



Alınış tarihi (Received): 29.08.2022

Kabul tarihi (Accepted): 29.11.2022

## Tokat-Almus Yöresinde Farklı Arazi Kullanım Türlerinde Yüze Akış ve Toprak Kayıplarının Karşılaştırılması

Sevcan ŞAHİN<sup>1</sup>, İrfan OĞUZ<sup>2\*</sup>, Saniye DEMİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tokat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Tokat,

<sup>2</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat,

\*Sorumlu yazar: [irfan.oguz@gop.edu.tr](mailto:irfan.oguz@gop.edu.tr)

**ÖZET:** Bu çalışmada, Tokat-Almus yöresinde tarım, orman ve mera arazilerinde WEPP (Water Erosion Prediction Project) modeli kullanılarak meydana gelen toprak kayıpları ve yüze akış miktarları tahmin edilmiştir. Çalışmada Almus meteoroloji istasyonuna ait 2008-2018 yılları arasındaki 11 yıllık iklim verileri kullanılmıştır. Örnekleme yerleri, Almus ilçesi iklim ve toprak özelliklerini temsil eden ve birbirine yakın konumda olan Bakımlı Gevrek ve Serince köyleri hudutları içerisinde yer alan arazilerden seçilmiştir. Yüze toprak örnekleri üç farklı arazi kullanım türü (orman, mera, tarım) için olmak üzere dört farklı vejetasyonda (orman, mera, buğday ve yonca) alınmıştır. En yüksek ortalama toprak kayıpları buğday-nadas ekim nöbetinde (0.054-13.152 ton ha<sup>-1</sup>) ve en az yonca tarımında (0.014-0.675 ton ha<sup>-1</sup>) hesaplanmıştır. Yüze akış kayıpları buğday-nadas ekim nöbeti için 3.74-7.17 mm ve yonca tarımında 4.33-6.30 mm arasında değişmiştir. Model tahminine göre, orman ve mera arazileri için toprak kayıpları meydana gelmemiştir. Yörede yer alan orman ve mera arazilerinin amaç dışı kullanımının engellenmesi, mera alanlarının kontrollü ve zamanında otlatılması, tarım arazilerinde azaltılmış toprak işleme uygulamaları yöre topraklarının sürdürülebilirliği için önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler** – Sürdürülebilir Tarım, Toprak kaybı, Yüze akış, WEPP Model, Arazi Kullanımı, Tokat

## Comparison of Runoff and Soil Losses in Different Land Uses in Tokat-Almus Region

**ABSTRACT:** In this study, soil loss and runoff were estimated by using WEPP (Water Erosion Prediction Project) model in agricultural, forest and pasture lands in Tokat-Almus circumstances. In the study, 11-year climate data of Almus Meteorological Station between 2008-2018 were used. The sample points were selected in the lands within the boundaries of Bakımlı Gevrek and Serince villages, which are close to each other and represent the general climate and soil characteristics of Almus district. Topsoil soil samples were taken from four different vegetation (forest, pasture, wheat and alfalfa) for three different land use types (forestland, grassland, farmland). The highest average soil losses calculated in wheat-fallow crop rotation (0.054-13.152 ton ha<sup>-1</sup>) and the least occurred in alfalfa farming (0.014-0.675 ton ha<sup>-1</sup>). Runoff losses varied between 3.74-7.17 mm for wheat-fallow crop rotation and 4.33-6.30 mm for alfalfa farming. According to the model estimation, no soil losses and runoff occurred in forestlands and grasslands. Controlled grazing in grassland, and reduced tillage practices in farmlands are recommended for the sustainability of the region.

**Keywords** – Sustainable Agriculture, Soil Loss, Surface Flow, WEPP Model, Land Use, Tokat

### 1. Giriş

1820 yılında 1 milyar olan dünya nüfusu 2012’de katlanarak 7 milyara çıkması ve 2056 yılında 10 milyar olacağı öngörüsü, gıda, enerji ve doğal kaynaklara (su, hava, toprak) olan talepte önemli bir artışa yol açacağı beklenmektedir (Ferreira ve ark., 2018). Doğal kaynaklara olan talep artışı bu kaynakların sürdürülebilirliklerini tehlikeye maruz

bırakmıştır. Böylelikle güncel ihtiyaçları karşılamaya yönelik insan baskısı beraberinde toprak bozulması ve çölleşme riskini güncel küresel sorun olarak insanoğlunun karşısına çıkarmıştır. Fiziksel toprak bozulmasının ana unsuru su erozyonu olarak başta gelmektedir.

Toprak erozyonunun yıkıcı etkileriyle mücadele edebilmek amacıyla özellikle 1900 yıllarından itibaren araştırma amaçlı çeşitli arazi çalışmaları yürütülmektedir. Bu tarihte başlatılan ilk bilimsel araştırmalardan günümüze kadar elde edilen bilgi ve tecrübeler zaman zaman değerlendirilerek çeşitli toprak kayıp tahmin eşitlikleri geliştirilmiştir. Zamanla gelişen bilgisayar teknolojisi daha karmaşık tahmin modellerinin kurgulanması ve kullanımına imkân sağlamıştır. Güncel olarak küresel ölçekte USLE, MUSLE, RUSLE, CREAMS (Knisel,1980), ANSWERS, AGNPS, SWRRB-WQ, WEPP (Lane ve Nearing,1989) gibi çok sayıda erozyon modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller belli bir doğrulukta bir tarla veya havzadan yağışlara bağlı olarak oluşabilecek sediment verimini tahmin ederler. Böylelikle geçerli bir sonuç elde edebilmek için uzun süreli ve maliyeti yüksek arazi çalışmalarına ihtiyaç duymadan yüzey akış ve sediment verimi hızlı ve makul doğrulukta belirlenebilir.

Erozyon yağış ve toprak kaybı tahmin modelleri; arazi yönetimi kararlarını vermek için yararlı araçlardır (Stroosnijder, 2005). Toprak kaybı modelleri, gerçek toprak kaybı ölçümleriyle karşılaştırıldığında, önemli ölçüde zaman ve kaynak tasarrufu sağlarlar (Amore ve ark., 2004). Ayrıca, bu modeller çevre üzerindeki toprak kaybının olumsuz etkilerini ve farklı arazi kullanımı altındaki toprak bozulmasını değerlendirmek için planlamalar yapmak amacıyla kullanılabilir (Nearing ve ark., 2004; Nearing ve ark., 2005).

ABD Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından geliştirilen fiziksel tabanlı bir erozyon tahmin modeli olan Su Erozyonu Tahmin Projesi (WEPP) modeli (Flanagan ve ark., 2000), güncel olarak küresel ölçekte oldukça yaygın ve kabul görmüş bir erozyon tahmin modelidir. WEPP modeli, erozyon, bitki büyümesi, kalıntı, su kullanımı, hidrolik ve toprak işlemlerini içerdiği için en yaygın kullanılan ve onaylanmış işlem bazlı modellerden biridir (Flanagan ve ark., 2012; Laflen ve ark., 1991). WEPP, toprak ve su kalitesini arttırmaya yönelik toprak koruma uygulamalarının doğru bir şekilde tasarlanması için gerekli olan olaya dayalı toprak kaybı tahminleri yapabilir (Nearing ve ark., 1999). Bununla birlikte, karmaşıklığı ve ölçülmesi zor veya pahalı olan bazı kapsamlı değişken girdi gereksinimleri nedeniyle, kaynaklar az olduğunda uygun bir alternatif değildir (Mankin, 2000).

Yamaç ve havzalarda toprak kayıpları ve yüzey akışın tahmin edilmesinde, WEPP Hillslope model yaygın olarak kullanılmaktadır (Chaves ve ark., 1991; Tiscareno-Lopez ve ark., 1994; Risse, 1994; Zhang ve ark., 1996; Flanagan ve ark., 2000; Pandey ve ark., 2008).

