



Farklı Arazi Kullanımı Altında Meydana Gelen Toprak ve Yüzeysel Akış Kayıplarının Wepp Hillslope Modeli Kullanılarak Tahmin Edilmesi

Saniye DEMİR^{1*} İrfan OĞUZ¹ Ömer Faruk CİBA¹ Erhan ÖZER¹

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat
*e-posta: saniye.demir@gop.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 29.05.2017

Kabul tarihi (Accepted): 21.07.2017

Online Baskı tarihi (Printed Online): 19.12.2017

Yazılı baskı tarihi (Printed): 29.12.2017

Öz: Arazi kullanımı ve yönetimi, toprakların strüktürel özellikleri ve erozyona duyarlılıkları bakımından önemli bir değişkendir. Bu çalışmada, WEPP (Water Erosion Prediction Project, 2012) Hillslope modeli kullanmak suretiyle farklı arazi kullanımı altındaki arazilerde meydana gelen toprak kayıpları ve yüzeysel akış miktarları tahmin edilmiştir. Çalışma, Karadeniz ile İç Anadolu bölgesi arasında yer alan Tokat-Sivas karayolunun 20.km mesafesinde yürütülmüştür. 2010-2015 yılları arasındaki iklim verileri kullanılmıştır. Ortalama yıllık yağış 385 mm'dir. Toprak örnekleri farklı arazi kullanımlarının olduğu 3 farklı araziden 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alt ve üst olmak üzere 18 noktadan alınmıştır. Yamacın uzunluğuna ve eğimine bağlı olarak en yüksek toprak kayıpları tarım, en düşük toprak kayıpları ise orman arazisinde tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tokat, toprak kayıpları, WEPP Hillslope Model, yüzeysel akış

Estimation of Soil Loss and Runoff Under Different Land Use by Using Wepp Hillslope Model

Abstract: Land use and management has great importance on soil structural development and erodibility. In this study, soil erosion and surface runoff were predicted under different land use types by using Water Erosion Prediction Project (WEPP, 2012) Hillslope model. The study was carried out along a 20.km from Tokat-Sivas highway between the Black Sea and the Central Anatolian region. The climate data between the years of 2010-2015 was used in the study. The average rainfall in the study region is 385 mm. A total of 18 soil samples were collected from 0-20 and 20-40 cm depth from 3 different soils under different - use. Depending on the length and the size of slope, the highest and lowest soil losses were estimated in agriculture, and forest land, respectively.

Keywords: Runoff, sediment yield, Tokat, WEPP Hillslope Model

1. Giriş

Günümüzde toprak erozyonunun belirlenmesi hem çok pahalı hem de zaman gerektiren bir uğraş olmasından dolayı evrensel bir çevre problemi olarak kabul edilmektedir (Alkharabsheh et al., 2013). Son yıllarda işlenebilir arazilerin yaklaşık üçte birisinin erozyona maruz kaldığı yapılan toprak su koruma çalışmalarında görülmektedir. Toprağın aşınması, toprağın kendini yenilemesinden 10 ila 40 kez daha hızlı gerçekleşmektedir. Dünyada yaygın olarak görülen bu etkiler, Türkiye'de de ciddi boyutlara ulaşmıştır. Ülkemiz topraklarının büyük bir kısmı iklim, topoğrafya ve uygulanan yanlış amenajman yöntemlerinin etkisiyle erozyona çok duyarlı bir

hale gelmiştir. İnsanların sürekli olarak bitki örtüsünü tahrip etmesi ve uygun özelliklere sahip olmayan toprakları tarıma açması, erozyona ortam hazırlamaktadır. Bunların yanı sıra arazi ve toprakların oluşurken kazandıkları yeteneklerine uygun olmayan kullanım biçimleri altında işletilmeleri, hatalı ve yanlış tarım yöntemleri uygulanarak kullanılmaları da erozyon zararının beklenilenden fazla olmasına neden olmaktadır. Topraklarımızın erozyona duyarlılığını belirleyen en önemli özelliklerinden olan organik madde kapsamı ve derinlikleri incelendiğinde durumun hiç de iç açıcı olmadığı görülmektedir.

Yukarıda sözü edilen nedenlerden dolayı toprak erozyonu ülkemiz için ciddi boyutlara ulaşmıştır. Ülke topraklarının %7 sinde hafif, %20 sinde orta, %63 ünde şiddetli ve çok şiddetli erozyon görülmektedir. Türkiye’de her yıl km² başına yaklaşık 600-800 ton verimli toprak, akarsularla denizlere, göllere ve barajlara taşınmaktadır. Dünyada meydana gelen erozyon miktarıyla karşılaştırıldığında bu değer, 368 ton yıl⁻¹ olan dünya ortalamasının yaklaşık iki katına eşit olduğu görülür. Dünya sıralamasında Türkiye maalesef toprakları en çok erozyona uğrayan ülkelerin başında yer almaktadır (Erol ve ark., 2009).

