PESERA VE RUSLE EROZYON MODELLERİNİN AKDENİZ VE EGE HAVZALARINDAKİ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Ahmet ÇİLEK[1], Süha BERBEROĞLU[2], M.Akif ERDOĞAN[3], Cenk DÖNMEZ[4]

[1]Arş.Gör., Çukurova Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 01330, Balcalı, Adana, acilek@cu.edu.tr
[2]Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 01330, Balcalı, Adana, suha@cu.edu.tr
[3]Öğr.Gör.Dr. Çukurova Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı, maerdogan@cu.edu.tr
[4]Yard. Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 01330, Balcalı, Adana, acilek@cu.edu.tr

ÖZET

En önemli doğal kaynaklarımızdan biri olan topraklarımızın verimliliğini tüketen en önemli faktörlerden biri erozyondur. Toprak erozyonu üst toprağın verimliliğini fiziksel kayıp, bitki beslenmesi ve su kaybı ile azaltır. Toprağın yok olması derinlik ile besin maddesinin azalması ile toprak verimliliğinin kaybolması anlamına gelmektedir. Erozyonun nedeni öncelikle ormansızlaşma, uygunsuz tarım uygulamaları ve hasat sistemleri gibi insan aktivitelerini içerir. Ekolojik dengeyi bozmadan en uygun ve ekonomik arazi kullanım planlamasının yapılması ile erozyon sorununa çözüm mümkün olabilir. Akdeniz Bölgesi, yağışlı bir dönemin izlediği uzun kurak dönemin ve erozyona neden olan dik eğimli yamaçların olması nedeniyle arazi bozulmasına ve dolayısı ile erozyona hassas bir bölgedir. Özellikle tarımsal değeri yüksek I. ve II. Sınıf tarım arazileri üzerinde sanayi ve yerleşim merkezlerinin çoğalmasıyla, tarım alanları eğimli alanlara doğru kaymaktadır. Bunun sonucunda yanlış arazi kullanımı oluşmakta ve erozyon riski artmaktadır. Erozyon kontrol önlemlerinin alınabilmesi için çok hızlı bir şekilde erozyonun etkili olduğu alanların belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı Konumsal Bilgi Teknolojilerinin rolünü ortaya koyabilmek amacıyla bir temel çalışma olarak Akdeniz ve Ege havzalarında (yaklaşık toplam 180400 km^2) farklı arazi kullanım türleri için yıllık toprak kaybını değerlendirmektir. Avrupa ülkelerinde uygulanan ve geliştirilen bölgesel ölçekli fiziksel temelli model olan PESERA erozyon modeli ile deneysel modeller içerisinde en yaygın kullanılan RUSLE erozyon modeli sonuçları kıyaslanmıştır.

PESERA erozyon modeli sonuçlarına göre çalışma alanının % 4'ü çok düşük (0-1 ton/ha/yıl), % 21'i düşük (1-10 ton/ha/yıl), % 57'si orta (10-50 ton/ha/yıl), ve % 18'lik kısmı yüksek ve çok yüksek erozyon (>100 ton/ha/yıl) riskine sahip alanlar olarak hesaplanmıştır. RUSLE erozyon modeli sonuçlarına göre ise % 1'ı çok düşük, % 6'sı düşük, % 42'si orta, % 51'i yüksek ve çok yüksek erozyon riskine sahip alanlar olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Akdeniz, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Erozyon, PESERA, RUSLE

COMPARISON OF PESERA AND RUSLE EROSION MODELS IN THE EXAMPLE OF MEDITERRANEAN AND AEGEAN BASINS

ABSTRACT

Soil as one of the most important natural resources has been destroyed by soil erosion which is one of the detrimental impact on the environment. Soil erosion reduces top soil fertility with physical loss, plant nutrition and dehydration. Destruction of soil means loss of soil fertility due to high nutrient removal and removal of the product. The main driver factors of erosion includes human activity such as, deforestation, inappropriate agricultural practices and harvesting system. Appropriate and economical land use planning without disturbing the ecological balance would be the ideal solution for soil erosion. Mediterranean region is susceptible to erosion due to the steep slopes that cause erosion and rainy period followed by a long dry period. In particular, agricultural areas are moving towards the transition zones in between mountains and fertile plains with the establishment of industrial and residential centres on the first and second class agricultural lands. As a result, inappropriate land use occurs and erosion risk increases. Areas subject to erosion should be identified in order to take erosion prevention measures.

The main objective of this study was to model the erosion risk of Mediterranean and Aegean Basins (approximately 180400 km^2) using Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) and Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) together with spatial information technologies and physical environmental data.

PESERA model results indicated that the study area covered by 4% very low, 21% low, 57% medium and 18% high erosion rates. On the other hand, RUSLE erosion model resulted as 1% very low, 6% low, 42% medium and 51% high erosion rates for the same area.

Keywords: Mediterranean, GIS, Erosion, PESERA, RUSLE

1. GİRİŞ

Toprak erozyonu, toprağın yok olması ve toprak dejenerasyonunun birbirleriyle ilişkili iki farklı olgu olarak ayırt edilmektedir (Lal, 1990). Toprak erozyonu üst toprağın verimliliğini fiziksel kayıp, bitki beslenmesi ve su kaybı ile azaltır. Toprağın yok olması derinlik ile besin maddesinin kaybı ile toprak verimliliğinin kaybolması anlamına gelmektedir. Toprak dejenerasyonu toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bozulması ile toprak kalitesinde düşme anlamına gelmektedir. (Souksakoun, 2008).

Toprak erozyonuna birçok faktör neden olur ve bu faktörlerin toprak erozyon sürecine etkileri farklıdır. Erozyon modellemede birçok değişken kullanılır. Her bir model kendi veri setine gereksinim duymaktadır çünkü modellerde en yaygın kullanılan değişkenler benzer olarak kullanılsa da belirli amaçlar için tasarlanmıştır. Bunlar; iklim, topografya, toprak, bitki örtüsü ve yönetim gibi sorunların büyüklüğünü tanımlayan yapay parametreler veya doğal parametrelerdir.

