

BAŞBAKANLIK
KÖY HİZMETLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
Yayınları

Genel Seri No :

Rapor Seri No :

TÜRKİYE TOPRAK EROZYON TAHMİN MODELİ
TURTEM

ŞENAY ÖZDEN

Ziraat Yüksek Mühendisi

Dr. D. MURAT ÖZDEN

Ziraat Yüksek Mühendisi

ANKARA - 1997

İÇİNDEKİLER

Sayfa

Abstract

Özet

1. Giriş.....	1
2. Kaynak Araştırması.....	2
3. Materyal	5
4. Metot.....	5
4.1 Yağışın Erozyon Yaratma Faktörü (R).....	5
4.2 Toprağın Aşınımına Duyarlılık Faktörü (K).....	6
4.3 Eğim Uzunluğu (L) Ve Eğim Derecesi (S) Faktörleri.....	8
4.4 Bitki Ve Örtü Yönetim Faktörü (C).....	9
4.5 Toprak Koruma Önlemleri Faktörleri (P).....	14
5. Bulgular Ve Tartışması.....	16
5.1 Modelin Tanıtımı.....	16
5.2 Model Sonuçlarının Koruma Planlaması Amacıyla Kullanım.....	23
5.3 Alternatif Erozyon Kontrol Ve Yönetim Pratikleri.....	24
5.3.1 Korumaya Yönelik Toprak İşleme	24
5.3.2 Korumaya Yönelik Bitki Yetiştirme Tekniği.....	26
5.3.3. Korumaya Yönelik Yüzey Drenajı.....	28
5.4 Programın Geçerliliği.....	29
5.5 Hesaplamalara İlişkin Örnekler.....	31
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	34
7. KAYNAKLAR.....	36

A PROGRAM TO ASSIST IN THE SELECTION OF MANAGEMENT PRACTICES TO REDUCE EROSION

Şenay ÖZDEN*
Ziraat Yüksek Mühendisi

Dr. D. Murat ÖZDEN**
Ziraat Yüksek Mühendisi

The computer program TURTEM (TURKEY SOIL EROSION ESTIMATION MODEL) which has been developed to allow the prediction of soil erosion by rainfall. TURTEM uses the procedures of the Universal Soil Loss Equation (USLE) to predict average annual soil losses due to sheet and rill erosion. TURTEM makes recommendations on ways to reduce soil loss by way of changes to land and cover management practices. This program uses method for calculating the effect of slope steepness and slope length from revised USLE (RUSLE) and subfactors for prior land use, crop canopy cover, crop residue cover and surface roughness to estimate the crop management factor for annual crop.

TURTEM performs all necessary calculations except R factor and only requires information relating to the location, soil type, topography, land use and crop management at a site. TURTEM compares the predicted soil loss with target levels and attempts to make recommendations on appropriate changes to land management or crop management. The program is run under Windows and was programmed with Visual Basic language.

Key Words: Soil Erosion, Soil Loss, Computer Modelling

***General Directorate of Rural Services, Soil and Fertilizer Research Institute, Head of Catchment Management Division**

**** General Directorate of Rural Services, Soil and Water Resources Section Director**

ÖZET

Bilgisayar Programı TURTEM (Türkiye Toprak Erozyon Tahmin Modeli), yağmur tarafından oluşturulan toprak erozyonunu belirlemeye olanak sağlamak için geliştirilmiştir. Yüzey ve oluk erozyonundan dolayı ortalama yıllık toprak kayıplarını belirlemek için üniversal toprak kayıp denkleminin prosedürünü kullanmakta ve toprak kaybını azaltmak amacıyla yönetim tedbirlerini önermektedir.

Program RUSLE de yer alan LS (topoğrafik faktör) esaslarını kullanmakta ve bitki yönetim faktörü © içerisinde bulunan arazi kullanım, bitkinin kapladığı alan, yüzey örtüsü, yüzey pürüzlülük alt faktörlerini içermektedir. Model R faktörü dışındaki gerekli tüm faktör hesaplamalarını bir arazinin topoğrafya, toprak tipi, arazi kullanım ve bitki yönetim bilgileri ışığında yapabilmektedir. TURTEM, toprak kayıp tolerans sınırları ile belirlenen yıllık toprak kaybını karşılaştırarak arazi ve bitki yönetim tedbirlerini önermektedir. Windows altında çalışan program Visual Basic dilinde yazılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Toprak Erozyonu, Toprak Kaybı, Bilgisayar Modeli

1. GİRİŞ

Topraklarımızın verimliliğinin düşük, üretkenliklerinin zayıf olması ve toprakların kaybedilmesi nedeniyle tarımsal üretim istenilen düzeyde değildir. Üretken tarım topraklarının çok iyi korunması, toprağın dengesini bozan etmenlerin denetim altına alınması gerekmektedir. Canlı bir varlık olan toprağın oluşumu ve olgunlaşmasına öldürücü etki yapan erozyon toprağın dolayısı ile doğanın dengesini bozmaktadır. Hızlandırılmış erozyon ülkemizde olduğu gibi dünyadada büyük bir sorun teşkil etmektedir. Lal (1993) tarafından belirtildiğine göre dünyada **1.094.000.000 ha** alan su erozyonu ve **548.000.000 ha** alan ise rüzgar erozyonu tehdidi altında bulunmaktadır.

Ülkemizde topoğrafik yapı ve iklim koşullarının özendirir oluşu nedeni ile erozyon önemli bir sorundur. Erozyona etki eden bu iki etmen yanında toprak örtüsü, toprak yönetimi ve insan faktörleri, iklimin erozyon yaratma gücünü ve toprağın erozyona uğrama eğilimini artırmaktadır. Bu nedenle topraklarımızın 3/4 'ünden fazlası aşınım tehlikesi ile karşı karşıyadır ve bu aşınımdan değişik düzeylerde zarar görmektedir (Sönmez,1991).

Günümüzde toprak işlemeli tarım arazileri için en uygun olan toprak, bitki ve arazi yönetimlerinin seçiminde USLE - Üniversal Toprak Kayıp Denkleminde yararlanılmaktadır. Üniversal denklem parametrelerinin arazi denemeleri ile tesbiti hem zaman alıcı hemde pahalıdır.

Günümüzde bir çok bilim dalında bilgisayar çağının gereği olarak model çalışmaları deneysel metotların yerine tercih edilmektedir. Bütün dünyayı tehdit eden erozyon problemine ilişkin isatistiksel sonuçlar cevaplanması gereken sorularıda beraberinde getirmektedir. Bu sorulardan en önemlileri veri kaynakları veri toplama metotları ve extrapolation (bilinen veriler ile gelecektekini tahmin), verilerin doğruluğu, güvenilirliği şeklinde sıralanabilir. Güvenilmeyen veriler üzerine yapılan arazi kullanım planları geri dönüşümü olmayabilecek büyük yanlışlara ve kayıplara neden olabilir. Bu yüzden acil olarak toprak erozyonuna ait verilerin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak için satandard haline getirilmiş metodolojilere ihtiyaç vardır (Lal, 1993). Bütün bu ifadeler göz önünde bulundurularak erozyon çalışmalarında daha fazla doğru ve güvenilir veri elde etmek için toprak muhafaza konularında da özellikle 1980 yılından sonra simülasyon çalışmalarına ağırlık verilmeye başlanmıştır. Bu çalışmaların temelinde yine USLE, MUSLE, RUSLE yöntemleri esas alınmıştır. Bu modeller geliştirildikleri ülkelerin iklim, toprak, topoğrafya koşulları dikkate alınarak yazılmaktadır. EPIC, PI, CREAMS, SOILOSS, PERFECT, WEPP, RUSLE, SWRRB, AGNPS, ANSWERS, EUROSEM bu modellerden bazılarıdır.

Modeller geliştirildikleri ülkelerde yapılan koruma planlamasında önemli bir role sahip olup, arazi kullanımları ve formları, farklı topraklar ve farklı coğrafik bölgeler arasında nisbi toprak kaybını belirlemede kullanılmaktadır (Rosewell, 1993).

Günümüzde tarım, toprakların üretkenliğini sürdürmesi açısından gerekli önlemleri de almayı kapsamalıdır. Toprak muhafazalı tarımın eksiksiz uygulanması, asırlardır ihmal edilen toprakların aşınımını büyük ölçüde azaltacaktır. Bunun için de alınacak önlemlerin tarla ve havza bazında belirlenmesi gerekir. Toprak muhafaza açısından arazi planlamalarının rasyonel biçimde yapılabilmesi için birim alandan oluşacak toprak kayıplarının bilinmesini gerektirir (Doğan ve Küçükçakar,1994).

Bu çalışma, deneysel metotların pahalı ve zaman alıcı olmasından dolayı erozyonu azaltmak için alınması gerekli yönetim metotlarının seçimini sağlayacak ülkemiz koşullarına uygun model programın yazılması için yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Son yıllarda erozyonun matematiksel modellenmesi güncel ve önemli bir araştırma konusu olmuştur. Bilgisayarların artan kapasitesi ile çoğu araştırmacılar sediment verimi ve erozyon içinde yer alan kompleks sistemleri çalışmaya başlamışlardır. Bir çok araştırmacı genel ve özel havza ve arazi koşulları için erozyon modelleri geliştirmişlerdir (Foster ve ark., 1985).

Wischmeier ve Smith (1978) tarafından geliştirilen üniversal toprak kayıp denklemi, erozyonla kaybolan toprak miktarının tahmin edilebilmesi amacıyla en çok kullanılan matematiksel modellerden biridir. Denklem aşağıda verilmiştir.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Burada;

A: Toprak kaybı miktarı, (ton/ha/yıl)

R: Yıllık ortalama yağış erozyon indisi,

K: Toprağın erozyona duyarlılık faktörü; 22.1 metre uzunlukta ve % 9 eğimli devamlı nadas yapılan bir araziden birim erozyon indeksine karşılık erozyon oranıdır.

L: Eğim uzunluğu faktörü; herhangi uzunluktaki bir araziden oluşan toprak kaybının, aynı toprak tipi ve eğimde 22.1 m uzunluktaki araziden oluşan toprak kaybına oranıdır.

S: Eğim derecesi faktörü; herhangi bir eğim dikliğine sahip bir araziden oluşan toprak kaybının, % 9 eğim dikliği ve aynı toprak tipi ile eğim uzunluğuna sahip bir araziden oluşan toprak kaybına oranıdır.

C: Bitki yönetim faktörü; belirli bir ürün yetiştirme ve amenajmana sahip bir araziden oluşan toprak kaybının K faktörünün değerlendirildiği nadas koşullarındaki araziden oluşan toprak kaybına oranıdır.

P: Toprak koruma önlemleri faktörü; düzeç eğrilere paralel tarım, şeritvari ekim veya teraslama yapılan bir araziden oluşan toprak kaybının, eğim aşağı sürüm yapılan arazideki toprak kaybına oranıdır.

Denklemin Williams (1984) tarafından modifiye edilmesi ile MUSLE oluşturulmuş olup bu model ile tek bir sağanlık yağıştan meydana gelebilecek toprak kaybı hesaplanmaya çalışılmıştır. Denklem aşağıda verildiği şekildedir.

$$Y=11.8 (Qxqp)^{0.56} KLSCP$$

Burada:

Y= Bir bireysel yağışın sediment verimi (metrik ton)

Q= Azami yüzey akış pikini veren yüzey akış hacmi

qp= Azami yüzey akış debisi (m³/s)

K =Toprak erodibilite faktörü

LS = Eğim uzunluğu ve Eğim Derecesi faktörü

C= Ürün amenajmanı faktörü

P = Toprak koruma faktörü

Denklemin yeniden gözden geçirilmesi ile oluşturulan RUSLE ise özel ürün yetiştirme ve yönetim koşulları altında arazi eğimi boyunca yüzey akış tarafından taşınan ortalama yıllık toprak kaybını hesaplamak amacı ile geliştirilmiştir (Kenneth ve ark.,1993).