Bu derecede ciddi ekonomik kayıplara yol açan toprak erozyonunun belirlenmesinde kullanılmak üzere SWAT (Soil And Water Assessment Tool) (Arnold et al., 1993), AGNPS (Agricultural Non-Point Source Pollution) (Young et al., 1989), ANSWERS (Areal Non Point Source Watershed Environment Response Simulation) (Beasley et al., 1980) ve WEPP (Water Erosion Prediction Project) (Lafren et al., 1991) gibi günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan çok sayıda erozyon modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller, toprak kayıplarını tahmin etmek ve simülasyonlarını geliştirmek için bir araç olarak kullanılmaktadır. Toprağın ayrışması, taşınması ve birikmesi erozyon modellemede dikkate alınan temel süreçlerdir (Lal, 1988; Özsoy, 2007). Birçok erozyon modeli, herhangi bir birikim olmadan taşıyabileceği maksimum sediment miktarı olarak tanımlanan taşıma kapasitesine dayanmaktadır. Erozyon modelleri yaygın olarak, tarım arazilerinin korunması için toprak ve arazi koruma planlamasında kullanılmak ve erozyon tehlikesi üzerine veri üretmek için en uygun yaklaşımlar olarak kabul edilmiştir (Souksakoun, 2008; Çilek, 2013; Mahmoodabadi and Certa, 2013).

Tokat ve çevresi iklim, topoğrafik yapı ve genel toprak özellikleri bakımından erozyona çok duyarlı bir yapıya sahiptir. Özellikle, şiddetli yağmur yağışlarına bağlı olarak meydana gelen yüzey akış, bitki örtüsü tahrip edilmiş alanlarda çok fazla miktarda toprak kayıplarına neden olmaktadır. Bundan dolayı, Tokat ve çevresinde

sürdürülebilir toprak ve su kaynaklarının yönetimi çalışmalarında uygun bir erozyon kontrolü için, erozyona uygun alanların özelliklerinin çok iyi bilinmesi ve bu özellikleri etkileyen faktörlerin tanımlanması esastır. Bu amaç doğrultusunda, çalışma alanında WEPP Hillslope model (Lafren et al., 1991) kullanılmıştır. WEPP hillslope model (a) arazide toprak ayrışması ve birikiminin çok yoğun olduğu yerleri tanımlanmasında, (b) nehir ve derelere taşınan toprağın ayrışması, taşınması ve birikmesi üzerine suyun etkisinin hesaplanmasında, (c) tarımsal faaliyetlerin sonucu olarak erozyon ve birikme süreçlerinin zamana ve alana dağılımının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Ascough II et al., 1995a; Pandey et al., 2008). Model, toprak kayıpları ve yüzey akışı günlük, aylık ve yıllık zaman aralığında tahmin etmektedir. Modelin çalışması için girilen veri setinin günlük olması modelin dezavantajını oluşturmaktadır. Çünkü, her yerde yağış istasyonu bulunmamaktadır. Bundan dolayı, veriler eksik ya da hatalı olmaktadır (Demir, 2012).

Yamaç ve havzalarda toprak kayıpları ve yüzey akışın tahmin edilmesinde, WEPP Hillslope model yaygın olarak kullanılmaktadır (Chaves and Nearing, 1991; Tiscareno-Lopez et al., 1994; Risse et al., 1994; Zhang et al., 1996; Flanagan and Nearing, 2000; Pandey et al., 2008). Gronsten and Lunkdevam (2006), Norveç’in güneyinde iki farklı erozyon bölgesinde WEPP Hillslope v. 2002.7 versiyonunu kullanarak toprak kayıpları ve yüzey akışı, günlük ve yıllık olarak tahmin etmişlerdir. Simülasyon sonucunda modelin, Norveç iklim şartlarına uygun olmadığı sonucunu varmışlardır. Demir (2016) doktora tez çalışmasında, Tokat ili iklim şartlarında farklı amenajman uygulamaları altındaki arazilerde, WEPP Hillslope model v.2012 kullanarak toprak kayıpları ve yüzey akışı, gözlenen veriler ile karşılaştırmıştır. Simülasyon sonucunda modelin bölgedeki performansının oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

Lafren et al., (2004) USLE, RUSLE ve WEPP modellerini farklı koşullar altında karşılaştırdıkları çalışmada; WEPP modelinin performansının oldukça yüksek olduğunu

belirtmişlerdir. Yine, Mahmoodabadi and Certa (2016), kurak ve yarı kurak iklime sahip interrill alanlarında toprak kayıplarını WEPP model kullanarak tahmin etmişleridir. Yağış simülatörünün kullanıldığı çalışmada model interrill erozyonu gözlenen değerden 14.5 kez daha düşük tahmin etmiştir.