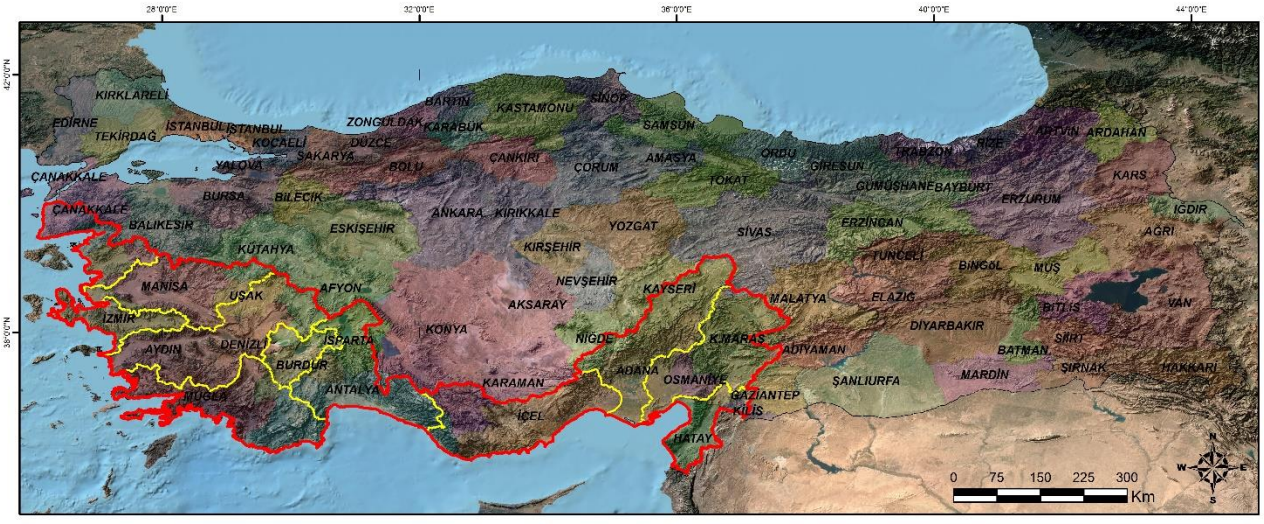
Deneysel modeller erozyonu, uygun veri setinin bulunduğu durumlarda, varsayılan önemli değişkenler arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişkileri kullanarak tanımlarlar (Kadupitiya, 2002). Deneysel modeller arazi gözlemleri, ölçümler, deneyler ve istatistik teknikleri yoluyla toprak kaybına yol açan önemli faktörlerin tanımlanmasına dayanır (Petter, 1992). Fiziksel temelli veya süreç tabanlı modeller erozyon sürecini tanımlayan matematiksel denklemlere dayanmaktadır. Bu modeller erozyonu kontrol eden gerekli mekanizmaları temsil etmek için tasarlanmıştır. Fiziksel temelli modellerin avantajı, çeşitli faktörlere ve onların mekânsal ve zamansal değişimleri arasındaki karmaşık etkileşimleri içeren erozyon ile ilişkili tek bir bileşenin sentezini temsil etmesidir (Lal, 1994).

Türkiye'nin iklimi ve topografik yapısı erozyon olayının gerçekleşmesine zemin hazırlamaktadır. Özellikle tarımsal değeri yüksek I. ve II. Sınıf tarım arazileri üzerinde sanayi ve yerleşim merkezlerinin çoğalmasıyla, tarım alanları eğimli alanlara doğru kaymaktadır. Bunun sonucunda yanlış arazi kullanımı oluşmakta ve erozyon riski artmaktadır. Erozyon kontrol önlemlerinin alınabilmesi için çok hızlı bir şekilde erozyonun etkili olduğu alanların belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı Uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileri kullanılarak Akdeniz ve Ege Havzaları için yıllık toprak kaybını Avrupa ülkelerinde uygulanan ve geliştirilen bölgesel ölçekli fiziksel temelli model olan PESERA erozyon modeli ile deneysel modeller içerisinde en yaygın kullanılan RUSLE erozyon modeli sonuçlarını kıyaslamaktır.

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı; Akdeniz ve Ege Bölgesinde bulunan Kuzey Ege, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Batı Akdeniz, Antalya, Burdur Göller, Doğu Akdeniz, Seyhan, Ceyhan ve Asi Havzalarını içermektedir. Çalışma alanı toplam 180391 km^2 olup, Greenwich'e göre 26°-38° doğu meridyenleri, ekvatora göre ise 36°-40° kuzey paralelleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Kıyı kuşağında kar yağışı ve don olayları nadir olarak görülür. Yüksek kesimlerde kışlar karlı ve soğuk geçer. Kıyı kuşağının doğal bitkisini, sıcaklık ve ışık isteği yüksek ve kuraklığa dayanıklı olan kızılçam ve bunların tahrip edildiği yerlerde her zaman yeşil olan makiler oluşturur. Yüksek yerlerde ise iğne yapraklı karaçam, sedir, ve köknar ormanları hakimdir. Soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı 6,4°C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 26,8°C, yıllık ortalama sıcaklık 16,3°C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 725,9 mm'dir ve yağışların çoğu kış mevsimindedir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı %5,7'dir. Bu yüzden bölgede yaz kuraklığı hakimdir. Yıllık ortalama nispi nem %63,2'dir (Sensoy ve ark, 2008; Çilek, 2013).