Laflen ve ark. (2004), USLE, RUSLE ve WEPP modellerini farklı koşullar altında karşılaştırdıkları çalışmada, WEPP modelinin performansının oldukça yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Yine, Mahmoodabadi ve Certa (2013), kurak ve yarı kurak iklime sahip interrill alanlarında toprak kayıplarını WEPP model kullanarak tahmin etmişleridir. Yağış simülasyonunun kullanıldığı çalışmada model, interrill erozyonu gözlenen değerden 14.5 kez daha düşük tahmin etmiştir.

Grønsten ve ark. (2006), Norveç'in güneyinde iki farklı erozyon bölgesinde WEPP Hillslope 2002.7 versiyonunu kullanarak toprak kayıpları ve yüzey akışı, günlük ve yıllık olarak tahmin etmişlerdir. Araştırmacılar simülasyon sonucunda, modelin, Norveç iklim şartlarına uygun olmadığı sonucuna varmışlardır.

Demir, (2016) Tokat-Turhal ilçesinde bulunan Kazova’da, Eğime paralel ve dik sürüm ile tütün, buğday ve mercimek olmak üzere, farklı amenajman uygulamalarının yapıldığı homojen eğimli bir yamaç arazisinde WEPP Hillslope modelini kullanmak suretiyle, farklı toprak işleme altındaki arazilerde meydana gelen toprak kayıpları ve yüzey akışını tahmin etmiştir. WEPP Hillslope model ile yıllık ve aylık ortalama yağışlar değerlendirilmiş ve gerçek değerlere çok yakın değerler bulunmuştur.

Bu çalışmada, Tokat-Almus bölgesinde, birbirlerine yakın farklı arazi kullanımlarına (Orman, Mera ve Tarla) sahip kendi içerisinde homojen eğimli arazilerin yamaç boyunca güncel erozyon durumlarını belirleyip, birbirleriyle karşılaştırarak, sürdürülebilir arazi kullanımı için öneriler geliştirmek amaçlanmıştır. Benzer tarımsal yapıya sahip yöre topraklarında elde edilen araştırma bulguları, yöre için toprak kayıplarının azaltılması ve gerekli önlemlerin geliştirilmesine katkıda bulunması hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

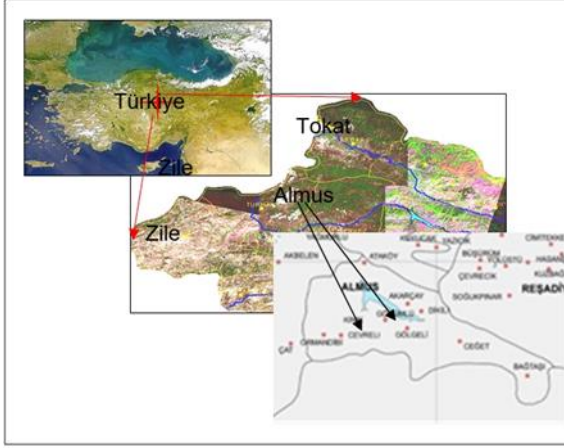
Araştırmanın yürütüldüğü Tokat ili, Karadeniz Bölgesinin Orta Karadeniz bölümünün geçit bölgesinde ve Yukarı Yeşilirmak Havzasında yer almakta olup denizden yüksekliği 623 m’dir. Çalışmanın yürütüldüğü Almus ilçesi Orta Karadeniz Bölgesinde, Tokat iline 36 km mesafede olup, kuzeyden Samsun, doğudan Ordu, güneyden Sivas ve Yozgat illeri, batıdan ise Amasya, Tokat illeri ile çevrilidir (Şekil 1). Almus, coğrafi koordinatlar bakımından 40° 37’ ve 40° 36’ kuzey enlemleri, 36° 79’ ve 36° 85’ doğu boylamları arasında kalmaktadır.

Almus yöresi, Karadeniz ve Orta Anadolu karasal iklimleri etkileri ile kendine özgü geçiş iklimi karakteri taşımaktadır. Almus’un iklimi Karadeniz’in tesiri altında kalan sahalarla Orta Anadolu’nun kara iklimi yanında geçiş teşkil eder. Yağış genellikle aylara dağılmıştır. Almus’un yıllık ortalama yağışı 494 mm’dir. En fazla yağış, ocak, şubat, mart, nisan ve mayıs aylarında meydana gelmektedir. En az yağış düşen aylar Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Yıllık ortalama maksimum sıcaklık 1981 yılının Temmuz ayında 38.8 °C, minimum sıcaklık ise 1972 yılının ocak ayında 23.6 °C olmuştur.

Almus yöresi su erozyon karakteristiklerini tanımlamak üzere, orman, mera, buğday-nadas ve yonca parsellerinden toprak örnekleri alınmıştır. Her çalışma noktası için 0-20 cm toprak derinliği dikkate alınarak toplam 12 adet yüzey toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde organik madde Modifiye edilmiş Walkley-Black Yöntemi ile (Kacar, 2009); KDK (Katyon Değişim Kapasitesi), Sodyum asetat yöntemi ile (Chapman ve Pratt, 1961, Jackson, 1958); bünye Bouycous hidrometre yöntemi ile (Bouyoucus, 1951); çok ince kum toprakların 0,10-0,05 mm arasındaki çapların % dağılımını elek analizi ile belirlemek suretiyle (Soil Survey Staff, 1951); hacim ağırlığı Silindir yöntemi ile (Tüzüner, 1990), agregat stabilitesi: Islak eleme yöntemi ile (Anonymous, 2003), toprak aşınımına duyarlılığı ilgili eşitlik yardımıyla beş adet toprak özelliklerine dayalı olarak (Foster ve ark., 1991) belirlenmiştir.

Çalışma noktalarının toprak ve yüzey akış kayıpları WEPP Hillslope modeli yardımıyla belirlenmiştir. Modelin çalışması için gerekli iklim verileri Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne ait anlık iklim verilerinden, toprak verileri arazi çalışmaları sonucunda alınan toprak örneklerinin analizi ile ve amenajman dosyası ise çalışma yapılan tarlaların sahipleri ile yüz yüze görüşmelerle elde edilen toprak işleme, sürüm ve hasat gibi bilgilerin değerlendirilmesi sonucunda oluşturulmuştur. Hazırlanan iklim, toprak ve amenajman dosyaları, mera, orman ve tarla arazilerinden oluşan her çalışma lokasyonu için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Farklı kullanımlar altında oluşan yıllık toprak kayıpları normal dağılım gösterdiği normalite testi ile kontrol edilmiştir. Tüm konulara ait yıllık toprak kayıplarının normal dağılım göstermesi üzerine aralarındaki farklılıklar istatistiksel olarak t testi ile karşılaştırılmıştır (SPSS, 2011).



Şekil 1. Araştırma yerinin konumu  
Figure 1. Location of the research site

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Çalışma alanlarının arazi ve toprak özellikleri

Araştırma yeri topraklarının tamamı Kahverengi Orman Büyük Toprak Grubunda yer almaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü orman arazileri 0-90 cm derinlikte sık meşelik, fundalık ve çalılıklardan oluşmaktadır. Mera alanları %40-80 örtülü, %15 civarında taşlılık, kimi bölgelerde uzun, kimi bölgelerde ise kısa boylu otlarla kaplıdır. Çalışma parsellerinden tarım arazisi niteliğinde olanlarda Buğday-Nadas ekim nöbeti ve yonca tarımı yapılmaktadır.

Çalışma parsellerinin eğim, en ve boy gibi özellikleri arazi çalışmaları ile belirlenmiş olup arazi eğimleri %7-17 arasında, eğim uzunlukları 20-107 m arasında, eni ise 20-302 m arasında değişmiştir.

#### 3.2. CLIGEN yağış simülasyon sonuçları

WEPP modelle ölçülmüş günlük iklim verileri doğrudan girilmemektedir. Bu nedenle, WEPP modelin meteorolojik simülasyonunu yapan CLIGEN adlı program yardımıyla erozyon hesaplamaları yapılarak bölgenin öncelikle iklim modeli oluşturulmuştur.

