



# TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME DERGİSİ



## Ülkemizdeki Toprak Erozyonu Sorunu Üzerine: Ne Yapmalı?

Günay Erpul\*, Selen Deviren Saygın

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

### GİRİŞ

Doğal kaynakların sürdürülebilirliği denildiğinde, şüphesiz toprak erozyonu ve bunun çevreye olan olumsuz etkileri, ilk olarak akla gelen konulardan birisidir. Toprak bilim insanları, uzmanları ve doğrudan toprak ile haşır-neşir olan üreticilerimiz veya çiftçilerimiz, çok iyi bilirler ki iklim, toprak, topografya ve bitki örtüsü, birbirlerini bütünleyen ve birbirlerinden hiç kolaylıkla ayrılmayan esas unsurlardır. Bu yüzden, yüzyıllar boyunca insanoğlunun bu unsurlar kümesinin devingen işleyişi ile etkileşiminin tarihi, birçok bilim dalı ve üretim sürecinin çalışma konusu olmuştur. Toprak erozyonu da bu etkileşimin bir sonucudur. Ülkemizdeki erozyon tehlikesinin boyutunun fazla olduğu ve uygulamaya yönelik her türlü bilimsel ve uzmansal önleme veya koruma önlemleri alınmazsa, tehlike boyutlarının giderek artacağı ve özellikle toprak, topografya, su ve bitki örtüsü açısından geri-dönüşümsüz evrelere gelinebileceği açık bir şekilde bilinmektedir. Kaldı ki, hızlandırılmış toprak erozyonu ile zaten kısıtlı olan kaynaklarımız, gelecekte büyük bir tehdit altında kalabilir. Örneğin resmi verilerimize göre, ülkemizin %90'ını kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahiptir. Toplam arazi varlığımızın %47,98'inde eğim dikliği %20'den daha fazla ve %62,15'inde eğim %12'den fazladır. %2-20 eğime sahip arazilerimizin miktarı ise ancak 29,7 milyon ha'dır. Bununla birlikte, topraklarımızın sadece %14'ünde organik madde kapsamı %2'den fazladır; buna karşılık %64'lük bir kısmında bu düzey %1'den daha azdır. Etkili toprak derinliklerine bakıldığında, arazilerimizin %37,2'sinin işlemeli tarıma uygun olmayan 0-20 cm derinlikte olduğu belirlenmiştir (Anonim, 1978; Anonim, 1982; Çanga ve Erpul, 1994). Diğer bir değerlendirmeye göre, ülkemizde sorunsuz arazilerin yüzdesi 13,86 olmasına karşın, şiddetli ve çok şiddetli erozyonun etkisinin görüldüğü arazilerin oranı %58,74 dür. Türkiye'de 57,15 milyon ha arazinin su erozyonuna maruz kalmasına karşılık, rüzgâr erozyonu çok yaygın değildir ve toplam 506.309 ha alanda farklı düzeylerde rüzgâr erozyonu görülmektedir. Sadece işlemeli tarım yapılan 27,7 milyon ha arazi incelendiğinde, toplam 16,4 milyon ha arazide ana sorun olarak erozyon vardır (Anonim, 1987 ve 1998). Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin (E.İ.E.İ., 2006), 1999 ve 2005 yıllarını kapsayan sediment gözlemleri, Türkiye geneli için alansal ağırlıklı ortalama bir değer olarak hesaplanan askıdaki sediment veriminin 155 ton yıl<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> veya 119 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> olduğunu göstermektedir.

Buna karşın, toprak ve üst toprağın oluşum hızı, doğal olarak, 200 – 400 yılda 1mm'dir (Anthoni, 2000). Ülkemizin %90'ının kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahip olduğu dikkate alındığında, toprak oluşum hızının burada verilen aralığın daha ziyade üst sınırlarında gerçekleştiğini kabul etmek hiç de