Şekil 1: Çalışma alanının konumu

1.2 Materyal

Bu çalışma için iklim, topografya, toprak, arazi kullanımı ve doğal bitki örtüsüne ait veriler kullanılmıştır. Çalışma alanı içerisinde ve çevresinde yer alan 300 adet iklim istasyonuna (120 Adet büyük klima, 180 adet küçük klima istasyonu) ait 2012 yılına kadar kaydedilmiş veriler kullanılmıştır. Bu veri seti 39 yıllık (1975 – 2012) kayıtların, Devlet Meteoroloji İşleri'nden temin edilmesiyle oluşturulmuştur. Modelleme kapsamında ihtiyaç duyulan arazi örtüsüne ait bilgiler, CORINE arazi örtüsü sınıflarına göre oluşturulmuştur. 1:25.000 ölçekli Tarımsal Üretimi Geliştirme Genel Müdürlüğünden toprak haritası temin edilerek her iki model için gerekli toprak değişkenleri üretilmiştir. Aster uydusu tarafından oluşturulan 30 m çözünürlüğündeki Sayısal Yükselti Modeli verisi 250 m olan çalışma çözünürlüğüne dönüştürülerek kullanılmıştır. Bitki örtüsü değişkenleri için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından CORINE sistemi çerçevesinde üretilmiş sayısal ayrıntılı arazi örtüsü ile MODIS uydusundan alınan aylık NDVI görüntüleri kullanılmıştır.

1.3 Yöntem

Deneysel modeller erozyonu, uygun veri setinin bulunduğu durumlarda, varsayılan önemli değişkenler arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişkileri kullanarak tanımlarlar. Deneysel modeller arazi gözlemleri, ölçümler, deneyler ve istatistik teknikleri yoluyla toprak kaybına yol açan önemli faktörlerin tanımlanmasına dayanır. Deneysel modellerde, karmaşık doğal süreçler kullanılmaz ve model sadece tasarlandığı yönde çalıştırılabilir. Deneysel modeller erozyon tahmininde hızlıdır fakat belirli bir alan içindir ve uzun dönem veri toplanması gerekir.
Fiziksel temelli veya süreç tabanlı modeller erozyon sürecini tanımlayan matematiksel denklemlere dayanmaktadır. Bu modeller erozyonu kontrol eden gerekli mekanizmaları temsil etmek için tasarlanmıştır. Fiziksel temelli modellerin avantajı, çeşitli faktörlere ve onların mekânsal ve zamansal değişimleri arasındaki karmaşık etkileşimleri içeren erozyon ile ilişkili tek bir bileşenin sentezini temsil etmesidir.

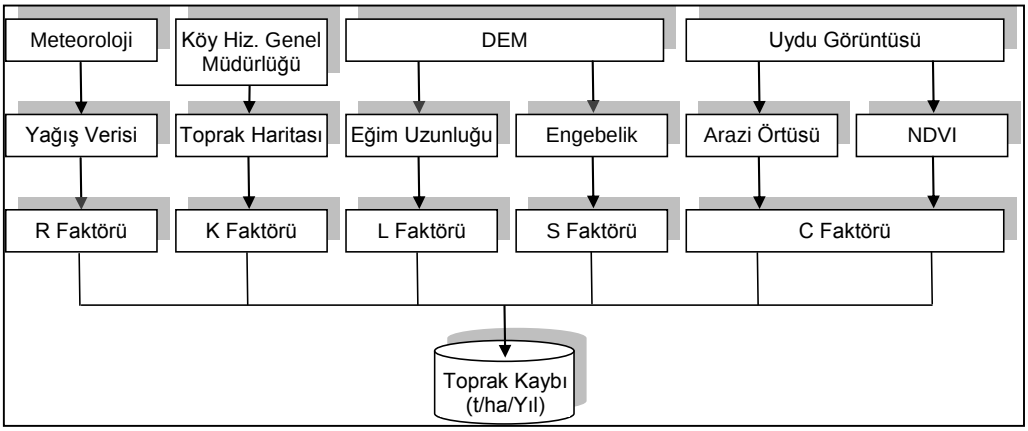
1.3.1 RUSLE Erozyon Modeli

Renard ve ark. tarafından 1991 yılında ortaya konan, USLE yönteminin geliştirilmiş bir versiyonu olan ve doğruluğu daha yüksek sonuçlar ortaya koyan RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) yöntemi deneysel bir modele sahip olup uzun vadede yamaçlardan taşınarak kaybedilen ortalama yıllık toprak miktarını ortaya koymaktadır (Üstüntaş, 2000; Erdoğan, 2012). RUSLE erozyonu t/ha/yıl (ton/hektar/yıl) birimi cinsinden altı temel faktörden oluşan bir denklem (Eşitlik 1) yardımıyla tahmin etmektedir. (Renard vd, 1997).

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \tag{1}$$

Burada A erozyon miktarı (t/ha/yıl), R yağmur aşındırma faktörü, K toprak aşınabilirlik faktörü, L eğim uzunluk faktörü, S eğim engebelik faktörü, C arazi örtüsü ve alan kullanım faktörü, P erozyon kontrol faktörünü temsil etmektedir.

RUSLE yöntemi kapsamında Akdeniz ve Ege havzaları için tespit edilecek faktörlerin hesaplanmasında ihtiyaç duyulan veriler ve elde edilme kaynakları Şekil 2'de verilmiştir (Erdoğan, 2012).



Şekil 2: RUSLE yöntemi akış şeması (Erdoğan, 2012)

1.3.1.1 Yağmur Aşındırma Faktörü (R Faktörü)

Temelde yağmur şiddeti ölçüm verileri kullanılarak hesaplanmaktadır. Fakat ülkemiz meteoroloji istasyonlarınca ölçülmeyen bu verinin eksik olduğu alanlarda ortalama aylık toplam yağış verisini kullanarak R faktörünün hesaplayan eşitlikler üretilmiştir (Erdoğan, 2012). İlgili literatür (Arnoldus, 1977; Arnoldus, 1980; Lo ve ark., 1985; Renard ve Frenium 1994; Yu ve Rosewell, 1996) kapsamında bu eşitlikler değerlendirildiğinde hem çalışma alanlarının benzer yapıda olması hem de daha yaygın kullanımı nedeniyle R faktörünün hesaplanması için Arnoldus (1977) tarafından geliştirilen eşitlik kullanılmıştır (Eşitlik 2) (Erdoğan, 2012).