RUSLE de yer alan L ve S faktörleri için uniform parsel çalışmalarına ait veriler (doğal ve yapay yağmurlama koşullarında) gözden geçirilerek eğim uzunluğu ve eğim derecesi için yeni ve USLE den farklı ilişkiler ortaya koymuştur. Dik eğimlerde hesaplanan toprak kaybının USLE ye göre neredeyse yarı yarıya olduğu belirtilmektedir. RUSLE de ayrıca kompleks eğimler için uygulamacıların daha kolay karar vermesini sağlayacak üç ayrı eğim uzunluğu ilişkisi ortaya konmuştur. Eğim uzunluğu ölçümlerinde % 10 luk bir hata hesaplamalarda % 5 lik bir hataya yol açmaktadır. Eğimdeki % 10 luk bir hata toprak kaybı hesaplarında % 20 lik bir hataya yol açmaktadır (Kenneth ve ark.,1993).

RUSLE'de aşınımaya duyarlılık parametresinin mevsimlere göre değiştii ifade edilmiş ve C faktörünü hesaplamak için birçok alt faktör kullanılmıştır. Bu alt faktörler; önceki arazi kullanımı üzerine, yönetim tedbirleri ve önceki ürünün etkisi, ürün kanopisi tarafından toprak yüzeyine sağlanan koruma, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey örtüsü dolayısı ile erozyondaki azalma ve bazı durumlarda düşük yağmur yoğunluğu nedeniyle yüzey akış azalması üzerine düşük toprak neminin etkisidir.

Bu parametrelerin nasıl değiştiiğinin tam bir ölçümünü sağlamak için rotasyon ya da bir yıldan fazla olmak üzere yeteri kadar sıklıkla hesaplanan değerler, genellikle işleme tipi üzerine, bir işlemde sonra geçen zamana, bitkinin kapladığı alan ve gelişimine ve hasat

tarihi üzerine dayandırılarak verilmiştir. USLE yaklaşımının rehberliğinde yapılan RUSLE hesaplamaları 15 günlük periyodlar üzerine dayandırılmaktadır.

EPIC kapsamlı bir model olup yapay erozyon, bitki gelişimi, besin döngüsü ve ilgili olayları modelleyerek toprak erozyonu ve verimlilik sorunlarını belirlemek için geliştirilmiştir. Farklı uygulama yöntemleri için toprak erozyonu ve toprak strüktüründeki değişimlere göre toprak verimliliğindeki değişimlerin ekonomik etkileri günümüz değerleri kullanılarak EPIC modelinden sağlanabilmektedir. Bu model ile çeşitli ekim nöbeti uygulamaları için toprak erozyonundan kaynaklanan tarım dışı zararlanmalar hesaplanabilmektedir (Haktanır, 1995). Modelde iklim, ürün, işleme ve toprak parametrelerine ait çok fazla sayıda alt parametrelerinin bulunması programın kullanılmasını sınırlamaktadır (Williams ,1984).

PERFECT (muhafaza tekniklerini değerlendirmek için verimlilik, erozyon ve yüzey akış fonksiyonları, bitki- toprak-su-yönetim sistemlerini simule eden bir model olup yüzey akış, erozyon, drenaj, toprak suyu, ürün büyümesi ve verimi belirlemek için çevre ve yönetimin ana etkilerini simule etmek amacı ile geliştirilmiştir ve su dengesi (yüzey akış, evaporasyon, transpirasyon, toprakta tutulan su ve derin drenaj), ürün büyümesi, azot etkileri (mineralizasyon, denitrifikasyon, drenaj ve sediment kayıpları) ve ürün kalıntı dengesi gibi olayları simule eden bu model günlük iklim verilerini kullanmaktadır (Littleboy ve ark. ,1989).

EUROSEM, küçük havzalardan ve tarlalardan oluşan erozyonu belirlemek için tek olay prosesine sahip bir modeldir. Aynı zamanda erozyon riskini ve toprak koruma önlemlerinin etkilerini tahmin etmektedir. Diğer modellerden farklı olarak taşıma kapasitesi aşılmadığı zaman bile ayrılan materyalin birikimini simule etmektedir (Morgan ve ark., 1993).

WEPP erozyon belirleme çalışmalarında RUSLE den sonra ele alınan erozyon modelleri içerisinde ve hala geliştirilmekte olan, en yeni yaklaşımları içeren bir program niteliğindedir. Bu model gelişmiş erozyon belirleme teknolojisini modern hidroloji ve erozyon bilimi üzerine dayandırmaktadır. Daha yüksek eğim derecelerinde ve küçük havzalara uygulanabilen bir modeldir. Bu modeli kullanmak zor olmakla birlikte ürün yönetimi ve iklim üzerine çok fazla sayıda veri ihtiyacı duyulmaktadır (Foster ve Lane, 1987).

Üniversal toprak kaybı denklemine ilişkin parametre tesbit çalışmaları ülkemizde de değişik araştırmacılar tarafından farklı bölgelerde büyük toprak grupları üzerinde uzun yıllardan beri devam etmektedir. Bu konuda Doğan (1982, 1987), Türkiye'nin yağış potansiyellerini incelemiş ve yapay yağış koşullarında USLE parametrelerini Ankara yöresinde tesbit etmiştir.

Doğal yağış koşullarında ise Güçer (1979), Ankara, Ayday (1984), Eskişehir, Köse ve Akar (1986), Tokat, Mete (1988), Tarsus, Önmez (1981), Beyşehir ve İstanbuluoğlu (1989), Erzurum yörelerinde parametre tesbit çalışmaları yapmışlardır. Bu çalışmaların bir bölümü halen devam etmektedir. Parametrelerden K faktörü deneysel olarak belirlenebildiği

gibi laboratuvar analizleri sonucu da belirlenebilmektedir. Bu amaçla Özden (1992), yaptığı bir araştırmada Doğu Anadolu Bölgesinde hakim büyük toprak gruplarının aşınımaya duyarlılığını çeşitli ölçütler yardımıyla belirleyerek toprakları önemli ölçüde aşınabilir olduğunu saptamıştır.

3. MATERYAL

Ülkemiz koşulları dikkate alınarak mevcut deneysel veriler ışığında bir araziden meydana gelebilecek toprak kaybının hesaplanması ve oluşabilecek toprak kaybını azaltmak amacıyla yönetim tedbirlerini de sunabilen bilgisayar programı TURTEM -Türkiye Toprak Erozyon Modeli, diğer modellerde olduğu gibi USLE prosedürünü kullanmaktadır. Denklemde yer alan parametrelerden LS, RUSLE yönteminde belirtildiği şekli ile (McCool ve ark., 1989), P faktörü Foster ve Highfill (1983) tarafından açıklandığı biçimiyle ve C faktörü, Laflen ve ark. (1985) tarafından belirtilen esaslara göre hesaplanmıştır.

4. METOT

Üniversal toprak kaybı denklemi erozyonla kaybolan toprak miktarının tahmin edilebilmesi amacıyla en çok kullanılan matematiksel modellerden biridir ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Eşitlikte yer alan faktörlerin açıklaması aşağıda verilmiştir.

4.1 Yağışın Erozyon Yaratma Faktörü (R)

Erozyonu etkileyen iki önemli faktörden biri olan erosivite, yani yağmurun erozyon yaratma gücü, toprağın taşınma ve ayrılmasına sebep olan erozyon ajanları kabiliyetinin de bir ifadesidir.

Yağışların toplam kinetik enerjileri (E) ile 30 dakikalık maksimum yağış yoğunluklarından hesaplanmaktadır. R değerleri model için belirlenecek havzaya ait yağış yoğunluğu (cm/h) ve yağış süresi (dak) biliniyorsa;

$$R = E \cdot I_{30/100}$$

şeklinde ifade edilen eşitlik yardımıyla hesaplanır.

Modelde yer alan bu faktör Doğan ve ark., (1987) tarafından hazırlanan Türkiye' nin erozif yağış potansiyelleri isimli yayından 67 istasyona ait R faktör değerleri konu ile ilgili veri tabanı bölümüne konulmuştur.

4.2 Toprağın Aşınımaya Duyarlılık Faktörü (K)

Toprağın aşınımaya duyarlılık faktörü (K), bir toprak karakteristiği olarak, toprağın erozyon ajanları tarafından ayrılma ve taşınmasına olan hassasiyetinin bir ölçüsüdür. Bu faktör mevsimlere ve toprağın çeşidine göre değişmektedir.

USLE de yer alan aşınım faktörünün saptanması, birim alandan oluşan toprak kaybı ve erozyon oluşturan yağışların EI değerlerine regresyon analizi uygulanması yoluyla bulunur. Elde edilen doğrunun eğimi K faktörü olarak kullanılabilir (Güçer, 1979).

K faktörünün saptanmasında, özellikle deneme sonuçlarından yararlanmak mümkündür. Topraksu ve Köy Hizmetleri araştırma enstitülerince bu denemeler uzun yıllardır büyük toprak grupları bazında devam etmektedir. Çizelge 4.1 de bu değerler sunulmuş olup, bünye sınıflarına göre K değerleri de Çizelge 4.2 de verilmiştir.

K değeri, deneysel olarak belirlenemediği yerlerde Wischmeier ve Smith (1978) tarafından verilen ve toprağın organik madde, tekstür, strüktür ve geçirgenlik değerlerine göre belirlenen eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$100 * K = ((2.1 * 10^{-4}) (M^{1.14}) (12 - a) + (3.25 * (b - 2) + 2.5 * (c - 3)) * d$$

Eşitlikte;

K= Toprak aşınım faktörü,

M= Zerre irilik parametresi,

a= Organik madde içeriği, %

b= Strüktür tipi kodu

c= Su geçirgenliği kodu,

d= Metrik sisteme dönüştürme katsayısı (d = 1.292 'dir)

Eşitlikte yer alan M parametresi aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmektedir.

$$M = (\text{Çok ince kum} + \text{Silt}) (100 - \text{Kil})$$

Wischmeier ve ark. (1978) tarafından beş basit toprak parametresinden yararlanarak K değerinin bulunmasına yarayan bir nomograf geliştirilmiştir. Bu toprak parametreleri;

a) silt+çok ince kum (%)

b) kum (%)

c) organik madde (%)

d) strüktür ve

e) geçirgenliktir.

K faktörünün değerlendirilmesinde "yüzde silt+ çok ince kum " için 0.002-0.10 mm ve "yüzde kum" için 0.10-2.0 mm büyüklük sınırları kullanılmaktadır (Wischmeier ve ark., 1978)

Silt+çok ince kum, kum, organik madde ve strüktür değerleri toprağın üst 15-20 cm'lik kısmı ve geçirgenlik değeri ise bütün profil için ölçülmelidir.

Strüktür kodları:

1. Çok ince granüler (<1 mm)
2. İnce granüler (1-2 mm)
3. Orta granüler (2-5 mm), kaba granüler (5-10mm)
4. Levhalı, prizmatik, kolon, blok ve çok kaba granüler.

Geçirgenlik sınıfları:

Sınıfı	Geçirgenlik (cm/h)
1. Hızlı-çok hızlı	> 12.5
2. Orta hızlı	6.5-12.5
3. Orta	2.0-6.5
4. Orta yavaş	0.5-2.0
5. Yavaş	0.125-0.5
6. Çok yavaş	< 0.125

Çizelge 4.1 Büyük toprak gruplarına göre Uniform Parsellerden elde edilen K değerleri

Büyük Toprak Grupları	Aşınım Değerleri
Kestane renkli Topraklar	0.22
Kireçsiz Kahverengi Topraklar	0.17
Vertisoller	0.15
Kahverengi Topraklar	0.13
RendzinalarTopraklar	0.12
Kolluviyaller Topraklar	0.18
Sarı- Kırmızı Topraklar	0.05
Kırmızı-Kestanerengli Topraklar	0.14
Kırmızı-Kahverengi Akdeniz Topraklar	0.18
Kırmızı kahverengi Topraklar	0.04
Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar	0.29

Çizelge 4.2 Bünye Sınıflarına göre K değerleri (Rosewell, 1993)

Bünye sınıfları	Aşınım Değerleri
Kum	0.15
Killi kum	0.25
Tınlı kum	0.20
Kumlu tın	0.30
İnce kumlu tın	0.35
Kumlu killi tın	0.25
Tın	0.40
Tınlı ince kumlu	0.50
Siltli tın	0.55
Killi tın	0.30
Siltli killi tın	0.40
İnce kumlu killi tın	0.25
Kumlu kil	0.17
Siltli kil	0.25
Hafif kil	0.25
Hafif orta kil	0.18
Orta kil	0.15
Ağır kil	0.12

4.3 Eğim Uzunluğu (L) ve Eğim Derecesi (S) Faktörleri

Topoğrafik faktör (LS), 22.13 m uzunluğunda ve % 9 eğimi olan bir arazideki toprak kaybı oranını temsil etmektedir. Bu özelliklere sahip bir arazideki LS değeri 1 'dir.