WEPP model dünyada yaygın olarak kullanılmakla birlikte, ülkemizde daha yeni kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, Tokat-Sivas karayolunun 20 km uzağındaki yamaç arazisi üzerinde meydana gelen toprak kayıpları ve yüzey akış WEPP Hillslope model v. 2012 versiyonu kullanılarak tahmin edilmesi ve yöreye uygunluğunun değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, bulunan sonuçlar ışığında toprak kayıplarının önlenmesi için gerekli önlemlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Karadeniz ile İç Anadolu bölgesi arasında Tokat-Sivas karayolunun sol tarafında yer alan Tekneli köyü arazisi içersinde birbirine bitişik orman, mera ve tarım arazileri üzerinde yürütülmüştür. 39°51' - 40°55' kuzey enlemleri ile 35°27' - 37°39' doğu boylamları arasında olup, denizden yüksekliği ise 623 m dir. %15 eğime sahip, birbirine bitişik orman, mera ve tarım arazilerinden oluşmaktadır. İç Anadolu, Doğu Anadolu, Karadeniz ve Orta Karadeniz iklimleri arasında bir geçit özelliği göstermektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçmektedir. En fazla yağış ilkbahar, en az yağış ise yaz mevsiminde görülmektedir. 2010-2015 yılları arasındaki yağış ortalaması 374 mm'dir. Maksimum sıcaklık ortalaması 14.2 ve minumum ise 8.1 °C'dir. Ortalama nispi nem; %73'tür. Yağışlar aylara göre farklılık göstermektedir.

2.2. Metot

2.2.1. WEPP Hillslope Modelin Tanımlanması

Flanagan ve Nearing (1995) tarafından ilk kez Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirilen WEPP model, fiziksel sürece dayalı olarak torak kayıpları ve yüzey akışı simüle etmede kullanılmaktadır. İnfiltrasyon teorisi, hidroloji, toprak fiziği, bitki besleme, hidrolik ve erozyon süreçleri modelin ana bileşenleridir (Nearing et al., 1989; Pandey et al., 2008). İklim, kış süreçleri, sulama, hidroloji, toprak, bitki gelişimi, atıkların ayrışması, yüzey akış hidrolojisi ile erozyon ve birikme olmak üzere dokuz parametreyi içermektedir. Modelde kullanılan hidrolojik parametreler, kinematik dalga denklemini kullanmak suretiyle yüzey akış ve peak değerinin belirlenmesini sağlamaktadır. Model yamacın tepe noktasından topuk kısmına kadar mesafe boyunca meydana gelen toprak kayıpları ve yüzey akışı tahmin etmektedir. İnterrill ve rill erozyon, kararlı durumdaki sediment süreklilik denklemi kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu denklem, toprak kayıplarının tahmin edilmesinde esas alınmaktadır (Flanagan and Nearing, 1995). Şev dosyasını yamacın uzunluğu, genişliği ve şekli gibi parametreler oluşturmaktadır. Toprak kayıplarını alana ve zamana bağlı olarak tahmin etmesi, modelin diğer erozyon modellerine göre avantaj sağlamaktadır. Bu özellik, havzanın dışında meydana gelen toprak kayıplarını tahmin eden modeller için çok önemlidir. Model iklim, toprak, şev ve amenajman dosyası olmak 4 giriş dosyasından oluşmaktadır.

2.2.2. Toprak Dosyası

Araziden alınan toprak örnekleri oda sıcaklığında kurutulup dövülerek 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinde tekstür analizi Bouyoucus metodu (Bouyoucus, 1951), organik madde Walkley-Black yöntemi (Nelson ve Sommers, 1982) ile kaya parçacıkları ıslak eleme metodu kullanılarak tayin edilmiştir (Kember, 1965). Toprağın hidrolik iletkenliği anahtar parametrelerden birisidir. Aşağıda verilen denklemler kullanılarak hidrolik iletkenlik, kayma gerilmesi, rill ve interrill erozyon hesaplanmıştır.

Kayma Gerilmesi= $2.76+6.5*\text{clay}-5.8*vfs$ (1)

Burada; vfs=Çok ince kum

Kum içeriği >30 ise;

Krb (Rill erozyon) = $0.00197 + 0.030*vfs + 0.03863e-184*OM$ (2)

Burada; vfs= Çok ince kum, OM= Organik madde miktarıdır.