\* Dr.Günay Erpul, Türkiye Toprak Bilimi Derneği, Toprak Muhafaza ve Erozyon Komisyon Başkanı  
Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 06110 Dışkapı, Ankara  
Tel : 0 312 5961796 E-mail: [erpul@agri.ankara.edu.tr](mailto:erpul@agri.ankara.edu.tr)

abartı olmayacaktır ( $1/400 = 0,0025 \text{ mm yıl}^{-1}$ ). Bu da  $0,025 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  veya  $0,0325 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  eder. Dünya çapında tarımsal amaçlı arazi bozmaları ile doğal toprak oluşma hızının 40 katı ve diğer nedenlerle yapılan bozmalar ile 100 katı kadar daha fazla toprak kayıplarının meydana geldiği de çok iyi bilinmektedir (Anthoni, 2000; Lang, 2006). E.İ.E.İ. (2006) verilerine göre basit bir hesap yapılacak olursa, ülkemizdeki toprak kayıpları hızının, toprak oluşum hızının yaklaşık olarak 48 katı olduğu belirlenebilir (n, Eş. [1]).

$$n = \frac{1,55}{0,0325} \cong 48 \quad [1]$$

Özet olarak, ülkemizdeki erozyonun kapsamı çok geniş ve mevcut durum hiç de iç açıcı değildir. Gerçekte doğal bir süreç olan toprak erozyonu, bugün farklı nedenler ile yapılan arazi bozmaları sonucu, ülkemizde tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. Ayrıca, aşırı arazi bozmaları sonucu ülkemizdeki hızlandırılmış erozyon oranlarının, yakın gelecekte, 48 defadan çok daha fazla olacağını beklemek gerçek ve güvenilir bir öngörü olacaktır.

Üstelik toprak erozyonu ile iklim arasındaki karşılıklı etkileşimlerden dolayı, geleceğe yönelik birçok erozyon tehlikesi değerlendirmeleri yapılmaya başlanmıştır. Öyle ki, ülkemizde toplam tarım alanlarının %1,5'ünü oluşturan 330 bin hektar alan rüzgâr erozyonu etkisi altında bulunmasına karşın (Anonim, 1978; Anonim, 1982; Çanga ve Erpul, 1994), iklim değişimi ile ilgili beklentiler Türkiye'nin çok daha kurak bir döneme gireceğini öngörmektedir (Karaca et al. 2008; Kömüşçü et al., 2003). Bu tahminlerin gerçekleşmesi durumunda ise, Türkiye'de rüzgâr erozyonu şiddetinin ve etkilediği alan miktarının artması muhtemeldir. Bunun yanında, iklim değişikliği ile yağış enerji ve şiddetlerinde önemli değişimlerin oluşacağı ve yağışların konumsal ve zamansal dağılımlarında da farklılıklar olabileceği beklenmektedir. Yüksek yağış miktarlarının kısa zaman aralıklarında düşmesi ile yüksek enerjili ve şiddetli kasırgalar ve bununla birlikte seller ve taşkınların şiddeti ve sıklığının artması düşünülmektedir (Karaca vd. 2008). Sözü kısası, geçmişten getirdiğimiz, hâlihazırdaki ve beklenen toprak erozyonu tehlikeleri göz önünde bulundurulduğunda, toprak bilim insanları, uzmanları ve çiftçilerimizin hem mevcut durumun iyileştirilmesi yol ve yöntemlerini uygulamaya geçirmesi hem de gelmesi olası tehditlere karşı hazırlıklı olması ve geçerli çözümleri üretebilmesi gerekmektedir.

Buna mukabil, toprak ve su koruma geleneğinin yerleşmiş olduğu ülkelerde, bilimsel bilgi ve yöntemler birikiminin yaşama aktarılması ile toprak, su, topografya ve bitkisel örtü kaynaklarının sürdürülebilir bir biçimde planlanması mümkün olmuştur. Açıkçası, tehlike boyutunun fiziksel ve niceliksel olarak değerlendirilmesi ve buna göre gerekli önlemlerin alınması ile ancak kaynaklar sürdürülebilir kılınmaktadır. Ne yazık ki, bilimsel olarak fiziksel arazi kaynaklarının değerlendirilmesi ve korunması yöntemlerinin uygulanması, doğrudan ülke genelinde iklim, toprak, topografya ve bitki örtüsü veritabanlarının varlığına ve bunların güncellenmesine bağlı olmaktadır. Hele ki, toprak erozyonu tehlikesinin değerlendirilmesi için kullanılan yöntemlerin değişkenlere dayalı fiziksel-temelli ve konumsal ve zamansal olarak olay-temelli bir yapıya doğru gidiyor olması, veri kümesi ihtiyacını her geçen gün daha da artırmaktadır.