Eğim uzunluğu, yüzey akışın olduğu noktadan itibaren, eğimin azaldığı ve birikmenin başladığı veya yüzey akışın bir kanala (bu drenaj şebekesinin bir parçası olabilir) veya çevirme terası kanalı olarak inşa edilmiş bir kanala kadar olan mesafedir.

Eğim uzunluğu faktörü (L), 22.13 m uzunluğuna sahip bir arazideki toprak kaybı oranını belirtmektedir ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$L=(Xh/22.13)^m$$

Burada:

L: Eğim uzunluğu faktörü,

Xh: Arazi eğim uzunluğu (m),

m: Eğim uzunluğu değişkenlik çarpanı.

Eğim uzunluğu değişkenlik çarpanı, (m), akış tarafından oluşturulan erozyon oranını göstermektedir ve Foster (1977) 'te verilen, $m= b / (1 + b)$ eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Toprakların gerek yüzey akışla gerekse yağmur damlası etkisi ile oluşan erozyona maruz kaldığı varsayılarak b değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$b = (\sin a / 0.0896) / (3.0 * (\sin a^{0.8}) + 0.56)$$

Eğim derecesi faktörü (S), % 9 eğim derecesine sahip bir arazideki toprak kaybı oranını belirtmektedir ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır. Yapılan çeşitli araştırmalarda AH537 'de S için verilen eşitliğin toprak kaybını fazla tahmin ettiği saptanmıştır(Mc Cool ve ark., 1987: Mc Isac ,1987).

$$S = 10.8 \sin a + 0.03 \quad s < \% 9$$

$$S = 16.8 \sin a - 0.50 \quad s \geq \% 9$$

Eşitliklerde;

a = eğim açısı,

s = eğim derecesi, (%)

4.4 Bitki ve Örtü Yönetim Faktörü (C)

Belirli koşullar altında ürün alınan bir tarladan meydana gelen toprak kaybının aynı koşullarda nadasa bırakılmış bir tarladan meydana gelen toprak kaybına oranı olarak tanımlanan bu faktör arazinin önceki kullanımı, bitkinin kapladığı alan, yüzey örtüsü, yüzey pürüzlülüğü ve toprak yüzeyinin altında bulunan organik maddenin ortak etkilerine göre tahmin edilmektedir.

DeneySEL verilerin bulunmadığı durumlarda, C faktörü, Rosewell (1993) 'te belirtilen, Wischmeier (1975) ve Lafen ve ark. (1985) tarafından geliştirilmiş olan eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$C = AKF * BKF * YÖF * YPF$$

Eşitlikte;

AKF= Arazi kullanım alt faktörü,

BKF= Bitkinin kapladığı alan faktörü,

YÖF= Yüzey örtüsü alt faktörü,

YPF= Yüzey pürüzlülük alt faktörüdür.

Arazi kullanım alt faktörü, AKF, aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$AKF = CON * (IV + RA + LDAY) * \text{Exp}(-0.012 * RS)$$

Eşitlikte;

CON= Toprak sıkışma değişkeni,

IV= Toprak bozulması zaman fonksiyonu,

RA= Zaman fonksiyonu değişimine bağlı oran,

LDAY= Doğal örtünün toprak işleme veya yabancı ot ilaçları ile yok edildiği günden itibaren geçen zaman, gün

RS= Toprağın ilk 100 mm 'lik üst tabakasındaki canlı kökler ve gömülmüş artıkların kg/ha/mm cinsinden miktarıdır.

Araştırmalar yüzey toprağının yoğunluğu arttıkça toprağın ayrılmaya karşı direncinin de arttığını göstermektedir. Toprağın her işlenişinde yeni bir toprak sıkışma değişkeni (CON) ortaya çıkmaktadır. Toprağın uzun bir süre için işlenmediği durumlarda, örneğin çayır olarak bırakıldığında daha düşük bir toprak sıkışma değişkenine sahip olmaktadır. Düzenli olmayan aralıklarla toprağın işlenmesi durumunda, örneğin azaltılmış toprak işleme veya işlemez ekim gibi, CON değeri ortalama bir değere ulaşmaktadır. Modelde toprak sıkışma değişkeni, CON değeri, toprak işlemeden sonra 1, hasattan sonra 0.66 ve çok yıllık bitkilerde 0.56 olarak alınmaktadır. Ayrıca, ekimden sonra CON değerinin 1 'den 0.66 'ya düşüşü, yani ekim ile hasat arasındaki herhangi bir gün için CON değeri, ekim tarihinden sonraki gün sayısı, SGÜN ve büyüme dönemi uzunluğu, BDU, değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$CON = 0.47 + (0.53 * \text{Exp}(- SGÜN / BDU))$$

Toprak bozulması zaman fonksiyonu, IV ve zaman fonksiyonu değişim oranı, RA, zamanın toprağın ayrılmaya direnci üzerine olan etkisini belirtmektedir. Genel olarak doğal örtü veya çayırın etkenliği, toprak işleme veya herbisit uygulamasıyla bozulduğu andan itibaren iki yıl sürmektedir. Modelde, doğal örtü veya çayırın bozulmasından hemen sonra, IV=0.3 ve RA=0.00096 değerleri, bozulmadan iki yıl sonra veya münavebede çayır olmadığı durumlarda ise IV=1.0 ve RA=0 değerleri kullanılmaktadır.

Artık ve köklerin, toprağı kuvvetlendirmek ve yüzey akışı azaltmak suretiyle toprak kaybını azalttığı bilinmektedir. Eşitlikte kullanılan RS değeri, belirtilen derinlikteki artık ve köklerin toplam değerinin Rosewell (1993) 'te açıklandığı şekilde hesaplanması suretiyle bulunmaktadır.

Kök miktarı, belirtilen derinlikteki canlı kök miktarının, ekim tarihinde "0" değerinde olduğu ve hasat zamanında maksimum değerine ulaştığı kabul edilmektedir.

Artık miktarı, bitkilerin dane verimi ve artıkları arasındaki orandan, değişik toprak işleme ve ekim aletleri tarafından gömülen bitki kalıntı miktarından veya yüzeyde ve gömülmüş bitki artıklarının bozuşmasına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Hasattan sonraki kalıntı miktarı ürün verimine bağlı olarak her ürün için belirlenmiş hasat indeksi yardımıyla bulunmaktadır. Hasat indeksi dane verimi ile bitkinin toprak yüzeyi üzerinde kalan kısmı arasındaki orandır. Yüzey kalıntı miktarı, YKM, kg/ha olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$YKM = VER * (1 - HI) / HI$$

Eşitlikte;

VER= Ürün verimi, kg/ha

HI= Hasat indeksidir.

Toprak işleme ve ekim aletlerinin her kullanımında bir kısım bitki artığı toprağa gömülmektedir. Bu miktar, kullanılan tarım aletinin cinsine bağlı olarak belirlenen karıştırma etkinliği oranına bağlı olarak belirlenmektedir.

Kalıntı çürüme oranı, kalıntının karakteristiğine, toprak sıcaklığına ve yağış değerine bağlı olarak değişmektedir. Aylık ortalama sıcaklığa bağlı olarak yıl boyunca gerçek çürüme oranı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

Çizelge 4.3. Değişik literatürlerden ve Araştırma Enstitülerinden alınan C faktörünün hesaplanmasında kullanılan bazı veriler

Bitki adı	Verim kg/ha	Hasat İndeksi	Kök Miktarı kg/mm/ha	Bitki Yüksekliği, m	Sıra mm	Kal. Çür. Oranı	Yap. Alan İndeksi	Kalıntı katsayısı ha/kg
Buğday-yazlık	2000	0.42	7.90	0.90	178	0.008	5	0.0003
Buğday-kışık	3020	0.42	10.17	0.90	178			
Arpa	3300	0.4	2.72	0.80	178	0.021	5	0.00023
Ayçiçeği	2500	0.3	3.00	1.50	762	0.002	5	0.00023
Mercimek	670	0.47	4.07	0.64	200	0.25	5	0.0014
Nohut	2000	0.3	4.00	0.50	300	0.03	5	0.0003
Bakla	2900	0.4	6.45	0.60	450	0.03	5	0.00013
Pamuk	840	0.5	4.08	1.06	965	0.015	6	0.0012
Mısır	8160	0.5	12.33	1.20	762	0.016	3.5	0.00012
Tütün	1060	0.9	4.36	0.90	400	0.016	3.4	0.0019
Fiğ	3500	0.9	20.00	0.60	200	0.02	5	0.0019
Yonca-1.yıl	3700	0.9	28.02	0.50	152	0.02	5	0.0019
Yonca	4325	0.9	39.22	0.50	152	0.02	6	0.0017
Sorgum	5100	0.5	6.10	1.12	762	0.016	5	0.00019
Soya	1960	0.31	4.08	1.01	762	0.025	5	0.00034

$$RM = RM - (RM * ORAN * SF * GÜNS)$$

Eşitlikte;

RM= Yüzeydeki veya gömülmüş artıkların miktarı,

ORAN= Bitkinin çürüme oranı,

SF= Sıcaklık faktörü,

GÜNS= Dönemdeki gün sayısıdır.

Çizelge 4.4. Kalıntı çürüme oranı için sıcaklık faktörleri (Rosewell, 1993)

AYLAR	FAKTÖR
Ocak	1
Şubat	1
Mart	1
Nisan	0.7
Mayıs	0.7
Haziran	0.3
Temmuz	0.3
Ağustos	0.3
Eylül	0.7
Ekim	0.7
Kasım	1
Aralık	1

Modelde, bitkinin büyüme dönemi boyunca, erozyonun bitkinin yüzey üzerinde kapladığı alana bağlı olarak önlendiği varsayımıyla, yüzey ve gömülmüş artık miktarı hasat tarihinde sıfır olacak şekilde doğrusal olarak azalmaktadır. Ayrıca, özellikle kurak yıllarda bir kısım bitki artığının sonraki yıla kalma ihtimali olmasına rağmen, bitki artıklarının uzun dönemlerde yaratacağı etkiyi hesaplamanın güçlüğü dikkate alınarak, hasattan önce bitki artığı değerinin sıfır olacağı varsayımıyla hesaplama yapılmaktadır.

Bir tek bitkinin kapladığı alan (kanopi) faktörü, CC, aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır. Yüzeyi kaplayan bitki, yağmur damlasının çarpma etkisiyle toprağın parçalanmasını azaltmakta ve yüzeyde tabaka oluşmasını önlemektedir.

$$CC = 1 - FC * \text{Exp}(- 0.34 * H)$$

Eşitlikte;

FC= Tek bitki tarafından örtülen yüzey alanı,

H= Yağmur damlasının bitki üzerine düştükten ve diğer damlalarla birleştikten sonra toprak yüzeyine düştüğü metre cinsinden ortalama yüksekliktir. AH 537 'de de grafiksel olarak açıklanan yağmur damlası ve kanopi ilişkisinde, 2.5 mm 'den büyük her damlanın bitki üzerinden toprağa düşeceği varsayılmaktadır.

Eşitlikteki FC değeri, Lafren ve ark. (1985) 'te verilen aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır. Yaprak alan indeksi ile ilgili olarak çeşitli bitkiler için literatürde verilen değerler kullanılmıştır (Williams ve ark., 1984).

$$FC = 5.7 * (\text{YAI}^{0.65}) * \text{SAR}^{-0.48}$$

Eşitlikte;

SAR= Sıra arası mesafe, mm

YAI= Yaprak alan indeksidir.

Yağmur damlasının düştüğü yükseklik, bitki yüksekliğinin % 60 'ı olarak kabul edilmektedir. Yüzey örtü alt faktörü, SC, yüzey örtüsünün, akan suyun taşıma kapasitesini ve toprak yüzeyinin yağmur damlasına olan hassaslığını azaltmak yönünden önemlidir ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$SC = \text{Exp}(-3.5 * RC * (6 / \text{RG})^{0.08})$$

Eşitlikte;

RC= Artıklar tarafından örtülen arazi alanı,

RG= Yüzey pürüzlülük faktörüdür.