Kib (İnterrill erozyon) = $(2.728*106) + (1.921*107)*vfs$ (3)

Kb (Hidrolik İletkenlik) = $-0.265 + 0.0086 (100*Sve)1.8+ 11.46 CEC -0.75$ (4)

Denklemdaki; Sve= toprak tekstüründeki % kum içeriğidir. CEC= KDK katyon değişim kapasitesi olup her zaman 1 meq $100 g^{-1}$ fazla olması tercih edilmektedir.

2.2.3. Biyokimyasal Analizler

Denemede, konulu sulamaların başlangıç ve sonunda, anaçların yapraklarında klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, pH, ABA, toplam şeker ve toplam nişasta içeriğindeki değişimler incelenmiştir.

2.2.3. Şev Dosyası

Araştırma, %15 eğim ve 30 m uzunluğundaki yamaç üzerinde yürütülmüştür.

2.2.4. Amenajman Dosyası

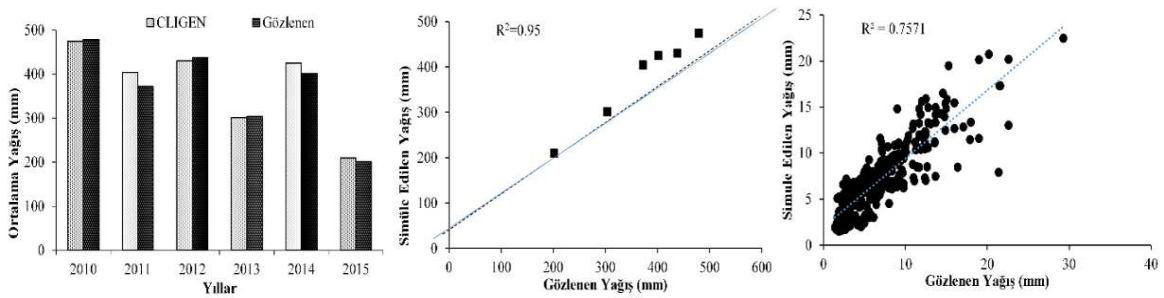
Aynı yamaç üzerinde bitişik konumdaki mera, orman ve tarla arazi kullanımı altındaki

topraklarda modelin performansı değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Yıllık Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışma alanına ait 6 yıllık (2010-2015) iklim verileri CLIGEN ara yüz iklim modeli ile simüle edilmiş ve bulunan sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir. Gözlenen yıllık yağış ortalaması 366 ve simüle edilen ise 374 mm'dir. Model, yıllık yağış verilerini gözlenen değere çok yakın tahmin etmiştir. 2010, 2012, 2013 ve 2015 yılları yağış ortalamaları birbirine oldukça yakın olup; 2011 ve 2014 yıllarında ise hafif üzerinde tahmin etmiştir (Şekil 1-a). Modelin performansının oldukça yüksek olduğu aralarındaki ilişkiyi gösteren grafikten de anlaşılmaktadır (Şekil 1-b) Yıllık ortalama gözlenen ve tahmin edilen yağışlar arasındaki ilişki oldukça yüksektir ($R^2:0.95$). Veriler 1:1 hattına çok yakın veya üzerinde dağılım göstermektedir. Model yüksek şiddeteki yağışları gözlenen değerden düşük tahmin etmektedir (Şekil 1-b). Model ile bireysel günlük yağışlarda simüle edilmiş ve aralarındaki ilişki grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 1-c). Veriler 1:1 hattının altında ve üzerinde üniform bir dağılım göstermektedir. Aralarındaki ilişki yüksek değildir ($R^2:0.76$). Model, tıpkı yıllık yağışlarda olduğu gibi yüksek şiddetli yağışları gözlenen değer altıda tahmin etmiştir (Şekil 1-c).



Şekil 1. Yıllık yağışlar arasındaki ilişki

Figure 1. Relationship between year rainfall

Yıllık yağış miktarlarına ait tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 1'de

verilmiştir. Yıllık yağış verilerinin standart sapma değerleri oldukça yüksek bulunmuştur. 6 yıllık

zaman periyodu içerisinde çok sayıda ekstrem yağış gözlenmiştir. Bu durum, verilerin ortalamadan uzak bir dağılım göstermesine neden olmaktadır. 2011 ve 2012 yıllarına ait bireysel yağış olayları çok fazla değişkenlik göstermektedir. Bu yıllar içerisinde şiddeti yüksek yağışların sayısı oldukça fazladır. Bu durum, verilerin normal dağılım göstermeyip sağa çarpık bir dağılım göstermesine neden olmaktadır.

Bundan dolayı, bu yıllara ait verilerin değişim katsayısı yüksek çıkmıştır (Çizelge 1).