Çalışma alanı olarak seçilen Almus ilçesinde kurulu bulunan meteoroloji istasyonunun günlük verilerinden yararlanılarak, 2008-2018 yılları arasındaki çeşitli iklim verileri CLIGEN iklim modeli ile simüle edilmiştir. Gözlenen yağışlar 427 mm ve simüle edilen yağışlar ise 369.2 mm olarak belirlenmiştir. Model, 11 yıllık zaman aralığındaki yağışları gözlenen değer altında tahmin etmiştir. CLIGEN tarafından oluşturulan bölgenin iklim senaryosu farklı arazi kullanımlarına karşın oluşan toprak kayıpları ve yüzey akış kayıplarını belirleyebilmek için kullanılmıştır.

### 3.3. Çalışma noktalarına ait toprak özellikleri

Çalışmanın yürütülmüş olduğu Almus ilçesi Bakımlı, Gevrek ve Serince köyleri arazilerine ait orman, mera ve tarla arazilerinden 0-20 cm derinliklerden alınan toprak örneklerinde yapılan analizlerin sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Araştırma yeri topraklarının organik madde içeriği en fazla orman arazisinde olmuştur. Bunu çoktan aza doğru yonca tarlası, mera ve buğday-nadas parselleri takip etmiştir. KDK değerleri toprak genetik özelliklerine bağlı olarak örnek noktalarında değişmiştir. En yüksek KDK değeri yonca tarlalarında en düşük değerler ise buğday-nadas tarlalarında belirlenmiştir. Kum içeriği mera>orman>yonca tarlası>buğday-nadas şeklinde olmuştur. Kil içeriği buğday-nadas tarla>yonca tarlası>orman>mera olarak değişmiştir. Silt içeriği ise farklı kullanımlar arasında belirgin farklılıklar göstermemiştir. Çalışma noktaları hacim ağırlıkları genel olarak yüksek çıkmıştır. Özellikle Bakımlı 1 mera ve Bakımlı 2 mera, Bakımlı 2 orman, tüm yonca tarlaları ve Bakımlı 1 buğday-nadas ve Bakımlı 2 buğday-nadas alanlarında hacim ağırlık değerleri oldukça yüksektir. Bu durum bitkisel üretimi riske sokacak derecededir. Agregat stabilite değerleri en yüksek orman vejetasyonunda olmuştur. Mera ve yonca tarlaları birbirlerine yakın agregat stabilite değeri gösterirken işlemeli tarım yapılan buğday-nadas tarlalarda agregat stabilite değerleri en düşük olmuştur. Toprakların aşınım duyarlılıkları farklı arazi kullanım türleri arasında bariz farklılıklar göstermemiştir. Orman toprakları genel olarak daha düşük aşınım duyarlılık (K Faktör) değerleri göstermiştir.

Çizelge 1. Çalışma arazilerinin bazı toprak özellikleri

Table 1. Some soil properties of the study areas

Çalışma Bölgesi	OM, %	KDK, me/100 g	Kum, %	Kil, %	Silt, %	Ç.İ.K, %	HA, g/cm <sup>3</sup>	AS, %	K Faktör, t h ha MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>
Orman									
Bakımlı 1	2.68	6.39	32.60	40.70	26.70	11.02	1.62	95	0.16 (Orta Aşınabilir)
Bakımlı 2	6.42	24.46	58.60	22.70	18.70	20.50	1.50	93	0.07 (Az Aşınabilir)
Gevrek	6.97	20.04	44.60	30.70	24.70	9.78	1.33	95	0.09 (Az Aşınabilir)
Mera									
Bakımlı 1	0.87	13.60	46.60	4.72	48.70	8.94	1.85	71	0.44 (Çok Kuvvetli)
Bakımlı 2	2.21	17.67	62.60	16.70	20.70	12.44	2.08	97	0.15 (Orta Aşınabilir)
Gevrek	2.81	16.70	64.60	20.70	14.70	9.44	1.84	86	0.09 (Az Aşınabilir)
Yonca									
Bakımlı 1	3.00	29.33	24.60	58.70	16.70	8.40	1.98	74	0.08 (Az Aşınabilir)
Bakımlı 2	2.00	45.47	24.60	62.70	12.70	7.38	1.88	81	0.07 (Az Aşınabilir)
Serince	2.90	36.97	44.60	40.70	14.70	17.18	1.72	76	0.11 (Orta Aşınabilir)
Buğday-Nadas									
Bakımlı 1	1.68	14.55	22.60	54.70	22.70	16.78	2.12	79	0.14 (Orta Aşınabilir)
Bakımlı 2	1.84	10.25	22.60	64.70	12.70	12.22	1.75	72	0.08 (Az Aşınabilir)
Gevrek	2.45	9.47	18.60	64.70	16.70	9.80	1.64	76	0.11 (Orta Aşınabilir)

\*Kısaltmalar: OM: Organik madde; KDK: Katyon değişim kapasitesi; Ç.İ.K.: Çok ince kum, K: toprak aşınım duyarlılık faktörü, A.S:Agregat Stabilitesi, H.A: Hacim ağırlığı

### 3.4. Toprak ve yüzey akış kayıpları

#### 3.4.1. Orman ve mera alanları yüzey akış ve toprak kayıpları

Orman alanlarının toprak ve su kayıplarının değerlendirilebilmesi amacıyla Bakımlı 1, Bakımlı 2 ve Gevrek orman arazilerinde arazi çalışmaları yürütülmüştür. Toprak dosyası, amenajman dosyası, iklim dosyası olacak şekilde arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla elde edilen veriler modele girilerek 2008 ve 2018 yılları için simülasyon yapılmıştır. Uzun yıllık simülasyon sonucuna göre ortalama 369.2 mm yıllık yağış, çalışma noktalarının hiçbirinde toprak kaybı ve yüzey akışa yol açmamıştır. Orman vejetasyonu mevcut iklim ve eğim koşullarında yeterince toprak ve su koruması yapabildiğini göstermiştir. Mevcut orman varlığının korunması, amaç dışı kullanımının engellenmesi sürdürülebilirlik için bir gereklilik olarak öne çıkmıştır.

Mera alanlarını temsil etmek üzere seçilen Bakımlı 1, Bakımlı 2 ve Gevrek meralarında arazi çalışmaları bulgularına dayalı olarak 2008-2018 yıllarını kapsayan model simülasyonları yapılmıştır. Uzun yıllık simülasyon sonucuna göre, ortalama 369.2 mm yıllık yağış çalışma noktalarının hiçbirinde toprak kaybı ve yüzey akışa yol açmamıştır. Bu sonuç eğimli ve bozulmuş durumda bile olsa mera alanlarının erozyonu kontrol altına alabilmek için çok önemli ve korunması gereken yerler olduğunu göstermiştir.

#### 3.4.2. Yonca ekili arazilerde yüzey akış ve toprak kayıpları

40 m uzunluğunda, 130 m genişliğinde ve %15 eğime sahip Bakımlı 1 yonca tarlasında ortalama yüzey akış değerleri, yağışa bağlı 37.53 mm ve kar erimelerine bağlı 2.33 mm olmak üzere toplamda 39.86 mm olarak tahmin edilmiştir. Toprak kaybı  $0.067 \text{ kg m}^{-2}$  ve sediment verimi ise  $0.675 \text{ t ha}^{-1}$  olarak tahmin edilmiştir. Söz konusu tarlada, 2011 ve 2014 yıllarında yağışa bağlı olarak toprak kayıpları tahmin edilmiştir. 2011 yılında 58 erosiv yağışa bağlı olarak toplam 60.19 mm yüzey akış ve bunun sonucunda ise  $0.050 \text{ kg m}^{-2}$  toprak kaybı tahmin edilmiştir. 2014 yılında ise 46 erosiv yağış olayına bağlı olarak 32.79 mm yüzey akış ve ortalama toprak kaybı ise  $0.023 \text{ kg m}^{-2}$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Kar erimesine bağlı olarak en yüksek toprak kaybı 2009 yılında tahmin edilmiştir. 52 erosiv yağış olayı sonucunda 89.09 mm yağışa bağlı ve bir kar erimesine bağlı olarak 1.32 mm yüzey akış tahmin edilmiştir. Ortalama toprak kaybı  $0.320 \text{ kg m}^{-2}$ 'dir. En düşük toprak kaybı ise 2017 yılında tahmin edilmiştir. 31 erosiv yağışa bağlı olarak 16.72 mm ve 2 kez kar erimesi sonucunda ise 2.65 mm yüzey akış tahmin edilmiştir. Ortalama toprak kayıpları  $0.006 \text{ kg m}^{-2}$ 'dir (Çizelge 2).