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{1.5 Logpi^2/P - 0.8188} \tag{2}$$

Burada "pi" aylık ortalama yağışı, "P" ise yıllık ortalama yağışı göstermektedir.

1.3.1.2 Toprak Aşındırma Faktörü

Bu faktör (K) toprağın doğal aşınabilirlik potansiyelinin RUSLE standart grafiğini kullanarak toprağın yapısal özelliklerini kullanarak hesaplanmasıyla elde edilir (Renard ve ark., 1997). K faktörü toprağın yağmura karşı gösterdiği parçalanma, taşınma ve aşınma direncini temsil etmektedir. K faktörü, Wischmeier ve Smith (1978) tarafından geliştirilen toprağın silt+çok ince kum (%), kum (%), organik madde (%), strüktür ve geçirgenlik parametresini dikkate alan bir nomograf kullanılarak bulunmaktadır. Bunun dışında K faktörünü bulmak için Eşitlik 3 ve 4'de verilen formülde kullanılmaktadır (Renard ve ark., 1997; Erdoğan, 2012).

$$K = 0.0034 + 0.045 \times \exp\left[-0.5 \left(\frac{\log D_g + 1.659}{0.7101} \right)^2 \right] \tag{3}$$

$$D_g = \exp\left(\sum f_i \mathrm{In}\left(\frac{d_i + d_{i-1}}{2} \right) \right) \tag{4}$$

Burada "Dg" kil, silt ve kum sınıfları için parça çaplarının geometrik ortalaması, "di" her sınıf için maksimum çap, "di-1" her sınıf için minimum çap, "fi" her sınıf için yüzde parça boyutunu ifade etmektedir.

1.3.1.3 Topografik Faktörler

Eğim uzunluk faktörü (L) ve eğim engebelik faktörü (S) RUSLE yönteminde topografik etkileri yansıtmaktadır. Eğim uzunluğu eğimin değişmeden sabit bir aralıkta kaldığı bölgelerin eğim yönünde sahip olduğu maksimum mesafeyi (Wishmeier ve Smith, 1978), eğim engebelik faktörü ise eğimin erozyon üzerindeki etkisini vermektedir (Lu ve ark., 2004). RUSLE eğim için engebelik ve uzunluk faktörünü aşağıdaki eşitliklerle hesaplamaktadır.

$$S = 10.8 \sin\theta + 0.03 \quad (\text{Eğim} < \%9) \tag{5}$$

$$S = 16.8 \sin\theta - 0.50 \quad (\text{Eğim} \geq \%9) \tag{6}$$

$$L = (\lambda / 22.12)^m \tag{7}$$

$$m = \beta/(1+\beta) \quad , \quad \beta = (Sin\theta / 0.0896) / (3.0(Sin\theta)^{0.8} + 0.56) \tag{8}$$

Burada "λ" eğim uzunluğu (m), "θ" eğimi (derece) ifade etmektedir.

1.3.1.4 Arazi Örtüsü ve Alan Kullanım Faktörleri

Normalize Edilmiş Vejatasyon İndeksi (NDVI) olarak bilinen ve yeryüzünde örtülülük gösteren bitki örtüsünün varlığını niceliksel olarak veren uzaktan algılama verisi baz alınarak C faktörü tahmin edilebilmektedir (Van der Knijff ve ark., 2000; Van Leeuwen and Sammons, 2004).

$$C = e^{(-\alpha(NDVI/(\beta - NDVI)))} \tag{9}$$

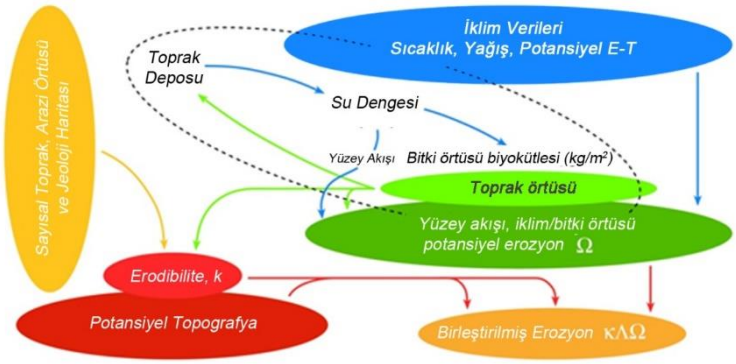
Bu eşitlikte α ve β : NDVI ve C faktörüne ait eğriyi tanımlayan parametreleri Van der Knijff ve arkadaşları (2000) yapmış oldukları çeşitli denemeler sonunda α ve β için en uygun değerleri sırasıyla 2 ve 1 olarak bulmuşlardır.

1.3.1.5 Erozyon Kontrol Faktörü

Erozyon kontrol faktörü (P) çalışma alanı kapsamında erozyon kontrolüne ve önlenmesine yönelik herhangi bir çalışmanın olup olmadığıyla ilgilenir. Küçük ölçekli çalışmalarda bu bilgilerin tespit edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Fakat Seyhan Havzası ölçeğinde bu tür çalışmaların nadir olması ve olanlarında düzenli bir şekilde kayıt altında tutulmaması nedeniyle tespit edilmesi çok güçtür. Bu durumun gözlemlendiği benzer çalışmalarda bu faktörün etkisini ortadan kaldırmak için bu faktörün değeri tüm alanlar için 1 olarak alınmıştır (Wachal ve ark., 2007; Tağıl, 2007; Erdoğan, 2012; Çilek ve Berberoğlu, 2013).