Simüle edilen verilerin çarpıklık katsayıları, gözlenen değerden daha düşük çıkmıştır. Çünkü model, algoritması gereği verileri normalleştirip daha sonra simülasyon yapmaktadır. Değişim katsayısının gözlenen değere göre düşük çıkması bu durumu açıklamaktadır. Yağış verileri arasındaki ekstrem değerler normale yakın değerler dönüştürülmektedir.

Çizelge 1. Yıllık toplam yağış parametrelerine ait tanımlayıcı istatistiksel analiz

Table 1. Descriptive statistical analyses of rainfall parameters

| <i>İstatistiksel Parametreler</i> | <i>Gözlenen Yağış (mm)</i> | <i>Simüle Edilen Yağış (mm)</i> |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| <i>Ortalama (mm)</i> | 6.57 | 6.79 |
| <i>Standart Sapma</i> | 3.95 | 3.23 |
| <i>Çarpıklık</i> | 1.07 | 0.93 |
| <i>Değişim Katsayısı (%)</i> | 60.58 | 47.50 |

3.1. Yüzeysel Akış ve Toprak Kayıplarının Değerlendirilmesi

Yamaç arazisine bitişik mera, orman ve tarım arazisi kullanımı altındaki arazilerin toprak özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Mera arazisi killi-tınlı olup, tarım ve orman arazisi ise kil tekstür sınıfına girmektedir. Çizelge 2’de verilen

toprak özellikleri aynı zamanda modelin toprak dosyasına girilen parametrelerdir.

Her bir kullanım altındaki arazilerde meydana gelen yüzeysel akış ve toprak kayıpları WEPP Hillslope model kullanılarak tahmin edilmiştir. Bulunan sonuçlar Çizelge 3 ve Şekil 2’de verilmiştir.

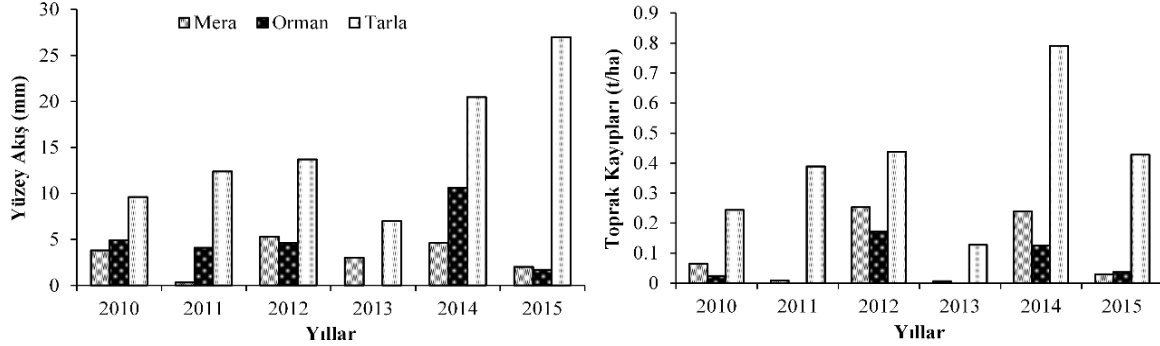
Çizelge 2. Arazi kullanımlarına ait toprak özellikleri

Table 2. Soil Properties relating to land use

| <i>Arazi kullanımı</i> | <i>Mera</i> | | <i>Orman</i> | | <i>Tarla</i> | |
|--------------------------------------|-------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| <i>Derinlik (cm)</i> | 0-20 | 20-40 | 0-20 | 20-40 | 0-20 | 20-40 |
| <i>Kil</i> | 37.3 | 37.3 | 52.7 | 52.7 | 38.3 | 42.7 |
| <i>Kum</i> | 37.3 | 40.7 | 29.3 | 29.3 | 42.7 | 39.3 |
| <i>Tekstür sınıfı</i> | Killi Tınlı | | Kil | | Kil | |
| <i>Organik madde içeriği (%)</i> | 5.39 | 4.94 | 4.64 | 2.65 | 0.53 | 0.63 |
| <i>Katyon değişim kapasitesi ()</i> | 18 | 15 | 22 | 20 | 27 | 25 |
| <i>Kaya (%)</i> | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| <i>Çok ince kum (%)</i> | 1.8 | 2 | 1.6 | 1.5 | 2.6 | 2.5 |
| <i>Doğunluk derecesi</i> | 75 | | 75 | | 75 | |
| <i>Rill</i> | 0.098 | | 0.087 | | 0.117 | |
| <i>İnterrill</i> | 3.93E+08 | | 3.26E+08 | | 5.177E+008 | |
| <i>Kayma gerilmesi</i> | 2.34 | | 3.36 | | 2.51 | |
| <i>Hidrolik iletkenlik</i> | 1.48 | | 1.16 | | 1.07 | |