48 m uzunluğunda, 2.8 m genişliğinde ve %10 eğime sahip Bakımlı 2 yonca tarlasında, ortalama yüzey akış 41.57 mm (39.19 mm yağışlarla ve 2.38 mm kar erimleri ile), toprak kaybı  $0.031 \text{ kg m}^{-2}$  ve sediment verimi  $0.309 \text{ t ha}^{-1}$  olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 3).

2008-2018 yılları arasında yağışlara bağlı olarak en yüksek toprak kaybı 2011 yılında tahmin edilmiştir. 54 erosiv yağış olayı sonucunda 63.11mm yüzey akış hesaplanmıştır. Ortalama toprak kaybı ise  $0.031 \text{ kg m}^{-2}$ 'dir. En düşük toprak kaybı ise 2013 yılında simüle edilmiş olup 6 erosiv yağış olayı sonucunda toplam 8.77 mm yüzey akış ve ortalama  $0.010 \text{ kg m}^{-2}$  toprak kaybı tahmin edilmiştir.

Çizelge 2. Bakımlı 1 yonca tarlası için yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları  
Table 2. Estimated annual runoff and soil losses for alfalfa field in Bakımlı 1

Yıl	Toplam Yağış, mm	Yüzey Akış		Toplam Ayrışma, kg m <sup>-2</sup>	İnterril Ayrışma, kg m <sup>-2</sup>	Toplam Birikme, kg m <sup>-2</sup>	Sediment Verimi, t ha <sup>-1</sup>
		Yağış, mm	Kar Erimesi, mm				
2008	449.70	41.79	3.26	0.062	0.024	0.000	0.615
2009	422.30	89.09	1.32	0.320	0.046	0.000	3.204
2010	306.90	66.15	12.51	0.093	0.035	0.000	0.934
2011	371.10	60.19	0.00	0.050	0.027	0.000	0.498
2012	499.70	51.51	2.11	0.141	0.023	0.000	1.411
2013	240.20	8.17	0.36	0.028	0.003	0.000	0.277
2014	401.90	32.79	0.00	0.023	0.013	0.000	0.226
2015	345.00	21.81	1.04	0.009	0.008	0.000	0.087
2016	384.30	25.46	2.41	0.011	0.010	0.000	0.109
2017	370.70	16.72	2.65	0.006	0.005	0.000	0.060
2018	269.40	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Ortalama</b>	<b>369.20</b>	<b>37.53</b>	<b>2.33</b>	<b>0.067</b>	<b>0.018</b>	<b>0.000</b>	<b>0.675</b>

Hem yağış hem de kar erimesine bağlı olarak en yüksek toprak kayıpları 2009 yılında tahmin edilmiş olup 49 erosiv yağış olayı sonucunda toplam 94.84 mm ve bir kar erimesine bağlı olarak 1.27 mm yüzey akış ve 0.138 kgm<sup>-2</sup> ortalama toprak kaybı simüle edilmiştir. En düşük toprak kaybı ise 2017 yılında simüle edilmiş olup 31 erosiv yağış olayı sonucunda 18.92 mm ve 2 kar erimesine bağlı olarak 3.87 mm yüzey akış tahmin edilmiştir. Ortalama toprak kaybı ise 0.006 kg m<sup>-2</sup>'dir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bakımlı 2 yonca tarlası için yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları  
Table 3. Estimated annual runoff and soil losses for alfalfa field in Bakımlı 2

Yıl	Toplam Yağış, mm	Yüzey Akış		Toplam Ayrışma, kg m <sup>-2</sup>	İnterril Ayrışma, kg m <sup>-2</sup>	Toplam Birikme, kg m <sup>-2</sup>	Sediment Verimi, t ha <sup>-1</sup>
		Yağış, mm	Kar Erimesi, mm				
2008	449.70	40.08	3.67	0.031	0.024	0.000	0.310
2009	422.30	94.84	1.27	0.138	0.049	0.000	1.381
2010	306.90	70.13	13.88	0.036	0.035	0.000	0.360
2011	371.10	63.11	0.00	0.031	0.028	0.000	0.311
2012	499.70	53.62	1.99	0.055	0.026	0.000	0.553
2013	240.20	8.77	0.00	0.010	0.004	0.000	0.096
2014	401.90	34.88	0.00	0.015	0.015	0.000	0.147
2015	345.00	23.30	0.99	0.009	0.009	0.000	0.088
2016	384.30	23.40	0.46	0.009	0.009	0.000	0.091
2017	370.70	18.92	3.87	0.006	0.006	0.000	0.061
2018	269.40	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Ortalama</b>	<b>369.20</b>	<b>39.19</b>	<b>2.38</b>	<b>0.031</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.309</b>

Araştırma süresince Serince yonca tarlası yağış ve kar erimelerine bağlı olarak tahmin edilen yüzey akış 4.33 mm, toprak kaybı 0.001 kgm<sup>-2</sup> ve sediment verimi ise 0.016 t ha<sup>-1</sup>'dir (Çizelge 4).

2008 ve 2010 yıllarında kar erimesine, 2009, 2011, 2012 ve 2016 yıllarında ise sadece yağışa bağlı olarak toprak kaybı tahmin edilmiştir. 2008 yılında 9 erosiv yağışa bağlı olarak 5.45 mm ve 2 kez kar erimesi sonucunda ise 1.82 mm yüzey akış tahmin edilmiştir. Ortalama toprak kaybı  $0.005 \text{ kg m}^{-2}$ 'dir. 2010 yılında ise 18 erosiv yağış sonucunda 14.02 mm ve bir kar erimesine bağlı olarak 2.60 mm yüzey akış meydana gelirken; ortalama toprak kayıpları ise  $0.004 \text{ kg m}^{-2}$ 'dir. Yağışlara bağlı olarak meydana gelen toprak kayıpları ise  $0.001$  ve  $0.002 \text{ kg m}^{-2}$ 'dir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Gevrek –Serince lokasyonu yonca tarlası için yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları

Table 4. Estimated annual runoff and soil losses for alfalfa field in Gevrek –Serince location

Yıl	Toplam Yağış, mm	Yüzey Akış		Toplam Ayrışma, $\text{kg m}^{-2}$	İnterril Ayrışma, $\text{kg m}^{-2}$	Toplam Birikme, $\text{kg m}^{-2}$	Sediment Verimi, $\text{t ha}^{-1}$
		Yağış, mm	Kar Erimesi, mm				
2008	449.70	5.45	1.82	0.005	0.005	0.000	0.053
2009	422.30	11.60	0.00	0.003	0.003	0.000	0.028
2010	306.90	14.02	2.60	0.004	0.004	0.000	0.041
2011	371.10	4.35	0.00	0.001	0.001	0.000	0.012
2012	499.70	5.18	0.00	0.002	0.002	0.000	0.016
2013	240.20	0.02	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2014	401.90	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2015	345.00	0.03	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2016	384.30	2.52	0.00	0.001	0.001	0.000	0.005
2017	370.70	0.08	1.82	0.005	0.005	0.000	0.053
2018	269.40	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Ortalama</b>	<b>369.20</b>	<b>3.93</b>	<b>0.40</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.016</b>

### 3.4.3. Buğday-Nadas ekim nöbetinde yüzey akış ve toprak kayıpları

20 m uzunluğunda, 29 m genişliğinde ve %7 eğime sahip Bakımlı 1 buğday-nadas tarlasına ait model tahminleri Çizelge 5'te verilmiştir. Çalışma alanında görülen toprak kayıpları yağış ve kar erimesine bağlı olarak tahmin edilmiştir. 8.49 mm yağışlara ve 0.71 mm kar erimesine bağlı olarak toplam 9.20 mm yüzey akış tahmin edilmiştir.