1.3.2 PESERA Erozyon Modeli

PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assesment) modeli (Kirkby, 1999; Kirkby ve ark., 2000) çeşitli arazi kullanımı, toprak ve peyzaj özellikleri altında toprak erozyonunu tahmin etmek için bölgesel bir araç olarak geliştirilmiştir. PESERA Modeli; iklim, vejetasyon, topografya ve toprak verilerini yüzey akışı ve toprak erozyonu hesaplayabilmek için tek bir yapıda entegre ederek birleştirmektedir. (Şekil 3). Model dahilindeki faktörlerin her biri için gerek duyulan veriler ilgili kaynaklardan elde edilerek fiziksel temelli bir modelde birleştirilerek toprak erozyonu için gerçekçi hesaplamalarda bulunulabilmektedir. PESERA, toprak ve bitki örtüsü özelliklerine bağlı bir akış eşik değeri ile toprak akışı oluşumu ile yağmurun süzülme durumunu dikkate alan fiziksel temelli bir erozyon modelidir. Sediment taşınımı her bir yağış dönemindeki toplam akıştan tahmin edilebilir ve şiddetli toprak erozyon kaybı durumunda katman aşınımı sürecini gösterir. Bu model iklim, bitki örtüsü, topografya ve toprak faktörlerine bağlı olarak elde edilen dört bileşeni dikkate alarak erozyonu tahmin eder. Bu bileşenlerin her biri için mevcut veriler bölgesel tahminleri yapmak için kullanılır. İklim özellikleri ve arazi kullanımı modelde en önemli rolü oynadığı için PESERA değişen koşullara duyarlılığı değerlendirmek için de kullanılabilir. (Çilek, 2013)



Şekil 3: PESERA Modeli Yapısı (Irvine ve Kosmas, 2007; Çilek, 2103)

1.3.2.1 İklim Değişkenleri

İklim değişkenleri PESERA Modeli için önemli bileşenlerden olup aylık olarak oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan verilerin birimi ve değer aralıkları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: Aylık iklim değişkenleri (Irvine ve Cosmas, 2003; Çilek, 2013; Çilek ve Berberoğlu, 2013)

Tanımlama	Birim	Tanımlama	Birim
Aylık ortalama yağış	mm	Aylık ortalama sıcaklık farkı	°C
Gün Başına Düşen Aylık ortalama yağış	mm	Aylık potansiyel evapotranspirasyon (pet)	mm
Yağmurlu gün başına aylık yağış varyasyon katsayısı	-	Tahmini gelecek sıcaklık (Senaryo)	°C
Aylık ortalama sıcaklık	°C	Tahmini gelecek yağış (Senaryo)	mm

1.3.2.2 Bitki Örtüsü Değişkenleri

İklim değişkenleri gibi PESERA Modeli için bir diğer önemli bileşenlerden birisi de bitki örtüsü değişkenleridir. Bu değişkenler arazi kapalılığı, ürün deseni ve ekim zamanları ile ilgilidir. Modelde kullanılan bitki örtüsü ile ilgili değişkenlerin birimleri ve değer aralıkları çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2: Bitki Örtüsü Değişkenlerinin Özellikleri (Irvine ve Cosmas, 2003; Çilek, 2013; Çilek ve Berberoğlu, 2013).

Tanımlama	Birim	Tanımlama	Birim
Arazi kullanım tipi	-	Ekim belirleyicisi: baskın ürün deseni için	-
Baskın ürün deseni	-	Ekim belirleyicisi: ikinci baskın ürün deseni için	-
İkinci askın ürün deseni	-	Ekim belirleyicisi: mısır ürün deseni için	-
Mısır ürün deseni	-	Farklı arazi kullanımları için aylık kanopi	%
Ekim Ayı: baskın ürün deseni için	-	Yüzey kapasitesi	mm
Ekim Ayı: ikinci baskın ürün deseni için	-	Aylık yüzey pürüzlülüğü azalması	%
Ekim Ayı: mısır ürün deseni için	-	Bitki kök derinliği	mm

1.3.2.3 Toprak Değişkenleri

PESERA Modeli için gerekli olan 6 adet toprak değişkeni bulunmaktadır (Çizelge 3). Bu değişkenler toprak tekstürü ve organik madde miktarı ile temel olarak ilişkilidir. 1:25.000 ölçekli Türkiye Toprak Haritası (Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü) ve bu harita oluşumunda kullanılan toprak profil ölçümleri kullanılmıştır (Çilek, 2013).

Çizelge 3: Toprak Değişkenleri ve Özellikleri (Irvine ve Cosmas, 2003; Çilek, 2013; Çilek ve Berberoğlu, 2013).

Tanımlama	
Kabuklanma	Bitkiler için mevcut su miktarı (0-30 cm)
Erodibilite	Bitkiler için mevcut su miktarı (30-100 cm)
Etkili su tutma kapasitesi	Kabuk derinliği