Çizelge 3. Model çıktı verileri
Table3. Model output data

| Model Çıktı Verileri | Mera | Orman | Tarla |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| Yüzey Akış (mm) | 2.18 | 1.49 | 16.68 |
| Toprak Kayıpları (t/ha) | 0.420 | 0.018 | 4.474 |



Şekil 2. Farklı arazi kullanımlarına ait model çıktısı
Figure 2. Model output of different land use

Mera arazisinde, model ile yüzey akış 2.18 mm ve toprak kayıpları ise 0.420 t ha⁻¹ olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 3). En yüksek toprak kaybı ve yüzey akış değerleri 2014 ve 2012 yıllarında bulunmuştur. 2014 yılının mart ayında, 32.1 mm olan yağışa karşılık 4 mm yüzey akış ve 0.187 kg m⁻² toprak kaybı tahmininde bulunmuştur. 2012 yılında ise en yüksek değerler haziran ayında belirlenmiştir (Şekil 2). Bu ayda peş peşe yağışlar meydana gelmiştir. Islak gün sayısının artması, modelin su bütçesini artırmaktadır. Buna bağlı olarak model daha yüksek yüzey akış tahmininde bulunmaktadır. Yağışın görüldüğü zaman dilimi uzadıkça, modelin tahmin etme performansı düşmektedir. Ahmadi et al., 2011, İran iklim koşullarında mera arazisinde WEPP model kullanarak toprak kayıpları ve yüzey akışı tahmin etmişlerdir. 1996-2005 yılları arasında verilerin kullanıldığı çalışmada, modeli toprak kayıplarını %23 altında ve yüzey akışı ise %27 üzerinde tahmin ettiği sonucuna ulaşmışlardır. Modele girilen hiçbir parametrenin eksik olmaması koşulu ile, kurak ve yarı kurak iklim şartlarında performansının oldukça yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Orman arazisinde ise; 1.49 mm yüzey akış ve 0.018 t ha⁻¹ toprak kayıpları tahmin edilmiştir

(Çizelge 3). Model özellikle nisan ve kasım aylarında çok yüksek yüzey akış tahmininde bulunmaktadır. 2012 yılının nisan ayında 0.173 kg m⁻² en yüksek toprak kaybı değeridir. 2014 yılının kasım ayında 5.3 mm olan yüzey akışa 15.4 mm değerindeki yağış meydana getirmiştir (Şekil 2). Bu yağışın miktarı çok yüksek olmamakla birlikte, bu hafta peş peşe yağışlar görülmüştür. Orman toprakları, kendine özgü karakteristikleriyle yüzeysel akışın azalmasına neden olmaktadır. Toprak ile temas ettiği yerde, geniş bir boğaz geliştirmektedir. Bu boğazın olduğu yerde ise, yamaç aşağı yüzeysel akışla gelen yağmur sularının akış hızı engellenmekte ve büyük kısmının toprağa infiltre olması sağlanmaktadır. Çalışma alanındaki ormanlar meşe, kayın, sarıçam ve ladik türü ağaçlardan oluşmaktadır. Bu ağaçların dal ve yaprakları, toprak kayıplarının azalmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Göğe doğru uzanmış dalları ve bunlar üzerindeki yapraklarıyla, yağmur taneciklerinin toprağa vurucu ve onları parçalayıcı etkilerine karşı bir kalkan oluşturmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, başlangıçtaki nem içeriği, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey kabuklanması gibi olayların yüzey akış ve toprak kayıplarını yakından etkilediği görülmektedir (Romkens et

al., 2001). Bu faktörler orman alanlarında oldukça değişkendir (Croke ve Nethery, 2006). WEPP hillslope modelin çalışmasında hidrolik iletkenlik ve kayma gerilmesi anahtar parametrelerdir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan çalışmalarda, modelin özellikle orman alanlarında toprak kayıpları ve yüzey akışı tahmin etmedeki performansının oldukça yüksek olduğu görülmüştür (Elliot et al., 1995).

