D., Cürebal, İ. (2008a) Erosion Analysis of Fındıklı Creek Watershed (NW of Turkey) Using GIS Based RUSLE (3D) Method. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17 (5), 568-576.
- Efe R., Ekinci, D., Cürebal, İ. (2008b), Erosion Analysis of Şahin Creek Watershed (NW of Turkey) Using GIS Based RUSLE (3D) Method. *Journal of Applied Sciences*, 8 (1), 49-58.
- Ekinci, D. (2005). CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi İle Koşlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü *Coğrafya Dergisi*, 13, 109-119.
- Ekinci, D. (2007). *Estimating of Soil Erosion in Lake Durusu Basin Using Revised USLE 3D with GIS*. Çantay Press.
- Elwell, H.A. and Stocking, M.A. (1973). Rainfall parameters and a cover model to predict runoff and soil loss from grazing trials in the Rhodesian sandveld. *Proc. Grassld. Sot. So. Afr.* 9, 157-163.
- Elwell, H.A. (1978). Modelling soil losses in southern Africa. *1. Agric. Eng. Res.* 23, 117-127.
- Erkal, T. and Yıldırım, Ü. (2012). Soil erosion risk assessment in the Sincanlı sub-watershed of the Akarçay basin (Afyonkarahisar, Turkey) using the universal soil loss equation (USLE). *Ekoloji*, 21(84), 18-29.
- Erkal, T. (2012). Çobanlar Havzası'nda (Afyonkarahisar) Toprak Erozyonunun Değerlendirmesi. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 5 (8), 543-562.
- Erol E. ve Çanga, M.R. (2004) Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniği Kullanılarak Erozyon Tehlikesinin Değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10 (2), 136-143.
- Ferreira, V.A. and Smith, R.E. (1992). *Opus, an integrated simulation model for transport of nonpoint source pollutants at the field scale: Volume II, User Manual*. ARS-98. Washington: USDA Agricultural Research Service.
- Flacke, W., Auerswald, K., Neufang, L. (1990). Combining a modified universal soil loss equation with a digital terrain model for computing high resolution maps of soil loss resulting from rain wash. *Catena* 17. Issue 4-5, Pages: 383-397, Elsevier.
- Flaxman, E.M. (1972). Predicting sediment yield in western United States. Proceedings of the ASCE, *Journal of the Hydraulics Division*, 98, 2073-2085.
- Foster, G.R., Meyer, L.D. and Onstad, C.A. (1977). An erosion equation derived from basic erosion principles. *TRANSACTIONS of the ASAE* 20(4), 678-682.
- Gülşen M. (2014) Eber Havzasında (Afyonkarahisar) Toprak Erozyonunun Değerlendirmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Afyonkarahisar.
- Hjelmfelt, A.T., Piest, R.P. and Saxton, K.E. (1975). Mathematical modeling of erosion on upland areas. *International Association of Hydrologic Research Congress*, 16th, Sao Paulo, Brazil, 1975, Proceedings, v. 2.
- Johson, J.W. (1943). Distribution graphs of suspended-matter concentration. *Transactions, American Society of Civil Engineers*, Vol: 108.
- Knisel, W.G. (1980). CREAMS: A Field-Scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems. U.S. Department of Agriculture, Science and Education Administration, Conservation Research Report No: 26
- Lafren, J.M., Lane, L.J. and Foster G.R. (1991). WEPP: A New Generation of Erosion Prediction Technology. *Journal of Soil and Water Conservation*, vol: 46; no: 1; 34-38.
- Lane, L.J., Shirley, E.D. and Singh, V.P. (1988). Modelling erosion on hillslopes. chapter in *Modelling Geomorphological Systems*, Edited by Anderson, M.C., John Wiley & Sons Ltd.
- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N. and Rickson, R.J. (1991). *EUROSEM A user guide*. Silsoe College, Silsoe, Bedford, UK
- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N., Smith, R.E., Govers, G., Poesen, J.W.A., Auerswald, K., Cnisci, G. and Torri D. (1998). The EUROSEM model, in Boardman, J. B. and Favis-Mortlock, D. (Eds.) *Global Change: modelling soil erosion by water*, NATO ASI series, Series 1: Global environmental change. Springer Verlag, London.
- Musgrave, G.W. (1947). The quantitative evaluation of factors in water erosion A first approximation. *Journal Soil and Water Cons.* 2:133-138.
- Nearing, M.A., Foster, G.R., Lane, L.J. and Finkner, S.C. (1989). A Process-Based Soil Erosion Model for Water Erosion Prediction Project Technology. *Transaction of the ASAE* 32(5), 1587-1593
- Nearing, M.A., Yin, S.G., Borelli, P. and Polyakov, O.V. (2017). Rainfall Erosivity: An Historical Review. *Catena*(157), 357-362.