Yüzey pürüzlülük faktörü aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$RG = 6 + (RB - 6) * (1 - \text{Exp}(-0.035 * RS))$$

Eşitlikte;

RB= Random pürüzlülük, mm

RS= Toprağın ilk 100 mm 'lik tabakasında bulunan kök ve gömülmüş artıkların kg/ha/ mm cinsinden miktarıdır.

Random pürüzlülük, yüzeydeki yüksekliklerin standart sapmasıdır ve yağış tarafından azaltıldığı varsayılmaktadır. Modelde bu değer, yetiştirilen bitkinin büyüme periyodu boyunca doğrusal olarak değiştiği ve hasat döneminde 6 (düz) değerine ulaştığı kabul edilmektedir.

Yüzey pürüzlülük alt faktörü, SR, toprak erozyonunu etkilemektedir ve yüzeyin random pürüzlülük katsayısı ile bu etki belirlenebilmektedir. Random pürüzlülük ise toprak işlemede kullanılan makinaların cinsine göre değişmektedir. Yüzey pürüzlülük alt faktörü aşağıdaki eşitlik kullanılarak tahmin edilmektedir.

$$SR = \text{Exp}(-0.026 * (RG - 6))$$

SR değeri, yüzey çok düzgün olduğunda 1 değerini almakta, toprak işlemeden hemen sonra ve önemli miktarda artık bulunması durumunda en küçük değerine ulaşmaktadır.

4.5 Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)

Bu faktör belli bir toprak koruma önlemi altında oluşan toprak kaybının eğim doğrultusunda sürülmüş çıplak bir tarladan oluşan toprak kaybına oranıdır ve kontur işleme veya bank sistemleri gibi yüzey akışı ve dolayısıyla taşınan toprak miktarını azaltan uygulamaların etkisini yansıtır.

Kontur İşleme:

Eğime dik işlemeden dolayı oluşan karıkların derinliği dikkate alınarak aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır.

- 75 mm 'den küçük karıklar için:

$$P = 0.998 - 0.061 s + 0.005 s^2 - 9.8 (10^{-5}) s^3$$

- 75 mm 'den büyük karıklar için:

$$P = 0.904 - 0.187 s + 0.025 s^2 - 0.0012 s^3 + 2.1 (10^{-5}) s^4$$

Bu eşitliklerde hesaplanan P değerinin etkili olabileceği maksimum eğim uzunluğu, eğime dik işlemenin etkinliği bakımından aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$X_{pmax} = 153.98 - 45.02 \ln(s)$$

Arazi Sınırları Boyunca Dönerek İşleme:

Pekçok arazide toprak işleme, tarla sınırlarını takip edebilir ve bazı karıklar eğim yönünde bazıları ise eğime dik oluşabilir. Bu durumda P faktörü aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$P = P_c + 0.4 (1 - P_c)$$

Eşitlikte, P_c , eğime dik işleme için P değerini ifade etmektedir.

Bank Sistemleri:

Bu sistem eğim uzunluğunun azaltılması ve eğime dik toprak işleme yöntemlerinin uygulanması nedeniyle bank'lar arasında yüzey ve oluk erozyonunu azaltır.

Banklar aynı zamanda erozyona uğrayan toprağın, özellikle bank kanal çıkışlarının kapalı olması veya yeraltı boru çıkışlı olması durumunda bank kanallarında tutulmasını sağlar. Bu kanallarda tutulan sedimentin % 30-40 'ı havza çıkışına ulaşmakta ve havza sediment verimi de böylece azaltılmaktadır. Kontur işlemenin ve bank sistemlerinin ortak etkisi, kontur işleme alt faktörü, P_b , sediment verimi alt faktörü, P_y ve koruma planlama alt faktörü, P_t , kullanılarak açıklanmıştır (Foster ve Highfill, 1983). Modelde, bank kanallarının olumlu etkisi, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$F_b = 0.192 - 0.003 * X_b + 11.94 / X_b$$

Eşitlikte, X_b , metre olarak yatay bank açıklığıdır. F_b değeri, bank açıklığı 30 m 'den küçük ise 0.5, 100 m 'den büyük ise 0 olarak alınmaktadır. X_b değeri 30 m ile 100 metre arasında olduğu zaman yukarıdaki formül kullanılmaktadır.

Sediment verimi alt faktörü ise;

$$P_y = 0.1 * \text{Exp}(2.64 * g)$$

eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır. Eşitlikte g , bank kanalının eğim yüzdesidir.

Koruma planlama alt faktörü;

$$P_t = 1 - P_b * (1 - P_y)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Bu faktör ile ilgili olarak kullanılan Çizelge aşağıda verilmiştir..

Koruma planlaması için toprak kaybı, Pt ile 75 mm 'den küçük işleme karıkları için hesaplanan kontur işleme ait faktörün çarpılmasıyla, banklar arasında kalan alanlar için sediment miktarı ise Py değerinin kontur işleme alt faktörü ile çarpılmasıyla bulunmaktadır.

Çizelge 4.5.1. Toprak işleme aletlerine ait bazı değerler

İşleme aletleri	Karıştırma Oranı	Yüzey pürüzlülüğü	Toprak Sıkışma Değişkeni
Kulaklı pulluk	0.9	48	1
Diskli pulluk	0.5	40	1
Diskli anız bozma pulluğu	0.5	31	1
Chisel-Graham pulluğu	0.5	38	1
Rototiller	0.9	23	1
Goble disk	0.4	40	1
Kazayağı	0.25	30	1
Kültüvatör	0.2	15	1
Ark-açan Kültüvatör-lister	0.8	26	1
Ot-Yolucular-Rodweeder	0.2	11	1
Diskli tırmık-offset	0.35	20	1
Kombikürüm	0.25	40	1
Diskli tırmık- Tandem	0.35	20	1
Döner tırmık	0.2	7.6	1
Dişli tırmık	0.1	10.2	1
Toprak işlemez ekim	0.1	11	0.82
Sıraya Ekim	0.2	11	0.82
Serpme Ekim	0	11	0.82
Hasat İşlemi	0	7.6	0.66

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

5.1 Modelin Tanıtımı

TURTEM - Türkiye Toprak Erozyon Modeli kullanıcıların erozyon kontrol seçenekleri konusunda kıyaslama yapmasını kolaylaştırmak ve hızlandırmak amacıyla hazırlanmıştır.

Program, USLE - Universal Soil Loss Equation ve RUSLE - Revised Universal Soil Loss Equation modellerinin kullandığı prosedürleri kullanmaktadır. Program hazırlanırken bu konuda yürütülmüş çalışmalar ve hazırlanmış bilgisayar modelleri (SOILOSS, PERFECT, EUROSEM, RUSLE ve WEPP) incelenerek, Türkiye'ye ait verileri kullanarak, ülkemiz koşullarında doğru sonuçlar verecek bir program yazılmaya çalışılmıştır.

USLE, halen toprak kaybını hesaplamada kullanılan en yaygın araçlardan biridir. Wischmeier (1976) 'da en fazla ve aynı zamanda en yanlış kullanılan yöntemlerden biri olduğu bildirilmektedir. Yöntemin doğru kullanılabilmesi için yöntemin sınırlarının iyi anlaşılması gerekir. Özellikle yöntemin geliştirildiği ve test edildiği alanlardan çok farklı özelliklere sahip alanlarda bu sınırlara daha fazla dikkat etmek gerekmektedir. USLE 'nin en önde gelen eksikliği sediment verimini ve tek bir yağışın etkisini hesaplamamasıdır. Parmak ve oyuk erozyonu ile oluşacak toprak kaybı, havzanın sediment verimine eşit olmamaktadır

ve bir eğim parçasında oluşan sedimentin çoğu zaman tarlayı terkettiği söylenemez. İlave olarak, toprağın erodibilitesinin, farklı toprak rutubeti, sıcaklık, toprak işleme, biyolojik ve kimyasal faktörler gibi etkenlerle değiştiği unutulmamalıdır.

Gerek programın gerektirdiği veriler girilirken ve gerekse sonuçlar yorumlanırken bu hususlar dikkate alınmalıdır.

Programın kullandığı veriler, günümüze kadar Topraksu ve Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüleri ile diğer tarımsal araştırma kuruluşları tarafından yürütülen araştırma sonuçlarından derlenmiştir. Türkiye kaynaklarından sağlanamayan az sayıda veri ise konu ile ilgili uluslararası araştırma kuruluşlarının çalışmalarından sağlanmıştır.

Program, hesaplama yapılan alanla ilgili yer, toprak tipi, arazi kullanımı ve ürün yetiştirme teknikleri gibi genel bilgileri girdi olarak alarak bütün gerekli hesaplamaları yapmaktadır. Bu bilgilerin bir bölümü bizzat ölçülerek (eğim uzunluğu, eğim, bünye, organik madde vb), bir bölümü ise konu ile ilgili gözlem, deneyim ve bilimsel çalışmalardan elde edilebilir.

Belirli bir sıra ile faktörlere ait hesaplamalar yapıldıktan sonra, potansiyel toprak kaybı hesaplanmaktadır. Hesaplanan toprak kaybı miktarı, 0-5, 5-10, 10-25 ve >25 ton/ha/yıl sınırları dikkate alınarak, o alanda uygulanması gereken önlemler genel bir çerçevede verilmektedir (Cook ve ark,1987).

TURTEM, Visual Basic programlama dili ile hazırlanmış ve Windows altında çalışmaktadır. Program disketi ile birlikte verilen bir kurma programı yardımıyla kolayca kurulabilmektedir.

Programın kullanımı bir mouse'un tuşlarını tıklamak kadar kolaydır ve kullanıcının yanlış seçim yapmasını önleyici bütün önlem ve uyarılarla donatılmıştır. Örneğin Eğim uzunluğu 300 m den fazla girildiği takdirde bu uzunluğun 300 m den fazla olamayacağı belirtilmektedir.

Bilgi menüsünde denklem tanımlanarak, denkleme ilişkin her parametre hakkında teorik bilgi sunulmuş ve programın kullanılması ile ilgili yardım menüsü oluşturulmuştur.

Programda bilinen parametre değerleri ile toprak kaybı belirlenebildiği gibi bilinmeyen parametrelerin hesaplanmasını sağlayacak menüler de yer almaktadır.

R, yağmurun erozyon oluşturma faktörüne ait **Bilinen R Değeri** ve **Listeden Seçim** alt menüleri

bulunmakta olup Doğan (1987) tarafından belirtilen istasyonlar için bütün R değerleri dosyalanmıştır.

K, aşınım duyarlılık faktörü için yine **Bilinen K Değeri**, **Listeden Seçim** ve **Hesaplama** alt menüleri bulunmaktadır. Listedene seçim menüsünde yer alan büyük toprak gruplarına göre K değerleri parsel çalışmalarından elde edilen değerler olup bünye sınıflarına göre K değerleri U.S 'de kullanılan değerlerdir. Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 'de bünye

sınıflarına göre sınıflama Rosewell (1993) 'e göre verilmiştir. Büyük toprak gruplarına göre liste ise deneysel uygulamalardan elde edilen veriler ışığında hazırlanmıştır.

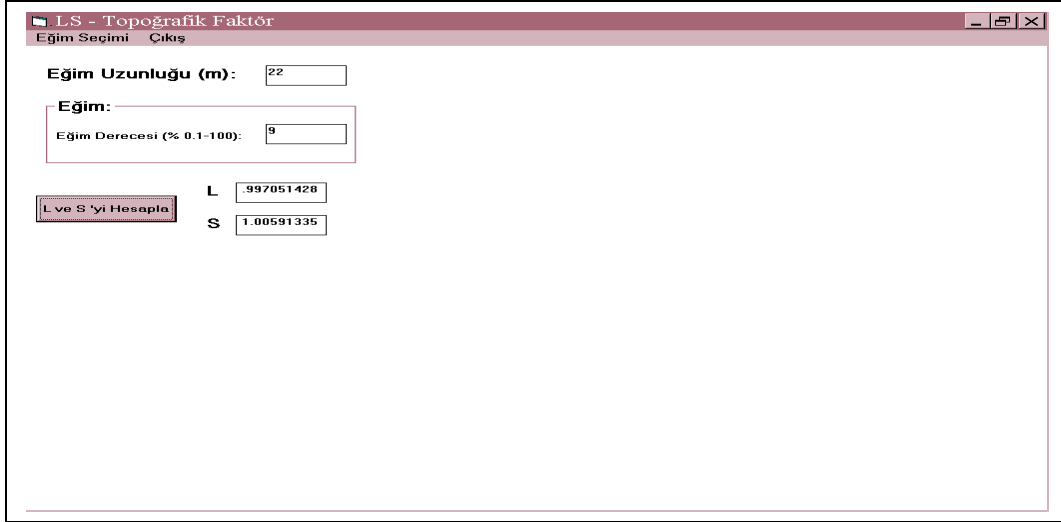
The screenshot shows the TURTEM software interface. The main window has a title bar with the file path 'C:\TOKA\MENEMEN.DMO'. Below the title bar, there are three tabs: 'Bölge Seçimi', 'Veri Girişi', and 'Bilgi ve Yardım'. The 'Veri Girişi' tab is active. On the left side, there are five input fields labeled R, K, LS, C, and P, each with a value of 0.00. To the right of these fields, there is a label 'A (t/ha/yıl)' and a yellow input field. A secondary window titled 'R - Yağış Faktörü' is open, showing a 'Çıkış' (Exit) button and a text box labeled 'R Değerini Giriniz:' with the value 125 entered.