Buğday nadas işleminin yapıldığı tarım arazisinde ise, 16.68 mm yüzey akış ve 4.474 t ha⁻¹ toprak kaybı en yüksek değerler bulunmuştur (Çizelge 3). Model en yüksek yüzey akış ve toprak kaybı değerlerini ocak ve ekim aylarında tahmin etmiştir. Ekim ayı, buğday için tarlada hazırlık ayıdır. Toprak pulluk ile sürülmektedir. Bu durum, toprağın sürüm katmanının yağışlarla beraber taşınmasına neden olmaktadır. Kış aylarında, sık ve kalıcı yağışların görülmesinden dolayı model, yüksek tahminde bulunmaktadır. 2011 yılının ekim ayında ise, 27.4 mm'lik yağış 6.3 mm yüzey akış ve 0.335 kg m⁻² toprak kayıpları tahmin etmiştir (Şekil 2). Buğdayın en verimli olduğu topraklar granit ana materyalinden oluşandır. Çalışma alanının jeolojisini bu kayaçlar oluşturmaktadır. Bu bölgede yoğun buğday yetiştiriciliği yapılmasından dolayı toprakların strüktürü bozulmakta, organik madde içeriği azalmaktadır. Uzun süreli toprak işleminin yapıldığı arazilerin toprak özellikleri bozulmaktadır (Ailincai et al., 1997; Ali et al., 2006). Ogwo et al., 2012, 6 farklı tarım arazisinde WEPP, AGNP ve SWAT erozyon modellerini karşılaştırmışlardır. WEPP modelin daha gerçeğe yakın tahminlerde bulduklarını görmüşlerdir.

4. Sonuç

Tokat-Sivas karayolu üzerinde yürütülen çalışmada, WEPP modelin farklı arazi kullanımındaki performansı değerlendirilmiştir. Gözlenen yağış verilerinin elde olmasından dolayı tahmin edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Model yıllık yağış verilerini tahmin etmede oldukça başarılıdır. 2010 yılında yağışın yüksek olmasına rağmen, model yüzey akış ve toprak kaybı değerlerini çok yüksek tahmin etmemiştir. En yüksek yüzey akış verileri 2014-2015 yılları

arasında bulunmuştur. 2015 yılında tarla arazisinde en yüksek yüzey akış, çok fazla toprak kaybı meydana getirmezken, 2014 yılındaki yüzey akış en fazla toprak kaybını oluşturmuştur. Türkiye şartlarında modelin performansının daha doğru bir şekilde değerlendirilmesi için gözlenen verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı, deneysel çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Bu şekilde oluşturulacak veri seti ile; a) İklim bilgileri daha ileri düzeyde tutulacak, b) WEPP ve diğer erozyon modellerinin çalışması için gerekli amenajman uygulamalarına ait veri oluşturulacak, c) Sedimentasyon için gerekli havzanın özellikleri tanımlanacaktır.

Kaynaklar

- Ahmadi, H. (2011). Runoff And Sediment Yield Modeling Using Wepp In A Semi-Arid Environment (Case Study : Orazan Watershed). *Desert* 16, 16, Pp.5–12.
- Ailincai, C., D. Ailincai, N., Buccur, D. (1997). Research on the evolution of the main soil physical-chemical features as influenced by cropping system and surface erosion. *Cercetari Agronomy Moldova* 30(1):187-192.
- Arnold, J.G., Allen, P.M., Bernhardt, G. (1993). A comprehensive surface-groundwater flow model. *J. Hydrol.* 142, 47–69.
- Alkharabsheh, M. M., Alexandridis, T.K., Bilas, G., Misopolinos, N. And Silleos, N. (2013). Impact of land cover change on soil erosion hazard in northern Jordan using remote sensing and GIS. *Procedia environmental sciences*, 19, Pp.912–921. Available At: [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Proenv.2013.06.101](http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2013.06.101).
- Ali, I., Khan, F., Bhatti, A.U. (2006). Some physico-chemical properties of soil as influenced by surface erosion under different cropping systems on upland-sloping soil. *Soil & Environ.* 25(1): 28-34.
- Ascough II, J.C., Baffaut, C., Nearing, M.A., Flanagan D.C. (1995). Watershed Model Channel Hydrology and Erosion Processes. In: Flanagan, D.C., Nearing, M.A., (Eds.), *USDA –Water Erosion Prediction Project Hillslope Profile and Watershed Model Documentation NSERL Report No. 10 July 1995, National Soil Erosion Research Laboratory, USDA-ARS, W. Lafayette, IN (Chapter 13)*.
- Beasley, D.B., Huggins, L.F., Monke, E.J. (1980). ANSWERS: A model for watershed planning. *Trans. ASAE* 23 (4), 938–944. Chaves, H.M.L., Nearing, M.A., 1991. Uncertainty analysis of the WEPP soil erosion model. *Trans. ASAE* 34 (6), 2437–2444.
- Black, C.A. (Editör-in-Chief), 1965. *Methods of Soil Analysis. Part I. American Society of Agronomy, Agronomy No. 9.*
- Bouyocous, G.J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soil. *Argon. Jour*, 43:434- CAMPBELL, 1999. *Soil Quality: Effect of Tillage and Fallow Frequency. Soil Organic Matter Quality as Influenced by Tillage and Fallo* 438.
- Croke, J. & Nethery, M. (2006). *Modelling Runoff And Soil Erosion In Logged Forests: Scope and*