Yağışlara bağlı olarak 6 yıl ve kar erimesi sonucu 1 yıl olmak üzere toplam 7 yıl model tarafından toprak kayıpları tahmin edilmiştir. En fazla toprak kaybı 2009 yılında görülmüş, 65 bireysel yağış olayına bağlı olarak 422.30 mm toplam yağış görülmüştür. 2009 yılında, 20 erosiv yağış sonucunda 3.16 mm yüzey akış hesap edilmiştir. Buna bağlı olarak ortalama  $0.015 \text{ kg m}^{-2}$  toprak kaybı tahmin edilmiştir.

En düşük toprak kaybı 2011 yılında simüle edilmiştir. 64 bireysel yağış olayı sonucunda toplam 371.1 mm yağış meydana gelmiştir. 5 erosiv yağış olayına bağlı olarak 2.60 mm yüzey akış simüle edilmiştir. Ortalama toprak kaybı  $0.02 \text{ kg m}^{-2}$ 'dir. 2010 yılında ise hem yağış hem de kar erimesine bağlı olarak toprak kayıpları tahmin edilmiştir. 306.90 mm yağışa bağlı 47 bireysel olay tahmin edilmiştir. 12 erosiv yağış olayı sonucunda 7.85 mm erosiv yağışlardan ve 7.79 mm ise kar erimesine bağlı olarak yüzey akış meydana gelmiştir. Ortalama toprak kaybı  $0.010 \text{ kg m}^{-2}$ 'dir (Çizelge 5).



Çizelge 5. Bakımlı 1 buğday-nadas tarlası için yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları  
Table 5. Estimated annual runoff and soil losses for wheat-fallow rotation in Bakımlı 1

Yıl	Toplam Yağış, mm	Yüzey Akış		Toplam Ayrışma, kg m <sup>-2</sup>	İnterril Ayrışma, kg m <sup>-2</sup>	Toplam Birikme, kg m <sup>-2</sup>	Sediment Verimi, t ha <sup>-1</sup>
		Yağış, mm	Kar Erimesi, mm				
2008	449.70	5.47	0.00	0.014	0.014	0.000	0.137
2009	422.30	3.16	0.00	0.015	0.015	0.000	0.152
2010	306.90	7.85	7.79	0.010	0.010	0.000	0.095
2011	371.10	2.60	0.00	0.002	0.002	0.000	0.016
2012	499.70	3.70	0.00	0.009	0.009	0.000	0.092
2013	240.20	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2014	401.90	6.36	0.00	0.004	0.004	0.000	0.037
2015	345.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2016	384.30	4.20	0.00	0.006	0.006	0.000	0.059
2017	370.70	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2018	269.40	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Ortalama</b>	<b>369.20</b>	<b>8.49</b>	<b>0.71</b>	<b>0.005</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.053</b>

Bakımlı 2 bölgesinde buğday-nadas ekim nöbetindeki 49 m uzunluğunda, 70 m genişliğinde ve %17 eğime sahip tarla için yüzey akış 52.71mm (49.59 mm yağış ve 3.12 mm kar erimesi), ortalama toprak kayıpları 1.288 kgm<sup>-2</sup> ve sediment verimi ise 12.879 tha<sup>-1</sup> olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 6).

2008-2018 yılları arasındaki zaman periyodu içerisindeki tüm yıllarda hem yağış hem de kar erimesine bağlı olarak toprak kayıpları tahmin edilmiştir. En fazla toprak kaybı 2008 yılında tahmin edilmiştir. 72 bireysel yağış olayına bağlı olarak toplam 449.70 mm yağış simüle edilmiştir. 48 erosiv yağış olayı sonucunda 68.21mm ve 4 kez kar erimesine bağlı olarak 3.67 mm yüzey akış tahmin edilmiştir. Ortalama toprak kaybı 2.313 kg m<sup>-2</sup>'dir. En düşük toprak kaybı ise 2013 yılında tahmin edilmiştir. 48 bireysel yağış olayı sonucunda toplam 240.20 mm toplam yağış tahmin edilmiştir. Çalışılan zaman aralığında en düşük toplam yağışın meydana geldiği yıldır. Gözlenen toplam yağış 253.20 mm olup kurak bir yıldır. 12 erosiv yağış olayı sonucunda 6.49 mm ve 3 kez kar erimesi ile 1.83 mm yüzey akış tahmin edilmiştir. Ortalama toprak kaybı 0.060 kg m<sup>-2</sup>'dir.

Yağışlara bağlı olarak 2011 yılında 64 bireysel yağış olayına bağlı olarak toplam 371.10 mm yağış tahmin edilmiştir. 53 erosiv yağışa bağlı olarak 50.50 mm yüzey akış ve bunun sonucunda ise ortalama 0.679 kgm<sup>-2</sup> toprak kaybı tahmin edilmiştir (Çizelge 6).

62 m uzunluğunda ve 22 m genişliğindeki Gevrek buğday-nadas ekim alanı %15 eğime sahiptir. Bakımlı 2 ile hemen hemen aynı eğime sahip olup, daha fazla eğim uzunluğuna sahiptir. Yağış ve kar erimeleri sonucu oluşan yüzey akış 47.98 mm, toprak kaybı 1.315 kgm<sup>-2</sup> ve sediment verimi ise 13.152 t ha<sup>-1</sup>'dir (Çizelge 7).

Bakımlı 2' de yağışlara bağlı olarak 2011 yılında 52 erosiv yağış olayına bağlı olarak 44.77mm yüzey akış ve bunun sonucunda ise ortalama 0.636 kgm<sup>-2</sup> toprak kaybı tahmin edilmiştir.

Çizelge 6. Bakımlı 2 buğday-nadas tarlası için yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları  
Table 6. Estimated annual runoff and soil losses for wheat-fallow rotation in Bakımlı 2

Yıl	Toplam Yağış, mm	Yüzey Akış		Toplam Ayrışma, kg m <sup>-2</sup>	İnterril Ayrışma, kg m <sup>-2</sup>	Toplam Birikme, kg m <sup>-2</sup>	Sediment Verimi, t ha <sup>-1</sup>
		Yağış, mm	Kar Erimesi, mm				
2008	449.70	68.21	3.67	2.313	0.063	0.000	23.129
2009	422.30	80.54	1.18	1.634	0.060	0.000	16.342
2010	306.90	66.98	13.84	2.137	0.054	0.000	21.365
2011	371.10	50.50	0.00	0.679	0.033	0.000	6.793
2012	499.70	02.10	1.96	3.952	0.080	0.000	39.519
2013	240.20	6.49	1.83	0.060	0.003	0.000	0.597
2014	401.90	60.67	0.46	1.764	0.044	0.000	17.642
2015	345.00	9.36	2.00	0.269	0.006	0.000	2.693
2016	384.30	79.32	5.08	1.143	0.050	0.000	11.433
2017	370.70	21.30	4.32	0.216	0.011	0.000	2.159
2018	269.40	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Ortalama</b>	<b>369.20</b>	<b>49.59</b>	<b>3.12</b>	<b>1.288</b>	<b>0.037</b>	<b>0.000</b>	<b>12.879</b>

Yağış ve kar erimesine bağlı olarak en fazla toprak kaybı 2012 yılında tahmin edilmiştir. 3 kez kar erimesine bağlı olarak 2.28 mm yüzey akış tahmin edilmiştir. Ortalama toprak kaybı 3.935 kgm<sup>-2</sup>'dir (Çizelge 7).

Bakımlı 1, Bakımlı 2 ve Gevrek lokasyonlarında buğday-nadas ekim nöbeti için hesaplanan yıllık toplam yüzey akış ve toprak kayıpları Çizelge 8'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bakımlı 1'de uzun yıllar ortalama toprak kaybı 0.054 tonha<sup>-1</sup>yıl<sup>-1</sup>, Bakımlı 2'de 12.879 tonha<sup>-1</sup>yıl<sup>-1</sup> ve Gevrek'te 13.152 tonha<sup>-1</sup>yıl<sup>-1</sup> olmuştur. Bu sonuca göre Bakımlı 2 ve Gevrek lokasyonundaki toprak kayıpları tolere edilebilir toprak kayıplarının üstünde olup kontrol altına alınabilmesi için ilave toprak ve su koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu önlemler bu tarım arazilerinin sürdürülebilir kullanımı için bir gerekliliktir.