Şekil.1 R, yağış faktörü menüsü

The screenshot shows the 'K - Aşınım Faktörü' (K - Erosion Factor) menu. The main window has a title bar with the file path 'C:\TOKA\MENEMEN.DMO'. Below the title bar, there are three tabs: 'Bölge Seçimi', 'Veri Girişi', and 'Bilgi ve Yardım'. The 'Veri Girişi' tab is active. The 'Bünye Değerleri' (Soil Properties) section includes input fields for '% Kil:' (35), '% Silt:' (45), '% Çok İnce Kum:' (12), and '% Organik Madde:' (0.45). The 'Strüktür' (Structure) dropdown menu is set to '2. İnce Granüler Strüktür 1-2 mm'. The 'Geçirgenlik' (Permeability) dropdown menu is set to '3. Orta 20-60 mm/h'. Below these fields, there is a 'K'yi Hesapla' (Calculate K) button and a text box showing the calculated value 0.3668448.

Şekil.2 Programda yer alan K faktörünün bazı laboratuvar analiz sonuçlarına göre hesaplanma menüsü

LS, topoğrafik faktörde kullanıcı tarafından verilecek olan eğim uzunluğu ve eğim değerlerine göre RUSLE ' de yer alan şekli ile hesaplama yapılmaktadır. Eğim seçiminde eğimin derece ve yüzde olarak kullanılabilmesine olanak kılacak iki seçenek yer almaktadır. Şekil.3 'te LS menü sayfaları RUSLE deki şekli ile verilmiştir.



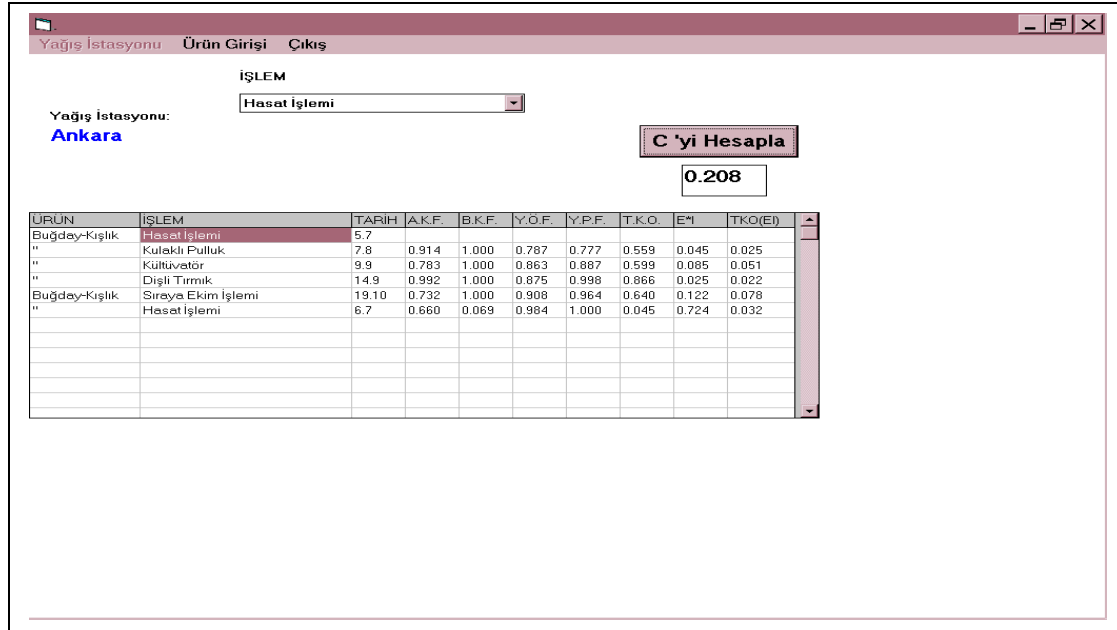
Şekil.3 Topoğrafik faktöre ilişkin hesaplama sayfası

C, bitki yönetim faktörüne ait alt menüler, **Blinen C Değeri**, **Listeden Seçim** ve **Hesaplama** alt menülerini içermektedir. Listeden seçim menüsündeki değerler yine üniform parsel çalışmalarına aittir. Aşağıda bu değerler bitki- rotasyon ve istasyon bazında sunulmuştur.

C faktörü ile ilgili olarak oluşturulan hesaplama menüsünde, R faktöründe kullanılan EI değerleri, önceki ürün ve sonra ekilecek ürün, toprak hazırlığı, ekim ve hasat esnasında yer alan işlemler bulunmaktadır. Programda işlemlerin tarihleri hesaplama için gerekli olup, program, R faktörüne ait dosyadan işlem tarihlerindeki EI değerlerini interpolasyon yolu ile hesaplayabilme fonksiyonuna sahiptir. Bu faktörün hesaplanmasında kullanılan ürün verimi, kök miktarı (10 cm toprak içinde yer alan) ve hasat indeksi değerleri program ile çalışılan yöre ve bitki için kullanıcı tarafından doğrulanmadığı takdirde bilgilerin uygun şekilde verilmesi gerekmektedir. Bu faktörle ilgili hesaplamaların çoğu bu bilgilerin doğruluk nispeti ile orantılı olup yanlış girilen değerler yanlış tahmin sonuçları verebilir. Yine R faktörü için belirtilen istasyon C faktörü içinde aynı olmalıdır.

Bitki yönetim faktörü içerisinde bulunan arazi kullanım, bitkinin kapladığı alan, yüzey örtüsü, yüzey pürüzlülük alt faktörleri ve toprak kayıp oranı ve bu oran ile EI değerlerinin çarpımından oluşan işlem periyotlarına ait TKO (toprak kayıp oranı) değerleri (işlem tarihlerine ve uygulamalara ait) ekranda izlenebilmektedir. Bu faktör, tek bir bitki bazında

veya bir rotasyon sistemi için ortalama C değerini hesaplayabilecek şekilde programlanmıştır.



Şekil.4 C faktörünün hesaplama menüsü

P, toprak yönetim faktöründe de yine bilinen P değeri yanında eğim yönünde işleme, eğime dik işleme, dönerek işleme ve bank sistemleri şeklinde alt menüler bulunmaktadır. Bu faktörün hesaplanmasında kullanılan bazı veriler Çizelge.5 'te sunulmuştur. LS faktörü hesaplanmadan bilinen P değeri dışında diğer alt menüleri hesaplanamaz.

Program çalıştırıldığında ekranda ilk olarak Başla ve Bilgi menüleri belirlemekte, Başla komutundan sonra Bölge Seçimi, Bilgi ve Yardım ve Çıkış komutları yer almaktadır. Bölge seçiminde yeni bir dosya oluşturulabildiği gibi var olan bir dosyayı ekrana getirerek gerekli değişikliklerin yapılabilmesi olanağı da bulunmaktadır. Yeni bir alan seç komutunda toprak kaybını belirleyebileceğimiz alan için yeni bir dosya oluşturarak veri girişi sağlanabilmektedir. Dosya seçimi veya yeni bir alan seçiminden sonra aktif hale geçen veri girişinde parametreler yer almaktadır.

Çizelge. 6 Uniform Parsel Çalışmalarına ait C değerleri

Şehir	Bitki-Rotasyon	C değerleri
Ankara	Buğday	0.26
Şanlıurfa	Buğday	0.40
Şanlıurfa	Buğday-mercimek	0.35
Kütahya	Buğday	0.23
Bilecik	Buğday	0.14
Meriç havzası	Buğday	0.27
Meriç havzası	Ayçiçeği	0.19
Konya	Mercimek	0.28
Konya	Buğday-mercimek-aspir	0.21
Konya	Buğday	0.14
Konya	Aspir	0.26
Menemen	Buğday-tütün	0.48
Menemen	Buğday-bakla	0.49
Menemen	Arpa-nohut	0.56
Menemen	Buğday	0.40
Menemen	Buğday-arpa	0.51
Menemen	Nohut	0.61
Menemen	Tütün	0.56
Menemen	Bakla	0.58
Tarsus	Buğday-pamuk-mercimek	0.33
Tarsus	Buğday-pamuk	0.31
Erzurum	Nadas-buğday-mercimek	0.20
Erzurum	Buğday-mercimek-nadas	0.27
Erzurum	Mercimek-nadas-buğday	0.24
Erzurum	Korunga	0.19
Sivas	Buğday	0.15
Sivas	Nadas	0.66
Sivas	Buğday-nadas	0.41
Yozgat	Nadas	0.35
Yozgat	Buğday	0.15
Tokat	Mercimek	0.35
Tokat	Keten	0.31
Tokat	Tütün	0.59
Tokat	Buğday	0.08
Tokat	Buğday-keten-mercimek	0.25
Seydişehir	Buğday	0.21
Seydişehir	Nadas	0.38
Seydişehir	Buğday-nadas	0.30
Samsun	Buğday-mısır-tütün	0.28

TURTEM - Çalışılan Dosya: ANKARA.DMO

Bölge Seçimi Veri Girişi Bilgi ve Yardım

A (t/ha/yy) 1.758

R 41.00

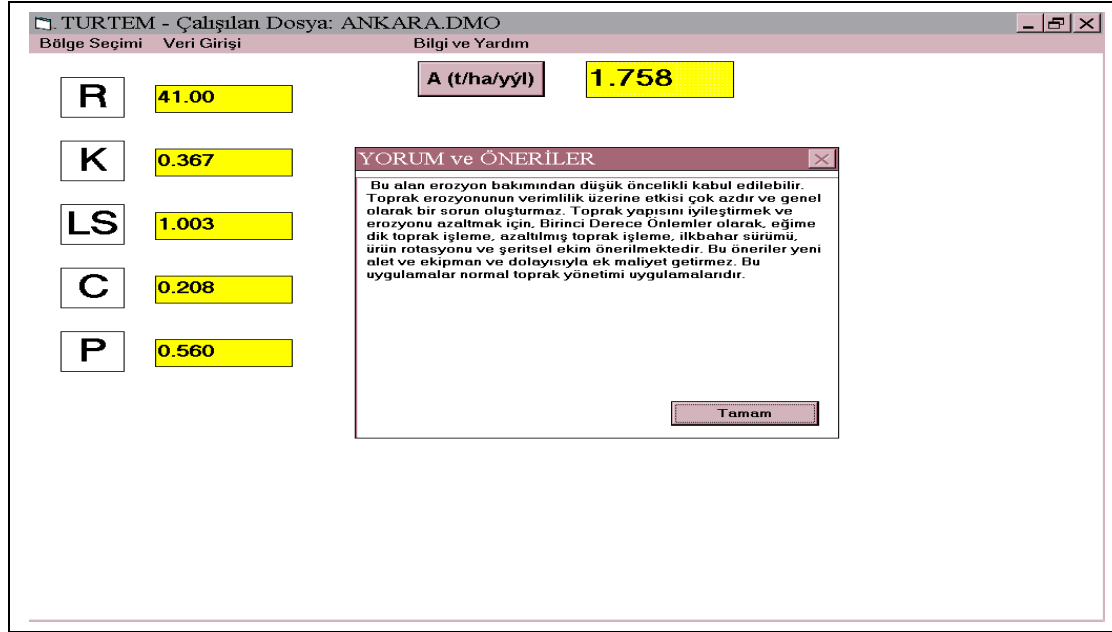
K 0.367

LS 1.003

C 0.208

P 0.560

Şekil .5. Toprak kaybının hesaplandığı menü sayfası



Şekil.6 Tahmin edilen toprak kaybına göre yönetim tedbirlerini veren işlem sayfası

Her bir parametreye ilişkin alt menülerde gerekli veri girişi ve seçimi yapıldıktan sonra, yıllık toprak kaybını ifade eden A butonu üzerine basıldığında ton/ha-yıl olarak toprak kaybı hesaplanmakta ve hesaplanan toprak kaybı, tolerans sınırları ile karşılaştırılarak yönetim önerileri verilmektedir. Bu yönetim tedbirleri ışığında kullanıcı tekrarlamalı analizler ile değiştirilebilecek parametreler için yeniden hesaplamalar yaparak toprak kaybındaki azalışı hesaplayarak karşılaştırma yapma olanağına sahip bulunmaktadır.