- Application of Some Existing Models. *Catena* 67, 67, Pp.35–49.
- Çilek, A. (2013). Konumsal Bilgi Sistemleri Yardımıyla Türkiye'nin Erozyon Modellemesi.
- Demir, S. (2016). WEPP Hillslope Modeli İle Yüzeysel Akış Ve Toprak Kayıplarının Belirlenmesi. GOÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- Elliot, W., Foltz, R. & Miller, S. (1996). Predicting Effects Of Climate , Soil , And Topography On Road Erosion With The Wepp Model 1. *Asae International Winter Meeting*, P.11
- Erol, A., Babalık, A.A., Sönmez, K ve Serin, N. (2009). Isparta-Darideresi Havzası Topraklarında Erozyona Duyarlılığın Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Değişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Sayı: 2, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 21-36.
- Flanagan, D.C., Nearing, M.A. (1995). USDA Water Erosion Prediction Project: Hillslope profile and watershed model documentation. NSERL Report No. 10. USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, IN, USA, 47097–1196.
- Flanagan, D.C. & Nearing, M.A. (2000). Sediment Particle Sorting On Hillslope Profiles In The Wepp Model. *Transactions Of The Asae*, 43(3), Pp.573–583.
- Grønsten, H.A. & Lundekvam, H. (2006). Prediction Of Surface Runoff And Soil Loss In Southeastern Norway Using The Wepp Hillslope Model. *Soil & Tillage Research* 85, 85, Pp.186–199.
- Kemper, W.D.1965. Aggregate Stability. In: *Methods of Soil Analysis, Part I*. (Black, C.A. ed). Am. Soc. of Agr. Inc. Madisson, Wisconsin, USA, 511-519
- Laflen, J.M., Lane, J.L., Foster, G.R. (1991). WEPP – A New Generation of Erosion Prediction Technology. *J. Soil Water Cons.* 46 (1), 34–38.
- Laflen, J.M., Flanagan, D.C., Engel, B.A. (2004). Soil Erosion and Sediment Yield Prediction Accuracy Using WEPP. *J. Am. W. Res. Asso.* 40 (2), 289–297.
- Lal, R. (1988). *Soil Erosion Research Methods*. Soil & Water Conservation Association, Ankeny, Iowa (244 pp.).
- Mahmoodabadi, M. & Cerdà, A. (2013). Geoderma Wepp Calibration For Improved Predictions Of Interrill Erosion In Semi-Arid To Arid Environments. *Geoderma*, 204-205, Pp.75–83. Available At: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.04.013>.
- Nearing, M.A. Et Al. (1989). A Process- Based Soil Erosion Model For Usda-Water Erosion Prediction Project Technology. *Transactions Of The Asae*, 32(5), Pp.1587–1593.
- Nelson, D.W., Sommers, L.F., 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R. (ed) 2nd edition. S.S.S.of America Inc. Publisher, Madison, Wisconsin.
- Ogwo V., Ogbu K. N., Okoye C. J., Okechukwu M. E. and Mbajiorgu C. C.(2012). Comparison of Soil Erosion Models for Application in the Humid Tropics. Special Publication of the Nigerian Association of Hydrological Sciences.
- Özsoy, G. (2007). Uzaktan Algılama (Ua) Ve Coğrafi Bilgi Sistemi (Cbs) Teknikleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi.
- Pandey, A. Et Al. (2008). Runoff And Sediment Yield Modeling From A Small Agricultural Watershed In India Using The Wepp Model. *Journal Of Hydrology*, Pp.305–319.
- Risse, L.M., Nearing, M.A., Savabi, M.R. (1994). Determining Green-Ampt effective hydraulic conductivity from rainfall-runoff data for the WEPP Model. *Trans. ASAE* 37 (2), 411–418.
- Römkens M J M, Helming K, Prasad S N. 2001. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. *Catena*, 46(2–3): 103–123.
- Tiscareno-Lopez, M., Lopes, V.L., Stone, J.J., Lane, L.J. (1994). Sensitivity Analysis of the WEPP Watershed Model for Range Land Applications II. Channel Processes. *Trans. of ASAE* 37 (1), 151–158.
- Young, R.A., Onstad, C.A., Bosch, D.D. and Anderson, V.P. (1989). AGNPS – A Non-Point Source Pollution Model for Evaluating Agricultural Watersheds. *J. Soil Water Conserv.*: 44 (2): 168 – 173.
- Zhang, X.C., Nearing, M.A., Risse, L.M., McGregor, K.C. (1996). Evaluation of runoff and soil loss predictions using natural runoff plot data. *Trans. ASAE* 39 (3), 855–863.