Toprak erozyonu ve korunması açısından veya toprak ve su korumalı doğal kaynaklar kullanımı açısından ileri çıkan en önemli fiziksel değişkenler toprak, su ve bitki örtüsüdür ki bunların, daha önceden belirtildiği gibi, iklim, subilim ve topografya ile çok önemli karşılıklı etkileşimleri vardır. Bu nedenle, bir toprak erozyon araştırması veya toprak erozyonu yöntemlerinin ve çözümlerinin ortaya konulması, iklim, toprak, topografya ve bitki örtüsü bilgilerinin varlığı ile çok yakından ilişkilidir. Velhasıl, etkili çözümlerin ortaya konulması, her şeyden önce, bu etmenlerin yüksek hassasiyetlerdeki veri tabanlarının ülke genelinde oluşturulmasıyla sıkı sıkıya bağlantılıdır. Toprak erozyonu süreçlerinin bilinmesi ve süreçlerin işlerliğinin ayrıntılı bir şekilde ortaya konulması, toprak erozyonundan korunmanın mühendislik ve bitkisel yöntemlerinin belirlenmesini çok daha kolaylaştıracaktır. Herhangi bir toprak kaybı sürecinin veya dinamiklerinin neden-sonuç ilişkisi içerisinde açık bir şekilde ortaya konulması ise, bu alanda çalışan bilim insanları, mühendisler ve uzmanların birincil görevidir. Demek ki, ülke genelinde doğal kaynaklar veritabanlarının güncellenmesi ve yeni tahmin teknolojilerine karşılık

verebilecek bir şekilde yeniden düzenlenmesi ve yapılandırılması çalışmalarına biran önce başlanmalıdır. Oluşturulacak veri kümelerinin etkin bir şekilde kullanılması ile sorun-çözümsel yöntemlerin geliştirilmesi ve uygulanması daha hızlı ve etkin olabilecektir. Açıkçası, fiziksel-kökenli parametre zenginliğine dayalı modellerin geliştirilmesi ile veritabanlarına olan ihtiyaç gittikçe artmaktadır.

## MATERYAL VE METOT

Bilim ve teknolojinin gelişmesine paralel olarak, herhangi bir ülke, bölge veya havza temelinde, iklim, toprak, topografya ve bitki özelliklerine bağlı olarak toprak erozyonu tehlikesini ortaya konulması yöntemleri çeşitli ve çok sayıdadır. İlgili doğal unsurların birçok fiziksel parametrelerine dayalı çok sayıda matematiksel model bulunmaktadır; gün geçtikçe de sayıları artmaktadır. ETKE yaklaşımı (Evresel Toprak Kayıpları Eşitliği) (Wischmeier & Smith, 1978; Renard et al., 1997), ülke, bölge ve havza ölçeğinde toprak kayıplarının tahmininde kullanılan modellerden sadece bir tanesidir ve ülkemizde de erozyon tehlikesi değerlendirmeleri amacıyla son dönemlerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Erdogan et al., 2007; Ugur et al., 2008). Eşitlik aşağıda verilmiştir:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [2]$$

Burada,

A: ortalama yıllık toprak kaybı (ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>),

R: yağış aşındırma enerjisi (= E×I30) (MJ ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> × mm h<sup>-1</sup>),

K: toprak erozyon duyarlılığı (ton ha<sup>-1</sup> × ha MJ<sup>-1</sup> × h mm<sup>-1</sup>),

L ve S: sırasıyla, eğim uzunluğu ve dikliği (LS: topografik etmen),

C: bitkisel örtü ve ürün yönetimi ve

P: toprak-su koruma önlemleri etmenleridir.

Eş. [2]'de üstü-örtük olarak verilen bu su erozyonu yaklaşımının çözülebilmesi için, 5 ana etmenin alt parametrelerine gereksinim bulunmaktadır. Bunlar aşağıda kaba-taslak özetlenmiştir.