Bilgi ve yardım menüsünde, faktörler, yönetim tedbirleri ve programın kullanılması hakkında metinler yer almaktadır. Tüm parametre değerleri girilerek hesaplama yapıldıktan sonra o dosyaya ait bilgiler sakalanabildiği gibi istenildiğinde dosya silinebilmektedir.

5.2 Model Sonuçlarının Koruma Planlaması Amacıyla Kullanımı

Koruma planlaması amacıyla denklemin kullanılabilmesi için önce maksimum toprak kaybı toleransının belirlenmesi gereklidir. Toprak kaybı toleransı, toprak kayıplarının sınırsız bir zaman için ürün verimini düşürmeyecek toprak kaybı miktarıdır. Toprak kaybı toleransı sınırları 2.2 - 11.2 t/ha arasında olup bu tarım sahaları için geçerlidir.

Toprak kaybı tolerans değerleri her bir toprak serisi için belirlenmelidir. Erozyon nedeniyle toprak kalınlığı çok azalmış seriler için ikinci bir tolerans değeri belirlenmektedir. Aynı serinin içerisinde erozyon fazı varsa, bu takdirde tolerans sınıfı 1 sınıf aşağıya indirilmektedir. Toprak serileri için toprak kaybı toleransının belirlenmesinde aşağıdaki kriterler kullanılmaktadır.

1. Bitki yetişmesine uygun toprak derinliğinin sürdürülmesi gereklidir. Sert kayalar üzerindeki az derin topraklar veya sınırlayıcı katmanların varlığında tolerans değeri düşürülür.

2. Erozyon sonucu yüzey toprağı uzaklaştırılmış ve bu yüzden verim miktarı düşmüş olan topraklara daha az tolerans tanınır.

3. Toprak kaybı toleransında en fazla 11.2 ton/ha lık kayıp miktarı kullanılmaktadır. Nedenleri şunlardır;

a. Toprak kayıplarının 11.2 ton/ha ı aşması durumunda açık kanallar, göletler ve sedimentten etkilenen diğer yapıların etkinlikleri azalmakta ve bakım masrafları artmaktadır.

b. Yüzey erozyonunun fazla olmasına oyuntu erozyonu eşlik etmekte ve ayrıca gerek toprak işlemede gerekse kanal, akarsu ve su yollarının sedimentasyonu gibi problemlerin çıkmasına neden olmaktadır.

c. Önemli ölçüde bitki besin maddesi kayıpları meydana gelmektedir.

d. Toprak kayıplarını 11.2 t/ha ın altında tutabilmek amacıyla çok sayıda koruma uygulaması başarı ile uygulanabilmektedir (Çanga, 1997)

Çizelge 5.2 Toprak Kaybı Toleransı

Kök Derinliği, cm	Yenilenebilir Toprak ton/ha	Yenilenemez Toprak ton/ha
0-15	2.2	2.2
25-50	4.5	2.2
50-100	6.7	4.5
100-150	9.0	6.7
>150	11.2	11.2

5.3 Alternatif Erozyon Kontrol Ve Yönetim Pratikleri

- İyi bir toprak yönetimi programı, toprak ve su erozyonunun kontrol edilmesine yardım eder,

- Her toprak erozyon problemi için, mevcut duruma en iyi uyan erozyon kontrol pratiklerinin seçilmesi gereklidir.

- Tarla işlemleri, ürün rotasyonu ve koruma yöntemleri arasında uygun bir denge kurulmalıdır. (Cook ve ark., 1985).

Erozyon kontrol pratikleri üç grup altında incelenebilir;

5.3.1. Korumaya Yönelik Toprak İşleme:

- Toprak işleme, erozyonu azaltmak ve toprak stabilitesini sağlamak için toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın olmak üzere mümkün olduğu kadar fazla kalıntı bırakmalıdır.

- Kalıntının esas işlevi;

+ Toprağı yağmurun etkisinden koruyarak toprak zerrelere yüzeyden ayrılmasını önlemek,

+ Rüzgar ve su erozyonuna karşı bir engel oluşturmak,

+ Organik madde içeriğini artırarak toprak stabilizasyonunu iyileştirmek,

+ Yüzey sularının toprağa infiltrasyonunu kolaylaştırmak.

- Korumaya yönelik toprak işlemede aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

+ Toprak işleminin optimum zamanı: Toprak işleme için seçilen zaman toprak erodibilitesine ve tohum yatağının durumuna etki eder. Toprak işleme, toprağın nisbeten kuru olduğu zaman yapılmalı ve ilk toprak işleme ilkbahar mevsimine bırakılmalıdır. İlk toprak işleminin ilkbaharda yapılmasını;

Avantajları;

Kalıntıların toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın olarak mümkün olduğu kadar uzun süre bırakılmasını sağlamak, toprak nisbeten kuru iken yapılan toprak işleminin toprak sıkışmasını azaltarak ve infiltrasyonu artırması olarak sayılabilir.

Dezavantajları;

Toprak işleminin tamamen ilkbaharda yapılmasının bu dönemde işgücü gereksinimini artırması ve ekim zamanında gecikmelerin olma olasılığıdır.

Toprak işleme için toprak rutubetinin en uygun olduğu dönem, toprağı iki el arasında yuvarladığımızda topraklanmadığı ve kolayca ufalandığı tav dönemidir. Optimum ilk toprak işleme zamanı toprak tipine göre de değişmektedir. Kumlu, kumlu tınlı ve tınlı kumlu topraklarda ilk toprak işleme yalnızca ilkbaharda yapılmalıdır. Tınlı ve siltli tınlı topraklar ilkbaharda işlenmelidir, ancak, kil oranı fazla olan topraklarda sonbahar işlemeyle daha fazla ürün alınabileceği dikkate alınarak karar verilmelidir. Killi tınlı ve killi topraklarda ilk toprak işleme sonbaharda yapılmalıdır. İkincil toprak işleme ekim işleminden hemen önce yapılmalıdır.

+ **İşleme derinliğinin azaltılması:** Toprak işleme derinliğinin azaltılması toprak erodibilitesini azaltır.

Avantajları;

Toprak yüzeyinde daha fazla kalıntı bırakarak, daha az miktarda stabil olmayan alt toprağın yüzeye çıkmasını sağlayarak erozyon kontrolüne yardım etmesi ve daha az çeki kuvveti dolayısıyla daha az enerjiye gereksinme duyulmasıdır.

Dezavantajları;

Kullanılan büyük tarım makinaları ile yüzlek toprak işleme yapmanın güçlüğü olarak sayılabilir.

+ **İlk toprak işleme aletlerinin seçimi:** Toprak işleme aletleri kalıntının toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın bırakılması bakımından farklılıklar göstermektedir. Örneğin, Chisel Pulluk, eğimli topraklarda erozyon kontrolü açısından mükemmel sonuç vermekte,

kalıntının % 50-70 'ini yüzeyde bırakmakta, verim açısından kaba ve orta bünyeli topraklarda konvansiyonel toprak işleme ekipmanları ile aynı sonucu vermekte, küçük tohumlu bitkilerde ilave toprak hazırlığına gereksinme duyulmaktadır. Offset ve Ağır Tandem Diskler, erozyon kontrolunda mükemmel sonuç vermekte, kalıntının % 50-60 'ını yüzeyde bırakmakta, verim açısından kaba ve orta bünyeli topraklarda konvansiyonel toprak işleme ekipmanları ile aynı sonucu vermektedir. Kulaklı Pulluklar, gövde iş genişliği 400 mm 'den az ise erozyon kontrolu için iyi sonuç alınmakta, 450 mm 'den büyük ise olumsuz etki yaratmakta, kalıntının gömülmesi yabancı ot kontrolu açısından olumlu olmakta, ekonomik ve etkin kullanım için beceri gerektirmektedir. Toprak İşlemesiz Ekim Makinaları, mükemmel erozyon kontrolu sağlamakta, kalıntının % 100 'ünü toprak yüzeyinde bırakmakta ve bu yolla rutubet muhafazasına yardımcı olmakta, verim açısından kaba bünyeli topraklarda konvansiyonel toprak işleme ekipmanlar ile aynı sonucu vermekte ancak ince bünyeli topraklarda verim azalmasına neden olabilmektedir. Ayrıca yabancı ot kontrolu gerektirmektedir.

+ Toprak işlemenin yönü: Eğimli araziler erozyon tehlikesine maruzdur. Eğime dik veya kontur toprak işleme, toprak ve suyun hareketine karşı direnç sağlayacak karıkların oluşturulması yoluyla erozyonun azaltılmasına yardım eder.

Avantajları;

Yüzeyde oluşacak akışın hızı ve miktarını azaltarak, infiltrasyona yardım ederek ve suyun drenaj kanalcıklarına yönlendirilmesini sağlayarak erozyonun kontrol edilmesine yardım etmektedir.

Dezavantajları;

Mevcut arazi biçimlerinin değiştirilmesini zorunlu kılması, dönme ve işleme zamanlarında artma olarak sayılabilir.

Şayet bir tarla değişik eğimlere sahip ve kontur işleme mümkün değilse, toprak işleme en uzun ve en fazla eğime sahip bölgeye dik olarak yapılmalıdır. Kulaklı pulluk kullanılıyorsa, toprak devrilmesi yukarıya doğru olacak şekilde (kulaklı pulluklarda genel olarak toprak sağa, döner kulaklı pulluklarda ise hem sağa hemde sola doğru devrilmektedir) işleme yapılmalıdır.

+ En az sayıda toprak işleme: Toprak işleme sayısı erozyon nedeniyle kaybolan toprak miktarını etkilemektedir. Toprak işleme ekipmanları ile topraktan her geçişte, toprak agregatlarına ayrılmakta ve yüzeydeki kalıntılar gömülmektedir. Bu da toprağın erozyona karşı duyarlılığını artırmaktadır. Toprak işleme mümkün olduğu kadar azaltılmalıdır.

Avantajları;

Toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın bölgede daha fazla kalıntı bırakılır, daha az toprak sıkışmasına karşın erozyon şansı azaltılır.

Dezavantajı bulunmamaktadır.

Tohum yatağı hazırlamak için gerekli toprak işleme sayısı, toprağın bünyesi ve yapısı, önceki ürünün ve ekilecek ürünün cinsine bağlıdır.

5.3.2. Korumaya Yönelik Bitki Yetiştirme Tekniği:

Yetiştirilecek ürünün cinsi ve yetiştirme tekniği, verimlilik ve toprak erodibilitesi üzerinde etkili olmaktadır. İyi bir bitkisel örtü, rüzgar ve su enerjisini dağıtarak ve kök sistemleri vasıtasıyla toprak stabilizasyonunu sağlayarak toprağı erozyondan korumaktadır. Bir tarlada yıllar boyunca aynı ürünün yetiştirilmesi ürün azalmasına ve toprağın fakirleşmesine neden olmaktadır. Verimlilik, gübre ilavesi ile kısmen korunsa da, toprak yapısı açısından uzun dönemde en iyi çözüm ürün ve yetiştirme tekniklerinin doğru seçimi ile sağlanabilir. Korumaya yönelik bitki yetiştirme uygulamaları aşağıda verilmiştir.

- **Bitkinin optimum yönü:** Eğimli arazilerde toprak işleme ve ekim işlemi eğime dik yapılmalıdır.

Avantajları;

Yüzey akışın hızını ve miktarını azaltmak, suyun toprak içine infiltrasyonunu hızlandırmak ve suyun lateral olarak drenaj kanallarına yönlendirilmesini sağlamak suretiyle erozyon kontroluna yardım etmek.