Bakımlı 1 çalışma bölgesinde buğday-nadas ekim nöbeti uygulanan tarlada ortalama toprak kaybı 0.054 tonha<sup>-1</sup>yıl<sup>-1</sup> olmuştur. Model hesaplamalarına göre parselden oldukça düşük toprak kaybı tahmin edilmiştir. Tarla orta derecede aşınma duyarlı bir arazidir. Organik madde içeriği % 1.68 ve agregat stabilitesi % 79 olarak belirlenmiştir. Sahip olduğu bu özellikler yanı sıra eğimi %7 olup, bitişik arazilere göre düşük eğimlidir. Eğim uzunluğu arttıkça erozyon riski artmaktadır. Bu lokasyondaki tarlanın eğim uzunluğu sadece 29 m'dir. Tüm toprak ve arazi özellikleri su erozyonu bakımından birlikte değerlendirilmesi durumunda söz konusu tarlada işlemli tarım yapılmakla birlikte toprak kayıplarının son derece düşük olması normal bir durum olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu arazi sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda mevcut tarımsal faaliyetlerine devamı uygun bulunmuştur.

Bakımlı 2 çalışma bölgesinde buğday-nadas ekim nöbeti uygulanan tarlada ortalama toprak kaybı 12.879 tonha<sup>-1</sup>yıl<sup>-1</sup> olmuştur. Buğday-nadas ekim nöbeti uygulanan tarlanın aşınma duyarlılığı 0.08 t h ha MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> olup az aşınabilir topraklar sınıfında yer almıştır. Muhtemelen %17 olan eğimli yapısı nedeniyle geçmiş yıllarda şiddetli erozyona maruz kalması, erozyona hassas toprak partiküllerini kaybetmesi sonucunda geride erozyona daha dayanıklı materyalin kalmış olması güncel erozyona daha dayanıklı olmasına yol açmış olabilir. Tarlanın organik madde içeriği %1.84 ve agregat stabilitesi % 72 dir. Arazi eğimi

%17 olup bitişik arazilere göre oldukça yüksek eğimlidir. Eğim uzunluğu 49 m oluşu erozyon riskini azaltmıştır. Tarlada işlemeli tarım yapılmaya devam edilmesi durumunda arazinin sürdürülebilir kullanımı mümkün görülmemiştir. İşlemeli tarıma uygun olmayan bu eğimli arazinin mera veya orman olarak kullanılması önerilmektedir. Tarım arazisi olarak kullanılması durumunda ise çok yıllık yem bitkileri tarımı yapılması uygun olacaktır.

Çizelge 7. Gevrek buğday-nadas tarlası için yıllık tahmini yüzey akış ve toprak kayıpları  
Table 7. Estimated annual runoff and soil losses for wheat-fallow rotation in Gevrek

Yıl	Toplam Yağış, mm	Yüzey Akış		Toplam Ayrışma, kg m <sup>-2</sup>	İnterril Ayrışma, kg m <sup>-2</sup>	Toplam Birikme, kg m <sup>-2</sup>	Sediment Verimi, t ha <sup>-1</sup>
		Yağış, mm	Kar Erimesi, mm				
2008	449.70	64.84	3.51	2.374	0.058	0.000	23.738
2009	422.30	75.37	1.10	1.739	0.054	0.000	17.390
2010	306.90	63.13	3.24	2.252	0.050	0.000	22.523
2011	371.10	44.77	0.00	0.636	0.028	0.000	6.367
2012	499.70	91.80	2.28	3.935	0.070	0.000	39.350
2013	240.20	3.45	1.65	0.047	0.002	0.000	0.467
2014	401.90	53.90	0.38	1.907	0.039	0.000	19.074
2015	345.00	8.95	1.24	0.246	0.005	0.000	2.460
2016	384.30	72.73	3.58	1.182	0.046	0.000	11.821
2017	370.70	17.81	4.04	0.149	0.009	0.000	1.486
2018	269.40	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Ortalama</b>	<b>369.20</b>	<b>45.16</b>	<b>2.82</b>	<b>1.315</b>	<b>0.033</b>	<b>0.000</b>	<b>13.152</b>

Gevrek çalışma bölgesinde buğday-nadas ekim nöbeti uygulanan tarlada ortalama toprak kaybı 13.152 tonha<sup>-1</sup>yıl<sup>-1</sup> olmuştur. Tarlanın aşınım duyarlılığı orta aşınabilir topraklar sınıfında yer almıştır. Arazi eğimi %15 olup, organik madde içeriği % 2.45 ve agregat stabilitesi % 76 dır. Arazi eğim uzunluğu 62 m'dir. Tarlada işlemeli tarım yapılmaya devam edilmesi durumunda arazinin sürdürülebilir kullanımı mümkün görülmemiştir. İşlemeli tarıma uygun olmayan bu eğimli arazinin mera veya orman olarak kullanılması önerilmektedir. Tarım arazisi olarak kullanılması durumunda çok yıllık yem bitkileri tarımı yapılması uygun olacaktır.

Çalışma bulgularına göre buğday-nadas tarım alanlarında toprak kayıplarına neden olan ana unsur eğim olduğu görülmektedir. Tarımsal faaliyetlerin %10 eğim altında yapılması erozyonu kontrol altına almak için yeterli bulunmuştur. Yörede %10'u aşan eğimli arazilerde kesinlikle işlemeli tarım yapılmaması önerilmektedir.

Buğday-nadas ekim nöbetinde Bakımlı 1, Bakımlı 2 ve Gevrek lokasyonlarına ait yüzey akış kayıpları karşılaştırmalı olarak Çizelge 8'de verilmiştir. En fazla yağışa ve kar erimesine bağlı yüzey akış Bakımlı 2 parselinde tahmin edilmiştir.

Çizelge 8. Buğday-Nadas ekim nöbetindeki parsellerin yüzey akış ve toprak kayıplarının karşılaştırılması

Table 8. Comparison of runoff and soil losses of plots in wheat-fallow crop rotation

Yıl	Bakımlı 1			Bakımlı 2			Gevrek		
	Yüzey Akış, mm		Toprak Kaybı, tonha <sup>-1</sup>	Yüzey Akış, mm		Toprak Kaybı, tonha <sup>-1</sup>	Yüzey Akış,		Toprak Kaybı, tonha <sup>-1</sup>
	Yağış	Kar Erimesi		Yağış	Kar Erimesi		Yağış	Kar Erimesi	
2008	5.47	0.00	0.138	6.821	3.67	23.129	4.84	3.51	23.738
2009	3.16	0.00	0.152	8.054	1.18	16.342	5.37	1.10	17.390
2010	7.85	7.79	0.096	6.698	13.84	21.365	3.13	3.24	22.523
2011	2.60	0.00	0.017	5.050	0.00	6.793	4.77	0.00	6.367
2012	3.70	0.00	0.092	0.210	1.96	39.519	1.80	2.28	39.350
2013	0.00	0.00	0.000	0.649	1.83	0.597	3.45	1.65	0.467
2014	6.36	0.00	0.037	6.067	0.46	17.642	3.90	0.38	19.074
2015	0.00	0.00	0.000	0.936	2.00	2.693	8.95	1.24	2.460
2016	4.20	0.00	0.059	7.932	5.08	11.433	2.73	3.58	11.821
2017	0.00	0.00	0.000	2.130	4.32	2.159	7.81	4.04	1.486
2018	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000
<b>Ortalama</b>	<b>3.03</b>	<b>0.71</b>	<b>0.054</b>	<b>4.050</b>	<b>3.12</b>	<b>12.879</b>	<b>4.25</b>	<b>1.91</b>	<b>13.152</b>
<b>Toplam</b>	<b>33.34</b>	<b>0.79</b>	<b>0.590</b>	<b>44.547</b>	<b>34.34</b>	<b>141.672</b>	<b>46.75</b>	<b>21.02</b>	<b>144.676</b>

Araştırma yerleri yonca tarlası yüzey akış ve toprak kayıpları karşılaştırmalı olarak Çizelge 9’ da verilmiştir. Bakımlı 1 çalışma bölgesinde yer alan yonca tarlasında ortalama toprak kaybı 0.675 tonha<sup>-1</sup>yıl<sup>-1</sup> olmuştur (Çizelge 9). Model hesaplamalarına göre parselden oldukça düşük toprak kaybı tahmin edilmiştir. Yonca tarlası topraklarının aşınımına duyarlılığı “az aşınabilir” grubunda yer almaktadır. Organik madde içeriği % 3.00 ve agregat stabilitesi % 74 tür. Arazi eğimi %15 olup bitişik arazilere göre oldukça yüksek eğimlidir. Eğim uzunluğu 40 m’dir. Tüm toprak ve arazi özellikleri su erozyonu bakımından birlikte değerlendirilmesi durumunda söz konusu tarlada işlemeli tarım yapılmamış olması, yonca bitkisinin toprak özelliklerini geliştirmiş olması ve vejetatif örtü olarak yağmur damlalarının çarpma etkisini azaltmasına bağlı olarak toprak kayıpları son derece düşüktür.