### 1. İklim

- Yağış miktarı, yağış süresi (= yağış şiddeti),
- Yağış enerjisi (yağış damla büyüklük dağılımı, damla düşme hızları vs.),

### 2. Toprak

- Fiziksel toprak özellikleri (toprak nemi, toprak sıcaklığı, tane büyüklük dağılımı, agregat büyüklük dağılımı, agregatlaşma indisi, agregat dağılım oranı, toprak su geçirgenliği, hacim ağırlığı vs.)
- Kimyasal toprak özellikleri: toprak oluşum özelliklerine bağlı olarak değişebilen birçok kimyasal toprak özelliği burada sayılabilir (katyon değişim kapasitesi, baz doygunluğu, kireç içeriği, pH, organik madde, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri vs.)
- Biyolojik toprak özellikleri: daha çok bitkisel örtü parametrelerini etkileme sürecinde organik maddeye bağlı olarak açıklanabilen birçok toprak parametresi ile karşılıklı etkileşimleri göz önünde bulundurulmaktadır (toprak sıcaklık ve nemine bağlı olarak mikro-organizma faaliyetlerinin durumu, anız yönetimi, organik madde parçalanması vs.),

### 3. Topografya

- Eğim (eğim uzunluğu, dikliği ve şekli)
- Drenaj ağı
- Havza şekli
- Yüzey pürüzlülüğü (küçük ölçekli yüzey topografyası)

### 4. Bitki örtüsü

- Arazi kullanım şekli
- Yüzey örtüsü

- c. Kanopi örtüsü ve yüksekliği
- d. Bitkisel örtü yönetimi

#### 5. **Toprak ve su korumalı tarım yöntemleri**

- a. Toprak işleme
- b. Topografya yönetimi (üretim şeritleri, koruyucu bitkisel şeritler, sekiler, çevirme hendekleri, bentler, göletler vs.)

Yukarıda belirtildiği üzere, sadece su erozyonu ile toprak kayıplarının belirlenmesinde fiziksel temelli bir matematiksel modelin işletilmesi veya çözülmesi için gerekli değişken sayısı oldukça fazladır. Ayrıca bu temel değişkenler, toprak bilim insanları, mühendisler, uzmanlar ve uygulayıcıların görüşüne açılabilir veya tartışılmaya açılarak geliştirilmek istenirse, daha kaç adet fazla değişken veya parametre buraya eklenebilecek durumdadır. Hele ki, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı bakımından, yukarıda verilen değişkenler arasındaki ikili, üçlü veya daha fazla karşılıklı etkileşimlerin göz önünde bulundurulması ve bunların iklim, toprak, topografya ve bitkisel örtüye bağlı olarak ortaya konulması, ilgili bilim dalının yani toprak bilim dalının birincil görevlerindedir.

Fiziksel çevrenin matematiksel olarak modellenmesi sadece değişken zenginliğini değil, fiziksel süreçlerin ve ölçeğin ortaya konulmasını da kaçınılmaz kılmaktadır. Hangi erozyon sürecinin (su erozyonu [yağmur damlası sıçratma erozyonu, yüzey erozyonu, parmak erozyonu, oyuntu erozyonu, akarsu kenar erozyonu, birikme], rüzgâr erozyonu [sürüklenme, sıçrama, uçma, birikme]) hangi ölçeklerde (ülke, bölge, havza, parsel, eğim boyunca) etkili olduğu bilgisine ihtiyaç vardır. Bu da, süreç tabanlı kullanılacak fiziksel modellerin ölçeklendirilmesi gerçekliğini beraberinde getirmektedir. Aynı zamanda, herhangi bir erozyon sürecinin zamansal ve konumsal değişiminin modellenmesi, fiziksel değişkenlerin sürekli bağıntılarının, yani zamana ve konuma bağlı değişimlerinin belirlenmesi ile de çok yakından ilişkilidir. Örneğin, toprak parçalanması ile yağış enerjisi arasındaki matematiksel bağıntı, toprak sıcaklığına bağlı olarak zaman içerisinde değişiklik göstermektedir. Donmuş topraklarda yağmur damlası sıçratması ile parçalanma olmamaktadır. Aksi halde, su ile doygun toprakta parçalanma en fazla olabilmektedir. Öyle ise, toprakların erozyon süreçlerine olan duyarlılıkları yıl boyunca değişiklik göstermektedir ve herhangi bir tahmin yöntemi bu değişiklikleri bir şekilde zaman-bağıntısal olarak temsil edebilmelidir. Ki böyle bir model yetisi veya ustalığı, herhangi bir mekânda ve zamanda oluşabilecek bir erozyon sürecinin neden olabileceği toprak kayıplarının hesaplanmasına olanak sağlayacaktır. Sonuç olarak, yetkin bir erozyon modelinin işlerliği ve geçerliliği, modelin fiziksel, süreç ve olay temelli olmasını gerektirmektedir. Bu da her bir erozyon sürecini etkileyen fiziksel değişkenlerin belirli bir konum ve zamanda değişimlerinin ve dağılımlarının belirlenmesini gerektirmektedir. Noktasal veri kümeleri, birçok bilimsel yöntem kullanılarak zamansal ve konumsal olarak sürekli matematiksel bağıntılar ile temsil edilebilmektedir.