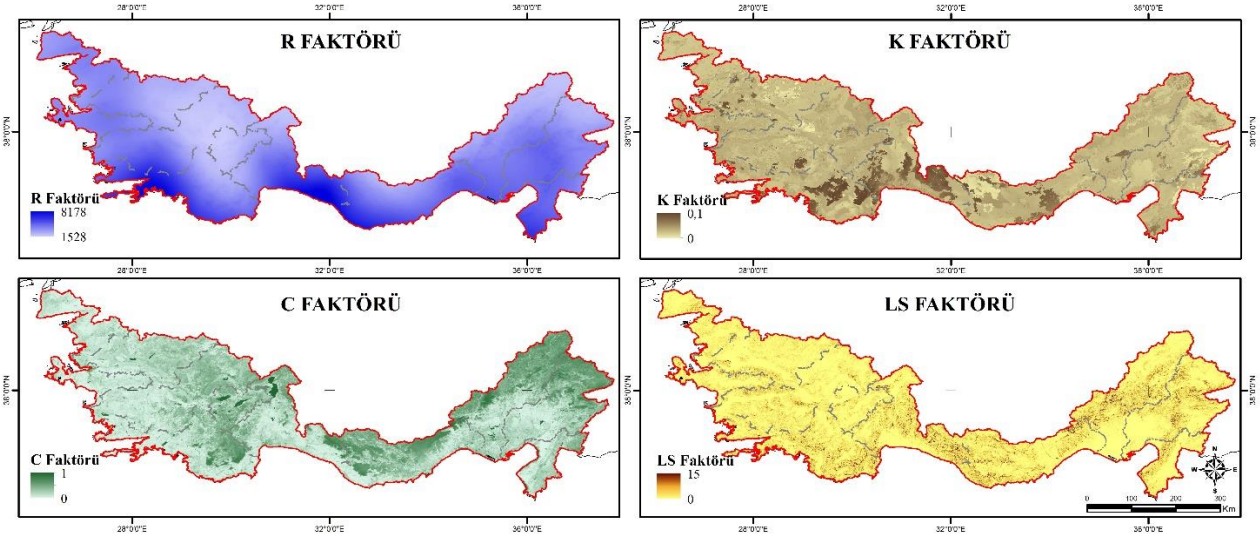
1.3.2.4 Topografya Değişkeni

Modeldeki gerekli olan topoğrafya değişkeni yüksekliğin standart sapmasıdır. ASTER uydu verileri kullanılarak 30 m çözünürlüğündeki yükseklik haritası kullanılmıştır. 250 m çözünürlüğe dönüştürülen Sayısal yükselti modeli 3x3 piksel içerisinde standart sapması alınmıştır (Çilek, 2013).

2. SONUÇLAR

2.3 RUSLE Erozyon Modeli Sonuçları

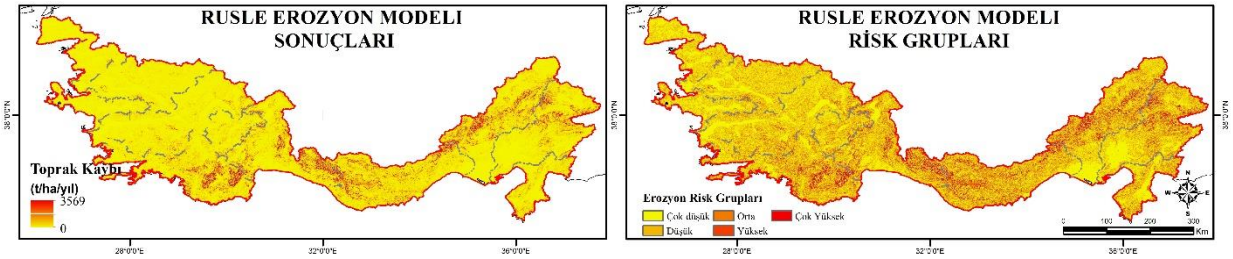
RUSLE yöntemi dahilinde ihtiyaç duyulan tüm faktörlerin çalışma alanı için formülde belirtilen tüm faktörlere ait verilerin CBS ortamında analiz edilmesiyle A faktörü yani yılda hektar başına düşen tahmini erozyon miktarı ton cinsinden (ton/ha/yıl) tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: RUSLE erozyon modeli faktörleri

Erozyon modelleme bulgularına göre Akdeniz ve Ege Havzaları kapsamında tahmin en düşük ve yüksek erozyon miktarları 0 - 3569 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre tüm alandaki ortalama erozyon 16,43 ton/ha/yıl, standart sapma ile 63,31 ve toplam erozyon miktarı da 59430428,75 ton olarak tahmin edilmiştir. Elde edilen erozyon sonuç görüntüsü literatürdeki benzer çalışmalar göz önüne alınarak erozyon şiddet sınıflarına ayrılmıştır. Buna göre

alan; çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olacak şekilde beş sınıfta gruplandırılmıştır. Yapılan bu sınıflamaya göre Akdeniz ve Ege Havzalarının %50,9'unda çok düşük, %23,7'sinde düşük, %17,7'sinde orta %4,1'inde şiddetli ve %3,6'sında çok yüksek erozyon riskine sahip olduğu tahmin edilmiştir. (Şekil 5).



Şekil 5: RUSLE erozyon modeli sonuçları

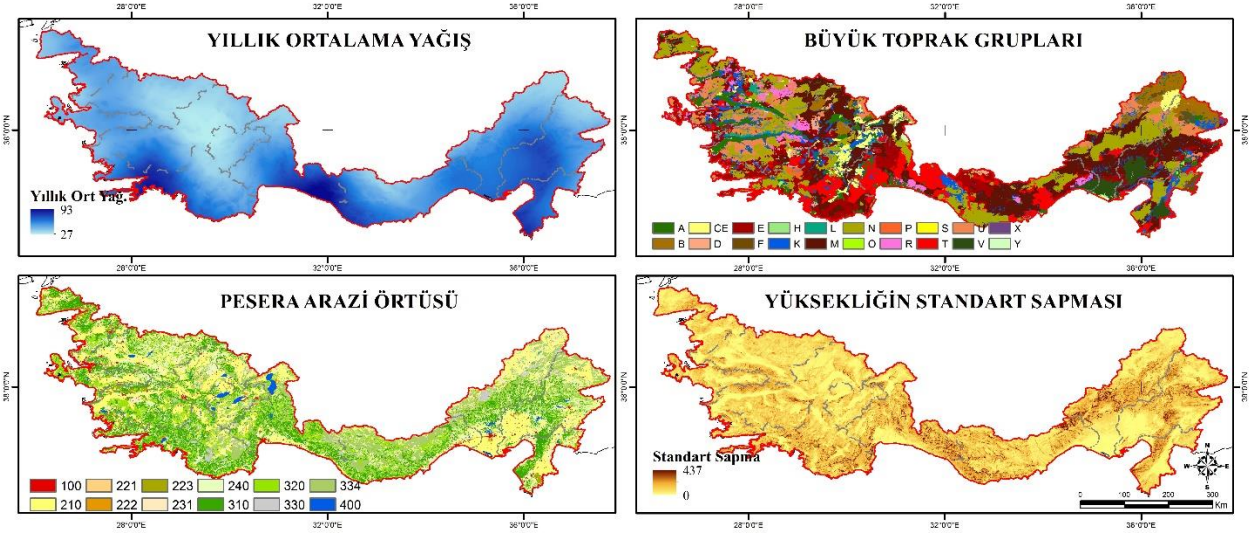
Çalışmanı alanındaki RUSLE Erozyon modeli sonuçlarına baktığımızda ortalama erozyon miktarı en yüksek Antalya Havzası olduğu en düşük ise Kuzey Ege havzası olduğu görülmektedir. Toplam erozyon en yüksek Batı Akdeniz Havzası, Antalya Havzası ve Doğu Akdeniz Havzası'nda olduğu tahmin edilmiş ve bu havzalar çalışma alanındaki toplam erozyonun %59,7'sini oluşturmaktadır (Çizelge 4).