Bakımlı 2 çalışma bölgesinde yer alan yonca tarlasında ortalama toprak kaybı 0.309 tonha<sup>-1</sup>yıl<sup>-1</sup> olmuştur (Çizelge 9). Model hesaplamalarına göre parselden oldukça düşük toprak kaybı tahmin edilmiştir. Yonca tarlası aşınımına duyarlılığı az aşınabilir bir arazidir. Organik madde içeriği % 2.00 ve agregat stabilitesi % 81’ tür. Arazi eğimi %10 olup Bakımlı 1 yonca tarlasına göre daha düşük eğimlidir. Eğim uzunluğu 40 m’dir. Yonca tarlasının sınırlı işlenmesi, yonca bitkisinin toprak özelliklerini geliştirmiş olması ve vejetatif örtü olarak yağmur damlalarının çarpma etkisini azaltmasına bağlı olarak toprak kayıpları son derece düşüktür.

Serince çalışma bölgesinde yer alan yonca tarlasında ortalama toprak kaybı 0.014 tonha<sup>-1</sup>yıl<sup>-1</sup> olmuştur (Çizelge 9). En düşük toprak kaybı Serince yonca tarlasında hesaplanmıştır. Yonca tarlası aşınımına duyarlılığı 0.11 t h ha MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> (az aşınabilir)’dir. Organik madde içeriği % 2.90 ve agregat stabilitesi % 76’dir. Arazi eğimi %12 olup eğim uzunluğu 63 m’dir. Yonca tarımında toprak işlemenin 5 yılda bir yapılması, yonca bitkisinin toprak özelliklerini geliştirmiş olması ve vejetatif örtü olarak yağmur damlalarının çarpma etkisini azaltmasına bağlı olarak toprak kayıpları son derece düşüktür. Yörede eğimli işlemeli tarıma uygun

olmayan arazilerde yonca gibi yem bitkileri tarımının yapılması arazinin sürdürülebilirlik yönetimini mümkün kılacaktır.

Çizelge 9. Araştırma yerleri yonca tarlası erosiv yağış, kar ve toprak kayıpları  
Table 9. Alfalfa fields erosive rainfall, snow and soil losses in research sites

Yıl	Bakımlı 1			Bakımlı 2			Serince		
	Yağış, mm	Kar, mm	Toprak Kaybı, tonha <sup>-1</sup>	Yağış, mm	Kar, mm	Toprak Kaybı, tonha <sup>-1</sup>	Yağış, mm	Kar, mm	Toprak Kaybı, tonha <sup>-1</sup>
2008	1.79	3.26	0.615	4.008	3.67	0.310	5.45	1.82	0.053
2009	9.09	1.32	3.204	9.484	1.27	1.381	11.60	0.00	0.028
2010	6.15	2.51	0.934	7.013	13.88	0.360	14.02	2.60	0.041
2011	0.19	0.00	0.498	6.311	0.00	0.311	4.35	0.00	0.012
2012	1.51	2.11	1.411	5.362	1.99	0.553	5.18	0.00	0.016
2013	8.17	0.36	0.277	0.877	0.00	0.096	0.02	0.00	0.000
2014	2.79	0.00	0.226	3.488	0.00	0.147	0.00	0.00	0.000
2015	1.81	1.04	0.087	2.330	0.99	0.088	0.03	0.00	0.000
2016	5.46	2.41	0.109	2.340	0.46	0.091	2.52	0.00	0.005
2017	6.72	2.65	0.060	1.892	3.87	0.061	0.08	0.00	0.000
2018	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000
<b>Ortalama</b>	<b>3.97</b>	<b>1.42</b>	<b>0.675</b>	<b>3.919</b>	<b>2.38</b>	<b>0.309</b>	<b>3.93</b>	<b>0.40</b>	<b>0.014</b>
<b>Toplam</b>	<b>43.68</b>	<b>15.66</b>	<b>7.421</b>	<b>43.105</b>	<b>26.13</b>	<b>3.398</b>	<b>43.25</b>	<b>4.42</b>	<b>0.155</b>

Araştırma bulgularına göre orman ve mera arazilerinde toprak ve yüzey akış kayıpları meydana gelmemiştir. Ancak tarım arazilerinde çeşitli miktarlarda toprak kayıpları WEPP model yardımıyla hesaplanmıştır. Buğday-Nadas ekim nöbeti ve yonca ekili tarlalarda meydana gelen toprak kayıpları lokasyonlar arası istatistiksel karşılaştırılması t testi ile gerçekleştirilmiştir. Bunun için her üç lokasyon yıllık toprak kayıplarının normal dağılım gösterip göstermediği kontrol edilmiştir. Yapılan normalite test sonuçlarına göre her üç lokasyonda her iki farklı toprak yönetimi uygulaması altında meydana gelen toprak kayıpları normal dağılım göstermiştir. Araştırma yeri tarım arazileri toprak kayıplarının aynı popülasyon dan gelip gelmediği t istatistiği ile belirlenmiş olup test sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

İstatistiksel değerlendirme sonucuna göre buğday-nadas ve yonca olmak üzere her iki vejetasyon için tarlalar arasındaki toprak kayıpları önemli farklılıklar göstermiştir. Toprak özellikleri, arazi özellikleri ve diğer birçok farklılıklar aynı ürün çeşidi yetiştirilen bitişik arazilerde bile toprak kayıplarında kayda değer farklılıklar göstermesi beklenen ve doğal bir durumdur.

Buğday-nadas ekim nöbetinde Bakımlı 1 lokasyonu hariç tutulacak olursa yonca ekili tarlalara göre daha yüksek toprak kayıpları tahmin edilmiştir. Bakımlı 2 ve Gevrek lokasyonu toprak kayıpları bakımından aynı grupta yer almıştır. Her iki bölgede de toprak kayıpları izin verilebilir sınırlar üzerindedir.

Yonca tarlalarında Bakımlı 1 ve Bakımlı 2 tarlalarında görülen yıllık toprak kayıpları aynı grupta yer almış ve istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermemiştir. En düşük toprak kayıpları Serince lokasyonunda yer alan yonca tarlasında tahmin edilmiştir. Yonca tarımı altında meydana gelen toprak kayıplarının tamamı tolere edilebilir toprak kayıpları içerisinde

yer almakta olup bu araziler toprak kayıpları bakımından sürdürülebilir tarım yapılabilecek arazilerdir.

Çalışma bölgesinde yer alan mera ve orman arazilerinden yüzey akış ve toprak kayıpları oluşmadığı için istatistiksel bir fark bulunmamaktadır. Yöre mera ve orman vejetasyon alanları yeterince toprak ve su koruma etkisi gösterdiği görülmüştür.