Dezavantajları;

Tarla biçimlerinde değişiklik gerektirmesi ve dönme ve çalışma zamanlarında artma olma olasılığıdır.

Şayet bir tarla değişik eğimlere sahipse, ekim ana eğime dik olarak yapılmalı ve diğer bölgelerde de aynı yönde ekim sürdürülmelidir.

- **Şeritsel ekim:** Su erozyonu etkisindeki eğimli arazilerde ve rüzgar erozyonuna maruz olabilecek diğer arazilerde şeritsel ekim erozyona karşı etkili bir önlem olmaktadır. Bir tahıl veya yem bitkisi ile bir sıra bitkisinin ardışık olarak sıra halinde ekilmesi olarak tanımlanabilecek şeritsel ekimde yem bitkisi veya tahıl şeritlerinin genişliği ve sayısı, sıra bitkisi şeritlerinin genişliği ve sayısına eşit veya büyük olmalıdır.

Avantajları;

Yem bitkisi ve tahıllar, su ve rüzgar hızını azaltarak, sıra bitkilerinden gelen sedimenti tutarak, organik madde sağlamak suretiyle toprak stabilizasyonunu artırarak, toprağın su tutma kabiliyetini artırarak ve verimi iyileştirerek erozyon kontroluna yardım ederler.

Dezavantajları;

Şeritleri oluştururken karşılaşılan güçlükler ve şeritlerde ekilecek ürünlerin çiftçi tarafından kullanılacak ve pazar değeri olan ürünler arasında seçilme zorluğu olarak sayılabilir.

Şeritsel ekim, şeritler tarlada kontur boyunca yerleştirildiğinde, uzun ve üniform eğime sahip alanlarda en etkili erozyon kontrol aracıdır. Şeritleri oluştururken tarım alet ve ekipmanlarının çalışma genişliği dikkate alınmalıdır. Şeritlerde uygulanacak tarımsal işlemlerde her şerit için geçiş sayısı çift sayıda tutulmalıdır böylece işlem başlandığı tarafta bitirilebilir. İlerki yıllarda uygulanacak yem bitkisi ve tahıl rotasyonu toprak koşullarını iyileştirmektedir. Tahıl ve yem bitkilerinin ekileceği şeritler oluşturulurken topraktaki yabancı ot kalıntılarının kritik düzeyde olmamasına dikkat edilmelidir.

- **Örtülü yetiştirme:** Çıplak toprak erozyon tehlikesi altındadır. Kırmızı üçgül (red clover), kışlık buğday veya kışlık çavdar gibi bir örtü bitkisi, tarlada kış mevsimi süresince çıplak bırakmaya alternatif olarak, bitkisel bir örtü yaratır.

Anavantajları;

Bitkisel örtü, erozyon kontrolunda kalıntı gibi etki yaratmaktadır. Kök sistemleri ve organik madde toprak zerrecilerinin stabilizasyonunu sağlamaktadır. Bir baklagil örtü bitkisi sonraki ürün için ilave azot sağlar. Bitki artıkları, toprakta rutubet muhafazı sağlar ve kuraklığa karşı önlem alınır.

Dezavantajları;

Bitki artıkları nedeniyle toprağın yeteri derecede kurumaması engellenirse ilkbahar ekimlerinde gecikme yaşanabilir. Yabancı ot mücadele yöntemlerinde değişiklik gerekebilir. Bir sonraki ürün için insektisit gereksinimi artabilir.

- **Ürün Rotasyonu:** Aynı ürünü yıllarca ekmeye devam etmek verimi azaltır, iyi bir tohum yatağı hazırlamayı güçleştirir, drenajı yavaşlatır ve ilkbahar erozyonunu artırır. Sıra bitkilerinin rotasyonu sürekli ekim yöntemine göre daha iyidir ancak tahıl ve çok yıllık yem bitkilerinin rotasyona dahil edilmesi elde edilecek yararı artırır.

Avantajları;

Rotasyona sokulan kışlık tahıllar ve yem bitkileri, kış ve erken ilkbahar yüzey akışları süresince bir örtü oluşturur ve toprak yapısını iyileştirir. Rotasyon hastalık ve zararlıların artmasını önler. Baklagiller toprağa ilave azot sağlarlar.

Dezavantajları;

İlave tarım alet ve makinaları satın alınması gerekebilir. Rotasyona sokulacak ürünlerin pazar değeri olmalıdır.

- **Tarla sınırları yönetimi:** Sıra bitkisi ekilen bir tarlanın çevresine tahıl veya yem bitkisi ekilmesi olarak tanımlanan bu yöntemde, genel olarak tarla sınırlarına yapılan ekim, yastık genişliği kadar düzenlenmekte ve normal rotasyon programının bir parçası sayılmaktadır.

Avantajları;

Erozyonu kontrol etmek üzere mükemmel bitki örtüsü ve kök sistemi sağlar. Toprağın tarladan taşınmasını önleyen bir filtre görevi görür.

Dezavantajları;

Üründe hasar oluşmasını önleyecek yabancı ot mücadele yöntemleri seçilmelidir. Seçilen ürünler, ürün gereksinimi ve mevcut makina varlığına uygun olmayabilir.

5.3.3. Korumaya Yönelik Yüzey Drenajı:

Korumaya yönelik toprak işleme ve yetiştirme teknikleri erozyonun kontrol edilmesine yardım ederler ancak, düzey drenaj problemleri nedeniyle etkileri sınırlı kalabilir. Bu problemlerden önemli bir kısmı drenaj sistemleri oluşturularak çözümlenebilir. Diğer durumlarda, bir yandan toprak kaybı miktarını en aza indirirken diğer yandan yüzeydeki suyun güvenli bir biçimde uzaklaştırılması gerekir. Korumaya yönelik yüzey drenajı aşağıda sayılan hususları kapsamaktadır.

- **Otlu Suyolları:** Otlu suyolları, geniş, derinliği az ve bitkilendirilmiş kanallar olup tarladaki suyun drenaj çıkışlarına ulaştırılması amacıyla inşa edilirler.

Avantajları;

Parmak ve oluk erozyonunu suyun tarladan güvenli bir biçimde uzaklaştırarak önler. Tarım makineleri kolaylıkla üzerinden geçebilir. Su yolları üzerinde yem bitkileri yetiştirilebilir ve hasadı yapılabilir. Bakımları kolaydır. Yüzey altı drenaj sistemlerini korur.

Dezavantajları;

Toprak işleme ve ekim sırasında dikkat edilmesi gerekir. Suyollarındaki çimler için yabancı ot ilacı kullanırken dikkatli olunmalıdır.

- **Damla Girişli Biriktirme Havuzları:** Yüzey suyu akışının, yeraltından bir boru sistemi ile yeterli bir çıkış noktasına götürmek üzere yönlendirilmesi amacıyla uygulanırlar.

Avantajları;

Akan suyun enerjisini dağıtarak ve hızını azaltarak parmak erozyonunun önlenmesine yardımcı olur. Bir su yoluna erişebilecek sediment miktarını azaltır.

Dezavantajları;

Tarla içinde yapıldıklarında tarla işlemlerinin yürütülmesinde zorluklar olabilir. Biriken sedimentin düzenli olarak kontrol edilmesi ve bakım yapılması gerekir.

- **Taş Kaplamalı Düşü Yolları:** Yüzey suyunun, kısa ve fazla eğimli düşülerden erozyon yaratmadan aşağı taşınmasında kullanılırlar. Taş kaplamalı düşü yolları, otlu suyollarının çıkış ağzlarında, yüzey sularının su yollarına girdiği ve yarıntılar oluşan noktalarda veya akış yolları üzerinde aşırı eğim farklılıkları olan yerlerde inşa edilebilirler.

Avantajları;

Su akışının enerjisini dağıtarak parmak ve oluk erozyonu oluşmasını önler. Basit, ucuz ve performansı yüksektir.

Dezavantajları;

Tarla işlemleri sırasında zorluk ve rahatsızlık yaratabilirler.

5.4 Programın Geçerliliği

Programın diğer model programlarda olduğu gibi geçerlilik testi TURTEM ile aynı prosedüre sahip diğer modellerde (RUSLE, SOILOSS) yer alan R faktörü dışında diğer faktörlere ilişkin hesaplamalar ile karşılaştırmalar yapılarak aşağıdaki Çizelgelarda sunulmuştur.

Faktörlere ilişkin farklılıklar kullanılan metrik veya SI birimlerinden kaynaklanmış olup bu konuda yabancı uzman eşliğinde bir çalışma yürütülmüş ve bu sonuçlar Çizelgeler halinde aşağıda verilmiştir. C faktöründe 15 günlük EI değerlerimizin farklılığı yanında işlemede kullanılan alet makina farklılığı ve bunlara ait pürüzlülük değeri, ürün verimi, kalıntı miktarları gibi verilerin farklı oluşu bu parametrenin yaklaşık olarak belirlenmesine neden olmuştur. Bu yaklaşım normal sınırlar içerisinde olup fark örneğin 0.324 (RUSLE) ile 0.388 (TURTEM) arasında bulunmuştur.

Çizelge.7 KFACT ve TURTEM Programları ile Hesaplanan K Değerleri

Parametre	Testler			
	1	2	3	4
Kil	20	40	20	10
Silt	505	10	5	50
Çok İnce Kum	30	10	30	30
Organik Madde	2.0	0.1	10	2.0
Struktur Kodu	2	2	2	2
Geçirgenlik Sınıfı	4	6	4	4
KFACT (SI)	0.027	0.021	0.008	0.063
KFACT (Metrik)	0.265	0.206	0.0784	0.617
RUSLE (SI)	0.027	0.021		0.064
RUSLE (Metrik)	0.265	0.206		0.627
TURTEM (Metrik)	0.263	0.201	7.85 E-02	0.710

Table 8. SOLOSS ve TURTEM tarafından hesaplanan LS değerleri

Eğim (%)	Eğim Uzunluğu (m)									
	1		3		10		50		300	
	TUR	SL	TUR	SL	TUR	SL	TUR	SL	TUR	SL
0.2	.049	.049	.049	.049	.050	.050	.053	.053	.057	.057
2	.171	.171	.171	.171	.203	.203	.300	.300	.465	.465
8	.435	.417	.435	.42	.608	.607	1.320	1.318	3.131	3.126
10	.478	.460	.478	.50	.776	.774	1.787	1.783	4.521	4.509
45	.725	.68	.725	1.49	3.69	3.46	11.25	10.55	38.91	40.26
90	.921	.72	.921	1.84	6.00	4.83	19.50	15.69	72.37	58.25

Table 9. SOLOSS and TURTEM Programlarının hesapladığı P faktör değerleri

P Faktör Tipi	Eğim (%)	Eğim Uzunluğu (m)					
		50		100		500	
		SL	TURT	SL	TURT	SL	TURT
Kontur, <75mm	4	.832	.828	.863	.828	1	
Kontur, >75mm	4	.487	.485	.581	.484	1	
Arazisınrları boyunca dönerek işleme	4	.899		.918		1	
Kontur, <75mm	10	.826		1		1	
Kontur, >75mm	10	.546		1		1	
Arazisınrları boyunca dönerek işleme	10	.895		1		1	
Kontur, <75mm	1	.942		.942		1	
Kontur, >75mm	1	.741		.741		1	
Arazisınrları boyunca dönerek işleme	1	.965		.965		1	

5.5 Hesaplamalar ilişkin örnekler

Ankara bölgesi için 1. Örnek Hesaplama

R= 41

L=22m

S= % 9

LS=1.420

K=0.13 kahverengi toprak grubu (Listeden seçim)

C faktörü için Buğday kışık

Verim=1125 kg/ ha

Hasat İndeksi=0.42

Kök Miktarı (10 cm toprak içinde)=10.1 kg/ha/mm

İşlemede kullanılan alet ve ekipmanlar ve işleme tarihleri

Hasat = 2

Kulaklı pulluk = 19/8/

Kazayağı= 23/9/

Sıraya ekim=10/10

Hasat=15/7

C=0.380

P=eğime dik işleme (22m eğim uzunluğu ve % 9 eğim derecesine göre)

Karik boyu 75 mm den küçük

P=0.530

A= 1.04 ton/ha/yıl

Ankara bölgesi için 2. Örnek Hesaplama

R= 41

L=44 m

S= % 12

LS=1.420

K=0.13 kahverengi toprak grubu (Listedden seçim)

C faktörü için Buğday kışlık

Verim=1125 kg/ ha

Hasat İndeksi=0.42

Kök Miktarı (10 cm toprak içinde)=10.1 kg/ha/mm

İşlemede kullanılan alet ve ekipmanlar ve işleme tarihleri

Hasat = 20/7.