Çizelge 4. RUSLE Erozyon Modelinin Havzalardaki İstatistikleri

HAVZALAR	Min. (ton/ha/yıl)	Mak. (ton/ha/yıl)	Ort. (ton/ha/yıl)	Standart Sapma	Toplam (ton/yıl)	Toplam Yüzde
Gediz H.	0	478	3,63	9,28	1269672,45	2,1
Küçük Menderes H.	0	1215	4,20	14,67	587221,72	1,0
Büyük Menderes H.	0	547	5,74	13,97	3018118,72	5,1
Doğu Akdeniz H.	0	2068	25,09	59,52	11113215,07	18,7
Kuzey Ege H.	0	396	2,37	7,79	479822,85	0,8
Antalya H.	0	1884	31,03	93,22	12112347,25	20,4
Ceyhan H.	0	593	14,73	35,08	6358220,77	10,7
Asi H.	0	2933	12,40	59,52	1900979,42	3,2
Seyhan H.	0	808	21,24	49,68	9288111,42	15,6
Burdur Göller H.	0	517	8,31	19,34	1082416,62	1,8
Batı Akdeniz H.	0	3569	29,53	95,08	12220302,47	20,6
TOPLAM	0	3569	16,43	63,31	59430428,75	100

2.4 PESERA Erozyon Modeli Sonuçları

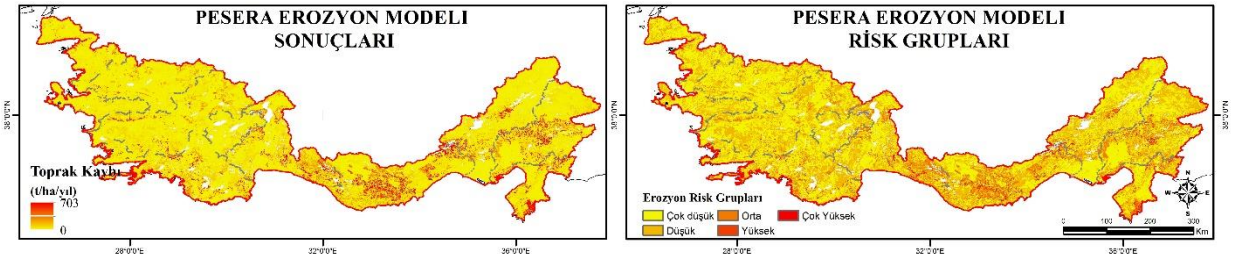
PESERA modelini uygulamak için; 128 adet model girdi verileri gerekmektedir. Bunlardan en önemlileri toprak ve iklim verileridir. Bu haritalardan 96 adet aylık iklim ve 25 adet arazi örtüsü verisi, 6 adet toprak özellikleri ve 1 adet topografya ile ilgili katmanlardır. Bu 4 temel verilerin içerisinden bir tanesi örnek olarak şekil 6'de verilmektedir.



Şekil 6: PESERA erozyon modeli genel girdi faktörleri

Çalışmada yıllık erozyon miktarı 0 ile 703 ton/ha/yıl arasında hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre ortalama erozyon miktarı 5,42 ton/ha/yıl, standart sapma 16,47 olarak tespit edilmiştir. Toplam erozyon miktarı ise 14976795,69 ton/yıl

olduğu hesaplanmıştır. Erozyon şiddet sınıflarına göre PESERA erozyon modelinin sonuçlarına bakacak olursak; Akdeniz ve Ege Havzalarının %54,8'inde çok düşük, %33,9'unda düşük, %9,0'unda orta, %1,7'sinde şiddetli ve %0,6'sında çok yüksek erozyon riskine sahip olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7: PESERA erozyon modeli sonuçları

Çalışmanı alanındaki PESERA Erozyon modeli sonuçlarına baktığımızda ortalama erozyon miktarı en yüksek Doğu Akdeniz Havzası olduğu en düşük ise Kuzey Menderes havzası olduğu görülmektedir. Toplam erozyon en yüksek Doğu Akdeniz Havzası, Antalya Havzası ve Ceyhan Havzası'nda olduğu tahmin edilmiş ve bu havzalar çalışma alanındaki toplam erozyonun %56,3'ünü oluşturmaktadır (Çizelge 5).

Çizelge 5. PESERA Erozyon Modelinin Havzalardaki İstatistikleri

HAVZALAR	Min. (ton/ha/yıl)	Mak. (ton/ha/yıl)	Ort. (ton/ha/yıl)	Standart Sapma	Toplam (ton/ha)	Toplam Yüzde
Gediz H.	0	133	2,08	5,21	561774,73	3,8
Küçük Menderes H.	0	148	1,72	4,58	186171,28	1,2
Büyük Menderes H.	0	266	3,05	8,05	1245793,18	8,3
Doğu Akdeniz H.	0	448	11,09	24,22	3852368,91	25,7
Kuzey Ege H.	0	133	2,39	6,44	369445,33	2,5
Antalya H.	0	703	7,95	23,70	2285323,73	15,3
Ceyhan H.	0	550	6,88	18,86	2292979,85	15,3
Asi H.	0	316	8,84	22,92	1074153,70	7,2
Seyhan H.	0	314	3,93	12,34	1275862,30	8,5
Burdur Göller H.	0	86	1,86	3,25	173852,52	1,2
Batı Akdeniz H.	0	540	5,28	16,38	1659070,17	11,1
TOPLAM	0	703	5,42	16,47	14976795,69	100