Erozyon araştırmaları ile toprak, topografya, su ve bitki korumalı tarım yöntemlerinin geliştirilmesi, öncelikle model girdileri veri gereksinimlerinin doğru ve ayrıntılı bir şekilde belirlenmesini zaruri kılar. Tabii ki bu veri kümesi, konumsal ve zamansal analizlerin yapılmasına da fırsat tanımalıdır.

Bu bağlamda, ülke genelinde mevcut toprak, topografya, bitki örtüsü ve iklim haritalarını güncellemek ve yeniden düzenlemek gerekmektedir. 1986 yılında Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) tarafından güncelleştirilen toprak veri tabanı (ANONİM, 1986), toprak kayıplarını tahmin etmek amacıyla kullanılan matematiksel modeller için gerekli veri kümesini karşılamakta yeterli değildir. Öte yandan, topografya veri tabanımız oldukça iyidir (Harita Genel Müdürlüğü). Bakı ve eğim şekli gibi erozyon modellerine girdi oluşturabilecek alt-değişkenler ise Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracılığı ile çok kolaylıkla elde edilebilmektedir. Bunlara ek olarak, doğal su boşaltım desenlerinin elde edilmesi, havza sınırlarının veya su ayırım çizgilerinin belirlenmesi, eğim dikliği veya derecelerinin belirlenmesi, coğrafi bilgi yöntemleri ile ayrıntılı bir şekilde oluşturulabilmektedir. Daha ayrıntılı ölçeklerde oluşabilecek önemli topografya değişiklikleri ise belirli aralıklar ile yapılacak güncellemeler ile mevcut veritabanına eklenebilmektedir. Halen, Türkiye ölçeğinde CORINE (Coordination of Information on the Environment) (CORINE, 1992) yöntemi ile bitkisel örtü yüzeylerinin elde edilmesi ve ilgili veritabanı oluşturma çalışmaları, Çevre ve Orman Bakanlığı Bilgi İşlem Daire Başkanlığı tarafından

yürütülmektedir (<http://cevreorman.gov.tr>). Öncelikle su erozyonu çalışmalarında kullanılmak üzere gerekli iklim veritabanı ise Doğan (1987; 2002) ve Doğan ve Denli (1999) tarafından kurulmuştur. Türkiye ölçeğinde gerçekleştirilen bir TÜBİTAK projesi ile bu veri tabanı geliştirilmiş ve güncellenmiştir (Erpul, 2009). Görüldüğü gibi, toprak, topografya, bitki örtüsü ve iklim bilgi yüzeylerinin oluşturulması çabaları belirli ölçülerde sürdürülmekte olsa da, yeterli değildir. Bu veritabanlarının geliştirilmesi ve toprak erozyonu alanında geliştirilmiş modelleme çalışmalarında kullanılabilmesi için, ölçeğe bağlı olarak, bölgesel, havzasal ve yöresel değişkenlerin araştırmalar ile ortaya konulması elzem bir öncelik olarak önümüzde durmaktadır.

Doğal kaynak kullanımında veya korunmasında sürdürülebilirlik yaklaşımı temel alınmalıdır. Bu yüzden, doğal toprak oluşumlarının bilinmesi, arazi kullanım politikaları ve planlamalarının belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Yeryüzü genelinde ortalama olarak tam bir toprak profilinin oluşum süresi veya gelişim hızı 2.000 – 10.000 yıl olarak verilmektedir (Anthoni, 2000). Bu genel değerlerden bir planlama yapılabilmesi için, izin verilebilir toprak kaybı miktarları (T, ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>) belirlenebilir. Çizelge 1’de görüleceği gibi, toprak oluşum süresi 2.000, 6.000 ve 10.000 yıl olarak alındığında, ortalama izin verilebilir toprak kayıpları sırasıyla 5, 2 ve 1 ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Toprak, topografya, su ve bitki korumalı yöntemlerin uygulanmasında önerilen izin verilebilir toprak kaybı miktarları (T)