Çizelge 10. Tarım arazileri toprak kayıplarının ( $\text{tonha}^{-1}$ ) istatistiksel olarak karşılaştırılması  
Table 10. Statistical comparison of soil losses ( $\text{tonha}^{-1}$ ) in farmland

Çalışma Bölgesi	Buğday-Nadas	Yonca	Mera	Orman
Bakımlı 1	0.054 <sup>a</sup>	0.675 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>
Bakımlı 2	12.879 <sup>b</sup>	0.309 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>
Gevrek	13.152 <sup>b</sup>	0.014 <sup>b</sup>	0.000 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>

#### 4. Sonuç

Tokat-Almus ilçesine bağlı Bakımlı, Gevrek ve Serince köylerinde yer alan orman, mera ve tarım arazilerinden meydana gelen toprak ve yüzey akış kayıpları WEPP model yardımıyla belirlenmiştir. Çalışma bulgularına göre yörede yayılım gösteren mera ve orman alanları ne kadar zayıf vejetasyona sahip olurlarsa olsunlar yeterince toprak ve su korunumu sağlamışlardır. Bu nedenle Almus yöresinde ileri derecede toprak kayıplarının söz konusu olduğu aşırı eğimli arazilerin orman veya mera kullanımına dönüştürülmesi toprak kayıplarının kontrol altına alınmasını sağlayacaktır. Tarım arazilerinden yonca ve buğday-nadas alanlarında toprak kayıpları ve yüzey akış kayıpları tahmin edilmiştir. Yonca ekili eğimli arazilerde oluşan toprak kayıpları tolere edilebilir bulunmuştur. Yonca tarlaları oldukça eğimli olmalarına karşın meydana gelen toprak kayıpları tolerans değerinin altındadır.

Bakımlı 2 ve Gevrek çalışma noktalarında yer alan buğday-nadas tarlalarından oluşan toprak kayıpları çok fazladır. Yörede işlemeli tarım arazileri %10 eğimin altında olması durumunda buğday-nadas ekim nöbetinde sürdürülebilir yönetilebilecektir. Zira % 7 eğime sahip Bakımlı 1 lokasyonunda meydana gelen toprak kayıpları sürdürülebilir nitelikte olmuştur. Ancak daha fazla eğimli arazilerde yem bitkileri yetiştiriciliği toprak kayıplarını tolere edilebilir düzeye indirecektir. Eğimli alanlarda işlemeli tarıma devam edilmesi durumunda söz konusu alanlarda çölleşme ve fiziksel toprak bozulma süreçleri gelecekte etkisini daha da artıracığı düşünülmektedir.

Yöre topraklarının organik madde içerikleri, agregat stabilite değerleri ve aşınım duyarlılıkları toprakların erozyona karşı korunmasında toprak su korumacılara kolaylık sağlayacak derecede tatminkâr bulunmuştur. Bununla birlikte yüksek hacim ağırlığı değerleri toprak sıkışması sorunu bulunduğunu göstermektedir. Mera alanlarında kontrollü otlatma ve zamanında otlatma uygulamaları yapılmalıdır. Tarım arazilerinde azaltılmış toprak işleme uygulamaları gerçekleştirilmelidir.

#### 5. Kaynaklar

Anonymous., 2003. Soil Quality Test Kit. Section II. Background and Interpretive for Individual, Tests Page2.  
Amore, E., Modica, C., Nearing, M. A., Santoro, V.C., 2004. Scale Effect in USLE and WEPP Application for Soil Erosion Computation From Three Sicilian Basins. J. Hydrol. 293,100–114.

- Bouyoucos, G. J., 1951. A Recalibration of The Hydrometer For Making Mechanical Analysis of Soils. *Agron. J.* 43-49.
- Chapman, H. D., Pratt, P. F., 1961. *Methods of Analysis for Soils. Plants and Water.* Univ. California, Berkeley, CA, USA.
- Chaves, J.C.D., Miyazawa, M., Pavan, M.A., 1991. Espec Aço Quimica da Soluç ao do Solo Para Interpreteção da Absorção de Calcio e Aluminio por Raizes de Cafeeiro. *Presquisa Agropeeuaria Brasileira.* 26 (3): 1-11.
- Demir, S., 2016. Wepp hillslope modeli ile yüzey akış ve toprak kayıplarının belirlenmesi, Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ferreira, C.S., Pereira, P., Kalantaric, Z., 2018. Human Impacts on Soil. *Science of the Total Environment.* 644:830-834.
- Flanagan, D., Renschler, C., Cochrane, T., 2000. Application of the WEPP Model with Digital Geographic Information. 4th International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling Probleme. *Prospects and Research Needs* 330: 2-8 p.
- Flanagan, D.C., Frankenberger, J.R., Ascough, J.C., 2012. WEPP: Model Use, Calibration and Validation. *Trans. ASABE.* 55 (4), 1463–1477.
- Foster, G.R., Mc Cool, D.K., Renard, K.G., Moldenhauer, W.C., 1991. Conversion of the Universal Soil Loss Equation to SI Metric Units. *Journal of Soil and Water Conservation.* 36: 355-359.
- 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.
- Jackson, M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis.* Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, NJ, 498p.
- Kacar, B., 2009. *Toprak Analizleri (ikinci baskı)* Nobel Yayın No: 1387. ISBN 978-605-395-184-1, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Knisel, W. G., 1980. *CREAMS: A Field Scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion* USDA, Washington D.C. 643.
- Lafren, 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.
- Lafren, J.M., Flanagan, D.C., Engel, B.A., 2004. Soil Erosion and Sediment Yield Prediction Accuracy Using WEPP. *Journal of The American Water Resources Association.* 40, 289–297.
- Lane, L. J., Nearing, M. A., 1989. *WEPP Profile Model Documentation.* NSERL Report No. 2. Ind.: USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, W. Lafayette.
- Mahmoodabadi, M., Cerdà, A., 2013. Wepp Calibration for Improved Predictions of Interrill Erosion in Semi-Arid to Arid Environments. *Geoderma.* 204-205, pp.75–83.
- Mankin, K.R., 2000. An Integrated Approach for Modelling and Managing Golf Course Water Quality and Ecosystem Diversity. *Ecol. Model.* 133 (3), 259–267.
- Nearing, M.A., Pruski, F.F., O'Neal, M.R., 2004. Expected Climate Change Impacts on Soil Erosion Rates: A Review. *J. Soil Water Conserv.* 59 (1), 43–50.
- Nearing, M.A., Govers, G., Norton, L.D., 1999. Variability in Soil Erosion Data From Replicated Plots. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 1829–1835.
- Nearing, M.A., Jetten, V., Baffaut, C., Cerdan, O., Couturier, A., Hernandez, M., Le Bissonnais, Y., Nichols, M.H., Nunes, J.P., Renschler, C.S., Souchere, V., Van Oost, K., 2005. Modeling Response of Soil Erosion and Runoff to Changes in Precipitation and Cover. *Catena.* 61 (2–3), 131–154.
- Pandey, A. Chowdary, V.M., Mal, B.C., Billib, M., 2008. Runoff and Sediment Yield Modeling From a Small Agricultural Watershed in India Using The Wepp Model. *Journal of Hydrology.* pp.305–319.
- Risse, L.M., 1994. *Validation of WEPP Using Natural Runoff Plot Data.* PhD. Dissertation, National Soil Erosion Research Laboratory, Purdue University, West Lafayette, IN, 230 pp.
- Soil Survey Staff, 1951. *Soil Survey Manual.* US. Dept. Agr. Handbook No: 18, US. Government Print Office, Washington.
- SPSS., 2011. *IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows.* Armonk, NY.
- Stroonsnijder, L., 2005. Measurement of Erosion: Is it Possible. *Catena.* 64: 162-173.
- Tiscareno-Lopez, M., Lopes, V.L., Stone, J.J., Lane, L.J., 1994. Sensivity Analysis of the WEPP Watershed Model for Rangeland Applications. II. Channel Processes. *Transactions of the ASAE* 37 (1), 151-158.
- Tüzüner, A., 1990. *Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı.* T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Zhang, X.C., Nearing, M.A., Risse, L.M., McGregor, K.C., 1996. Evaluation of WEPP Runoff and Soil Loss Predictions Using Natural Runoff Plot Data. *Trans. ASAE.* 39 (3), 855–863.