Kulaklı pulluk = 1/8

Kültüvatör= 21/9

Sıraya ekim=5/10

Hasat=18/7

C=0.383

P=eğime dik işleme (22m eğim uzunluğu ve % 9 eğim derecesine göre)

Karik boyu 75 mm den küçük

P=0.530

A= 2.093 ton/ha/yıl

Ankara bölgesi için 3. Örnek Hesaplama

R= 41

L=22 m

S= % 9

LS=1.003

K=0.13 kahverengi toprak grubu (Listededen seçim)

C faktörü için Buğday kışlık

Verim=1125 kg/ ha

Hasat İndeksi=0.42

Kök Miktarı (10 cm toprak içinde)=10.1 kg/ha/mm

İşlemede kullanılan alet ve ekipmanlar ve işleme tarihleri

Hasat = 15/7

Kulaklı pulluk = 15/3

Kazayağı= 5/5

Diskli pulluk=9/9

Sıraya ekim=10/10

Hasat=14/7

C=0.670

P=eğime dik işleme (22m eğim uzunluğu,%9 eğim derecesi)

Karık boyu 75 mm den küçük

P=0.530

A=1.829 ton/ha/yıl

Yukarıda ki hesaplamalardan da görülebileceği gibi işlemede kullanılan alet ve makina farklılığı nadas sistemi ve eğim uzunluğu ve eğim derecesi farklılığında meydana gelen toprak kaybı miktarları değişmiştir. Kullanıcıların bu tür tekrarlamalı analizler ve doğru girilen veriler ile kıyaslamayı daha kolay yapabilecekleri gibi ve kısa sürede toprak kaybını hesaplama olanağına bu model ile sahip olmuşlardır.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Üniform parsel denemelerinin bulunmadığı yerler ve şimdiye kadar yapılan deneysel çalışmalarda yer almayan farklı toprak grupları ve toprak serilerinde üniversal denklem

parametrelerinin tahminini sağlayan bu programdan diğer model çalışmalarında ve planlamalarda yararlanılabileceği umulmaktadır.

TURTEM Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü' nün Yatırım Yönetimi, Havza Yönetimi ve Toprak Yönetimini ilgilendiren potansiyel bir program niteliğinde olup uzun yıllara ait USLE verilerini yönetmek, değerlendirmek ve toplamak, USLE veri tabanı oluşturmak açısından önemli bir araç niteliğinde bulunmaktadır.

Topraksu ve Köy Hizmetleri Araştırma Enstitlerince yürütülmekte olan Universal denklem parametrelerinin bu model içerisinde değerlendirilmesi ile uzun yıllara ait deneysel veriler bir araya getirilmiş, bu konuda bir anlamda rehber oluşturulmuştur.

Programda verilen alternatif önlemler bölümü kullanıcılar a teorik bilgi açısından ışık tutabileceği gibi son yıllarda erozyon tahmin çalışmalarında ele alınan yeni yaklaşımları içermesi açısından da ayrı bir önem arz etmektedir. Programda kullanıcılar C, P, L, S parametrelerine ait yapacakları tekrarlamalı analizler ile yönetim tedbirlerini seçebilme imkanı sunulmuştur.

Havza Sediment verimi tahmininde bulunan AGNPS, EPIC, gibi USLE prosedürünü esas alan modeller için gerekli olan parametreler ya kullanıcı tarafından (biliniyorsa) veya modelin kendi tahmin prosedürü içinde belirlenmektedir. (Young et al., 1989). TURTEM ile elde edilen parametre değerleri bu tür programlarda veya modellerde kullanma imkanı sağlayacak ve ayrıca veri sıkıntısı çekilen diğer model çalışmalarına da yardımcı olacaktır.

GIS tekniği ile birleştirilen model çalışmaları bu tekniğin hızla büyük kabul görmesi dolayısı ile yaygınlaşan yeni konular arasında yerini almaya başlamıştır. AGNPS, GIS içerisinde kullanılan modellere bir örnek teşkil etmektedir. TURTEM erozyon konusu ile çalışan kurum ve kişilere **lke koşullarını** temsil eden bir program olması dolayısı ile GIS içerisinde erozyon haritalarının oluşturulmasında kullanılabilecek bir model olup her faktöre ilişkin tabakaların TURTEM den elde edilecek verilere bağlı olarak veri katmanlarının ayrı ayrı olşumu sonucunda hepsinin GIS ortamında çakıştırılması ile de farklı çalışmalar ortaya konabilecektir ileriki yıllarda (Rosewell,1997).

TURTEM de yer alan çoğu parametreler RUSLE prosedürünü temsil etmesi açısından da önemlidir. RUSLE programında olduğu gibi ürüne ve bölgelere ilişkin veri tabanı oluşturulmuş ve ileriki yıllarda yine modelin modifikasyon ve ilaveleri ile tam anlamı ile RUSLE tabanlı yine ulusal erozyon tahmin programı yazılabilir.

Model içerisinde yer alan parametrelerden bitki yönetim faktörü C 'ye ait arazi kullanım alt faktörü, bitkinin kapladığı alan alt faktörü, yüzey örtüsü alt faktörü ve yüzey pürüzlülük alt faktörüne ait verilerden özellikle kök miktarı, rme oranı, kalıntı miktarı, kalıntı rme oranı, yüzey pürüzlülüğü, yaprak alan indeksi gibi veriler için bitki ve bölgeler bazında araştırmaların yapılması hem TURTEM programı hemde diğer model çalışmaları için gereklilik arz etmektedir. İfade edilen bu parametreler diğer bir çok model tarafından da

kullanılmakta olup toprak yönetimi ve su yönetimi bölümlerinde çalışılan veya ileride çalışılacak olan bir ürün tahmin modeli, drenaj ve sulama simülasyonlarında da ihtiyaç duyulacak veriler içinde bir veri tabanı oluşturulması açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle Üniversitelerde master ve doktora yapan öğrencilere bu tür araştırma tez konularının verilmesi ile kısa sürede bir veri tabanı oluşumuna destek verecektir.

7.Kaynaklar

1. AYDAY, E., 1984. Eskişehir Koşullarında üniversal denklemin yağış erozyon indisi (R) ve toprak aşınım (K) faktörlerinin belirlenmesi. Topraksu Araştırma Yayınları No:178, Eskişehir.
2. COOK, D.J., DICKINSON, W.T., RUDRA, R.D., 1985. Estimating Field Soil Losses by Sheet and Rill Erosion. Agricultural Engineering Educational School Engineering University Of Guelph. Ontario
3. ÇANGA, M.1997. Toprak ve Su Koruma Ders Notları. Ankara Üniversitesi Cook, D.J., Dickinson, W.T., Rudra, R.D., 1985Yayınları
4. DOĞAN, O., 1982. Ankara Koşullarında Universal Denklem Faktörleri. Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları. No 82, Ankara.
5. DOĞAN, O., 1987. Türkiye Erosiv Yağış Potansiyelleri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
6. FOSTER, G.R., MEYER, L.D., ONSTAD, C.A., 1977. A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil loss estimates, Trans. ASAE, 20, 683-687.
7. FOSTER, G.R., HIGHFILL, R.E., 1983. Effect of terrace on soil loss: USLE P factor values for terraces, Journal of Soil and Water Conservation, 38.
8. GREGORY, J.M., MCCARTY, T.R., GHIDEY, F. ALBERTS, E.E., 1986 .Derivation and evaluation of a residue decay equation. Trans. ASAE, 28, 98-101.
9. GÜÇER, C., 1979. Kahverengi büyük toprak grubuna dahil Beytepe kilinin üniversal denklemde kullanılan aşınım duyarlılık (K) faktörünün yağmurlayıcı ve doğal yağış koşulları altında saptanması üzerine bir araştırma (Doktora tezi).
10. İSTANBULLUOĞLU, A., 1989. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yıllık Raporu. Erzurum.
11. KENNETH, G., GEORGE, R.T., GLEEN, A. W., JEFFREY, P.P., 1991. Revised Universal soil loss equation, Journal of Soil and Water Conservation, 46.
12. KÖSE, C., AKAR. F., 1986. Tokat koşullarında Universal Denklemin R, K, C ve P Faktörleri. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları. No:82, Tokat.
13. LAFLEN, J.M., Foster, G.R., Onstad C.A., 1985. Simulation of individual storm soil loss for modelling the impact of soil erosion on crop productivity . In S.A, El Swaify, W. C.

Moldenhauer and A Lo (eds), Soil erosion and Conservation Society of America, Ankeny, IA, 285-295.

14. LAL,R.,1993. Soil Erosion resarch Methots.
15. LITTLEBOY, M. SILBURN D.M., FREEBAIRN, D.M., WOODRUFF , D.R., AND HAMMER, G.L., 1989. A computer simulation model of Productivity Erosion Runoff Functions to evaluate Conservation Techniques. Quinsland Department of primary Industries Brisbane .
16. MCCOOL, D.K., FOSTER, G.R., MUTCHLER, C.K., MEYER, L.D., 1989. Revised slope length factor for the universal soil loss equation. Trans. ASAE, 32 1571-1676.
17. MCCOOL, D.K., BROWN, L.C., FOSTER, G.R., MUTCHLER, C.K., MEYER, L.D., 1987. Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation. Trans. ASAE, 30,1387-1396.
18. MCISAAC, G.F., MITCHELL, J.K., HIRSCI, L.D., 1987. Slope steepness effects on Soil loss from disturbed lands. Trans. ASAE, 30, 1005-1013.
19. METE, C., 1988. Tarsus koşullarında Universal Denklemin R,K,C ve P Faktörleri. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları. No:145, Tarsus.
20. MORGAN, R.P.C., QUINTON, J.N., RICKSON, R.J., 1993. Eurosem: A User GUIDE. Silsoe College Cranfield university. United Kingdom.
21. ÖNMEZ, O., 1991. Konya-Beyşehir Şartlarında Universal Toprak Kaybı Denkleminin R, K, C ve P Faktörleri, Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları No:147, Konya
22. ÖZDEN, Ş., 1992. Doğu Anadolu Bölgesinde Yaygın Bazı Büyük Toprak Gruplarının Aşınımına Duyarlılığı Üzerine Bir Araştırma, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Anabilim Dalı Master Tezi, Erzurum
23. KENNETH, R.G., FOSTER, G.R., WEESLES, G.A., MCCOOL, D.K., YODER, D.C., 1993. Predicting soil erosion by water – A guide to conservation planning with the revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook, Washington DC, In press
24. ROSEWELL, C.J., 1993. SOILOSS – A program to assist in the selection of management practices to reduces erosion, Department of Conservation and Land Management, Soil Conservation Research Centre, Gunnedah, NSW, Avustralia
25. ROSEWELL, C.R.,1997. Devolepment and application of Soil Erosion and Productivity Impact Models Consultant report
26. SÖNMEZ, K., 1991. Topraklarımızı kaybediyoruz, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi, 65, Ankara
27. WILLIAMS, J.R., 1975. Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor, In present and prospective technology for predicting sediment yields and sources, ARS-S-40, United States Department of Agriculture
28. WILLIAMS, J.R., JONES, C.A., DYKE, P.T., 1984. A modelling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity, Transaction of ASAE, 27, 129-144.

29. WISCHMEIER, W.H., 1975. Estimating the soil loss equation's cover and management factor for undisturbed areas. In Proc. Desinent Yield Workshop, Oxford, MS, USDA, ARS-S-40, United States Department of Agriculture.
30. WISCHMEIER, W.H., 1976. Use and misuse of the Universal Soil Loss Equation. J. Soil and Water Conservation, 31, 5-9.
31. WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning, Agriculture Handbook 537, United States Department of Agriculture, Washington DC, 58 pp
32. YOUNG, R. A., ONSTAD , C.A., BOSCH, D.D., AND ANDERSON, W.P.1989, AGNPS : A nonpoint source pollution model for evaluating agricultural watersheds. Journal of Soil and Water Conservation. 44, 168-173.