Toprak Oluşum Süresi = 2.000 yıl			
Toprak derinliği (cm)*	T (mm yıl <sup>-1</sup> )	T (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup> )	T** (ton ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup> )
150	0,75	7,5	9,75
100	0,50	5,0	6,50
80	0,40	4,0	5,20
60	0,30	3,0	3,90
40	0,20	2,0	2,60
20	0,10	1,0	1,30
Ortalama = 4,875 ≈ 5,00 ton ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup>			
Toprak Oluşum Süresi = 6.000 yıl			
Toprak derinliği (cm)	T (mm yıl <sup>-1</sup> )	T (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup> )	T* (ton ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup> )
150	0,25	2,5	3,25
100	0,17	1,7	2,21
80	0,13	1,3	1,69
60	0,10	1,0	1,30
40	0,067	0,67	0,87
20	0,033	0,33	0,43
Ortalama = 1,625 ≈ 2,00 ton ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup>			
Toprak Oluşum Süresi = 10.000 yıl			
Toprak derinliği (cm)	T (mm yıl <sup>-1</sup> )	T (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup> )	T* (ton ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup> )
150	0,15	1,5	1,95
100	0,10	1,0	1,30
80	0,08	0,8	1,04
60	0,06	0,6	0,78
40	0,04	0,4	0,52
20	0,02	0,2	0,26
Ortalama = 0,975 ≈ 1,00 ton ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup>			

\* toprak profil derinliği 20 cm ve 150 cm arasında alınmıştır;

\*\* toprak hacim ağırlığı 1,30 ton m<sup>-3</sup> olarak kabul edilmiştir.

Bu değerler, genel kaynak bilgilerine göre hesaplanmış olsa da (yazarların kendi önerdikleri genel yaklaşımdır), uygulamada eşik-değerler olarak alınabilir. İşte, ETKE denklemi (Eş. [2]), temelde iklim, toprak, topografya ve bitki örtüsü parametrelerini kullanarak toprak erozyonunu niceliksel olarak verme yeteneğine sahiptir ve toprak kaynaklarının planlanmasında başarılı bir biçimde kullanılabilir. Bu durumda, toprak erozyonu açısından aşağıda verilen koşulların kıstas alınarak işletilmesi, korumalı



tarımsal yöntemlerin geliştirilmesi ve bu yöntemlerin uygulanmasının ekonomisi açısından oldukça önemlidir.

1.  $A < T$ : Toprak derinliğinde artış olma koşuludur.
2.  $A = T$ : Sürdürülebilirlik koşuludur, toprak oluşumu ve kaybı oranları birbirine eşittir ve kuramsal olarak toprak derinliğinde bir değişim yoktur.
3.  $A > T$ : Toprak derinliğinde azalma vardır, oluşan miktarlardan daha çok toprak kayıpları söz konusudur.
4.  $A \gg T$ : Toprak derinliğinin bir hayli azaldığı ve ana kayanın açığa çıktığı bir koşulu ifade eder.

Eğer tarımsal üretimde toprak kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı bir uygulama politikası olarak belirlenecekse, en azından 2<sup>nci</sup> koşulun işlerliğinin sağlanması gereklidir.

ETKE yaklaşımı (Eş. [2]), birim zamanda birim yüzey alanından kayıp olacak toprak miktarları ( $A$ , ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>) ile izin verilebilir toprak kayıplarının ( $T$ , ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>) karşılaştırmalı analizini sağlayarak, toprak, topografya, su ve bitki kaynaklarının sürdürülebilir olarak planlanmasında önemli bir araç görevi yapar. Örneğin, Orta Anadolu Bölgesinde, 10.000 yıl, bir toprak profil oluşumu için dikkate alındığında, herhangi bir kuru tarım (buğday) arazisinde Eş. [2] yardımıyla belirlenen toprak kaybı ( $A$ ) 10 ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> olarak hesaplanmış ise,  $T / A$  oranı,  $1 / 10 = 0,1$  olacaktır. Erozyondan korunmada ilk olarak bitkisel önlemlere başvurulacağı için, aşağıdaki eşitlik (Eş. [3]) çözülerek, arazi bitkisel örtüsünde bir değişiklik önerilebilir. Burada,  $C_1 = 0.1 \times C_2$ 'dir, yani, hâlihazırdaki bitkisel örtü yönetiminin değiştirilmesi ve 10 katı daha fazla toprak koruma sağlayacak bir ürün yönetimi önerisinin yapılması gerekmektedir.