- Özşahin, E. ve Atasoy, A. (2014). *Aşağı Asi Nehri Havzası'nın Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) Teknikleriyle Erozyon Analizi*. Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları No: 48, Hakan Ofset Basımevi 344 pp, Antakya.
- Özsoy, G. (2007). *Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Teknikleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Bursa.
- PSIAC - Pacific Southwest Inter Agency Committee (1968). Factors Affecting Sediment Yield in the Pacific Southwest Area and Selection and Evaluation of Measures for Reduction of Erosion and Sediment Yield. Water Management Subcommittee on American Society of Civil Engineers (ASCE), Report No. HY 12.
- Renard, K.G. and Laursen, E.M. (1975). Dynamic Behavior Model of Ephemeral Streams. *J. Hydraul., Div., Proc.*, ASCE, 101 (HY5)
- Renard, K., Foster, G.R., Weesies, G.A. Porter, J.P. (1991). RUSLE Revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46 (1) 30-33.
- Renard, K.G., Foster G.R., Weesies, G.A. and Yoder, D.C. (1993). Predicting Soil Erosion by Water, A Guide to Conservation Planning with The Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Agricultural Handbook No: 534, US Department of Agriculture.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K. and Yoder, D.C. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USDA Agricultural Handbook No. 703, 404 pp.
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D. and Yoder, D., (1997). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USDA Agriculture Handbook.
- Rendon-Herrero. O. (1978). Unit Sediment Graph. *Water Resources Reserch*, 14, Issue: 5.
- Renfro, W.G. (1975). Use of erosion equation and sediment delivery ratios for predicting sediment yield. In: *Present and Prospective Tecnology for Predicting Sediment Yields and Sources*. US Dept. Agric, Publ. ARS-S-40, 33-45.
- Schimidt, J. (1991). A Mathematical Model to Simulate Rainfall Erosion, In: Bork H.R., De Ploey, Schick J. A. P. (eds.): *Erosion Transport and Deposition Processes- Theories and Models*, Catena Supplement, 19.
- Schramm, M. (1994). *Ein Erosionsmodell mit zeitlich und räumlich veränderlicher Rillengeometrie* (An erosion model with temporally and spatially variable rill geometry, in German). Mitteilungen Inst. f. Wasserbau und Kulturtechnik 190, Univ. Karlsruhe, Germany.
- Schulze, R.E. (1995). *Hydrology and Agrohydrology: A Text to Accompany the ACRU 3.00 Agrohydrological Modelling System*. Water Research Commission, Pretoria, RSA. Report TT69/95.
- Sharma, T.C., Hines, W.G.S. and Dickinson, W.T. (1979). Input-output model for runoff-sediment yield processes. *J. Hydrol.* 40, Vol: 40, Issues: 3-4, Pages: 299-322.

- Singh, V. P. and Quiroga, C. A. (1987). A Dam-Breach Erosion Model: I. Formulation. *Water Resources Management*, Vol. 1, Issue 3, pp 177-197.
- Tağıl, Ş. (2007). Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degredasyonu Risk Değerlendirmesi, *Ekoloji* 17: 11-20.
- Walton, R. and Hunter, H. (1996). Modelling water quality and nutrient fluxes in the Johnstone River catchment, North Queensland. In: *23rd Hydrology and Resources Symposium*. Sydney.
- Williams, J.R. (1975). Sediment – yield prediction with universal equation using runoff energy factor. *Proceedings of the sediment Yield Workshop*, USDA Sedimentation Laboratory, Oxford, Mississippi.
- Williams, J.R. (1975a). Sediment routing for agricultural watersheds. *Water Resource 313 Bulletin 11*: 965-974. 314
- Williams, W.H. (1978). *A Sampler on Sampling*. John Wiley & Sons, New York, N.Y
- Williams, J.R. and Hann, R.W. (1978). *Optimal operation of large agricultural watersheds with water quality constraints*, TR-%. 152 pp., Tex. Water Resour. Inst., Texas A&M Univ., College Station
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses; A guide to Conservation planning*. Agriculture Handbook No. 537, USDA Sci. and Educ. Admin., Washington D.C.
- Woolhiser, D.A., Smith, R.E. and Goodrich, D.C. (1990). *KINEROS, a kinematic runoff and erosion model: documentation and user manual*. ARS-77 USDA-ARS
- Yılman, F.E. (2009). *Eldivan Sarayköy-II Göleti (Çankırı) Su Toplama Havzasında RUSLE Yöntemi İle Toprak Kayıplarının Tahmin Edilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, S: 31- 124, Ankara.