Çalışma kapsamında erozyon modelleme için PESERA yöntemi, Avrupa ülkelerinde uygulanan ve geliştirilen bölgesel ölçekli bir model olduğundan bu çalışmada kullanılmıştır. En önemli avantajları büyük alanlar için uygulanabilir olmasıdır. Modelde çok sayıda veri olması ve dosya büyüklüğünün yüksek olması modelin dezavantajından sayılabilir. Bu çalışmada kullanılan 128 adet ve 250 m yersel çözünürlüğe sahip girdi verilerinin oluşturulması sonucunda dosya büyüklüğü yüksek olmaktadır. Bu verilerin oluşturulmasında ve uygulanmasında uzaktan algılama verilerinden faydalanılmıştır ve CBS ortamında çok daha kolay ve etkin sonuçlar sağlandığı görülmüştür. RUSLE modelinin avantajı ise kısa zamanda ve az veri ile kolaylıkla üretilebilmesidir. Fakat bu yöntem ile yüksek erozyon miktarı olan alanlar incelendiğinde bu alanların çıplak kayalık olduğu görülmektedir. PESERA modelinde toprak derinliği, detaylı arazi örtüsü gibi verilerin bulunması böyle alanlardaki erozyon miktarını hesaplamamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK-BMBF (Almanya) Intensified Cooperation (IntenC) programı kapsamında desteklenmiştir (proje no: 110Y338).

KAYNAKLAR

Arnoldus, H.M.J., 1980. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. In: De Boodt and Gabriels: Assessment of erosion. *FAO Land and Water Deveopment Division, Wiley & Sons*, England: 127-132.

Arnoldus, H.M.J.,1977. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco, *FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Soils Bulletin*, 34, 39-44.

Çilek, A., 2013. Konumsal Bilgi Sistemleri Yardımıyla Türkiye'nin Erozyon Modellemesi, *Yüksek Lisans tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana

Çilek, A., Berberoğlu, S. 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Seyhan Havzasında Pesera ve Rusle Erozyon Modellerinin Kıyaslanması. *TMMOB 2013 Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2013*, Ankara (8 syf. CD-ROM)

Erdoğan M.A., 2012. Büyük Menderes Havzası İçin Risk Analizi Yöntemi Geliştirilmesi, *Doktora tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi

Irvine B., Kosmas, C., 2007. *Deliverable 15: PESERA Users Manual.* Geography Department Leeds University. 133 s.

Kadupitiya, H.K. 2002. Empirical Evaluation and Comparative Study of Use of Erosion Modelling in Small Catchments in Naivasha, Kenya. *Msc Thesis*, ITC, Enschede.

Kirkby, M.J., 1999. *Regional desertification indicators (RDIs). In: The Medalus Project, Mediterranean desertification and land-use manual on key Indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification*, (C Kosmas M Kirkby ve N Geeson) European Commission EUR 18882 Luxembourg pp 48–65.

Kirkby, M.J., Le Bissonais, Y., Coulthard, Tj. Daroussin, J., Mcmahon, Md,. 2000. The development of Land Quality Indicators for Soil Degradation by Water Erosion. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 81, 125–136.

LAL, R., 1990. *Soil erosion in the tropics : principles and management.* McGraw-Hill, New York etc., s. 580.

Lal, R., 1994. Soil erosion research methods. St. Lucie Press. *Soil and Water Conservation Society*, Delray Beach. Ankeny, 340 s.

Lo A., El-Swaify S.A., Dangler E.W., Shinshiro L., 1985. *Effectiveness of EI30 as an erosivity index in Hawaii.* (El-Swaify S.A., Moldenhauer W.C. & Lo A.) Soil erosion and conservation. Soil Conservation Society of America, Ankeny: 384-392.

Petter, P., 1992. GIS and Remote Sensing for Soil Erosion Studies in Semi-arid Environments. *PhD Thesis*, University of Lund, Lund. 112 s.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Porter, J.P., 1991. RUSLE: revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation* 46, 30–33.

Renard K.G., Freimund, J.R., 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised *USLE*. *Journ. Of Hydr*., 157: 287-306.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C. 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), *Agriculture Handbook*, USDA, Washington.

Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, Y., Balta, İ., 2008. Türkiye İklimi. *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü*, P.O.Box: 401, Ankara, Türkiye 17 s.

Souksakoun, K. 2008. Soil loss assessment at regional scale for different land use/cover types; Case study in Lomsak district, Phetchabun, Thailand. *Yüksek lisans tezi*. Science in Geo-information Science and Earth Observation, 82 s.

Tağıl, Ş., 2007. Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS-Tabanlı RUSLE Modeli kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi. *Ekoloji* 60, 11-20.

Üstüntaş, T., 2000. Uydu Görüntülerinin Bulanık Sistem Yöntemleri ile İşlenerek Erozyon Miktarının Belirlenmesi, *İTÜ Araştırma Fonu Projesi Teknik Raporu*, Proje no:1186, İstanbul.

Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., Montanarella, L., 2000. Soil erosion risk assessment in Europe, EUR 19044 EN, *Office for Official Publications of the European Communities*, Luxembourg.

Van Leeuwen, W.J.D., Sammons, G., 2004. Vegetation dynamics and soil erosion modeling using remotely sensed data (MODIS) and GIS, Tenth Biennial *USDA Forest Service Remote Sensing Applications Conference*, 5–9 Nisan 2004, UT. US Department of Agriculture Forest Service Remote Sensing Applications Center, Salt Lake City.

Wachal, D.J., Banks, K.E., 2007. Integration GIS and Erosion Modeling: A Tool for Watershed Management, *ESRI 2007 International User Conference*, Paper no: UC1038.

Wishmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning, *USDA Agricultural Handbook*, ABD Tarım Bakanlığı, Washington, DC, ABD.

Yu B., Rosewell C.J., 1996. A robust estimator of the R-factor for the universal soil loss equation, *Transactions of the ASAE*, 39 (2): 559-561.