$$\frac{T}{A} = \frac{C_1}{C_2} \quad [3]$$

Eğer, iklim koşullarına bağlı olarak, arazi kullanım türleri çok sınırlı ise ve bitki veya üretim deseni değiştirilemiyorsa, Eş. [4] ile toprak, topografya, su ve bitkisel örtü korumalı bir arazi kullanım türü önerilecektir. Diğer bir deyişle, uygun bir bitkisel örtü değişimi ile 0,1 koşulu sağlanamıyorsa, toprak işleme veya topografya yönetimi ile (üretim şeritleri, koruyucu bitkisel şeritler veya sekiler), toprak kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı gerçekleştirilecektir.

$$\frac{T}{A} = \frac{(CP)_1}{(CP)_2} \quad [4]$$

Sonuç olarak, ülke, bölge ve havza ölçeğinde sürdürülebilir kaynak kullanım politikalarının belirlenmesinde, niceliksel ve çözümsel bir yaklaşım (Eş. [2]) etkin bir şekilde kullanılmış olacaktır.

Netice itibarıyla, son zamanlarda asri üretim ilişkilerinin etkisi altında bölgesel arazi kullanım planları ve havza kalkınma planlarının yapılması ile ekolojik kuşaklar ve özel ürün kuşaklarının yaygınlaştırılması, ülkesel doğal kaynaklar veritabanlarının yüksek duyarlılıkla oluşturulmasının ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, ekonomi politikalarına bağlı olarak, ülkemizde üretimin planlaması açısından yeni dengeler oluşmaktadır. Tarım, orman, mera, şehirleşme, enerji üretim alanları ve maden çıkarma alanları vs. arasında yeni dengeler ortaya çıkmaktadır. Arazi kullanım türleri birden bire değişebilmektedir. Yakın dönemde çıkarılan kararlar doğrultusunda, enerji üretimi ön plana alınmış ve birçok proje harekete geçirilmiştir; kimi yerlerde ise, maden sahaları mera, orman ve tarım üretimi ile arazi kullanımı açısından rekabete girmiştir. Bu örnekleri artırmak olasıdır; onlarca-yüzlerce durum ortaya konulabilir ve tartışılabilir. Ama burada, asıl üzerinde durulması gereken konu, yeni toplumsal-iktisadi koşullara bağlı olarak, doğal kaynak kullanımı ve sürdürülebilirliği açısından yeni dengelerin oluşuyor olduğudur. Doğal kaynakların kullanım siyasetleri açısından yasa-koyucu ve yapıcıya en büyük girdiyi ise, ilgili alanda çalışan bilim insanları, mühendis ve uzmanlar verecektir. Şehirleşme, hidroelektrik santralleri (HES), rüzgâr enerjisi santralleri (RES) ve maden çıkarma sahaları gibi bazı arazi kullanım türleri altında yapılan arazi bozmaları ile toprak, topografya, su ve bitkisel örtü kaynaklarının korunması çok güncel bir sorun olarak önümüze çıkabilmektedir. Sonuç olarak,

Türkiye’de bu sorunun üstesinden gelebilmek ve sürdürülebilir kaynak kullanım politika ve planlarını etkin bir şekilde uygulamaya aktarabilmek için, ETKE gibi niceliksel çözümleme ölçütleri sağlayan yaklaşımların biran önce yaşama geçirilmesi gerekmektedir. Geçerli ve yaygın bir veri kümesi gerektiren fiziksel modellerin, toprak kayıplarının tahmin edilmesi veya erozyon tehlikesinin değerlendirilmesinde ve uygulamada toprak, topografya, su ve bitki örtüsü kaynaklarının sürdürülebilir olarak planlanmasında etkin bir şekilde kullanılması icap etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 1978. Türkiye Arazi Varlığı. Toprak-Su Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Anonim, 1982. Türkiye Genel Toprak Amenajman Planlaması. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1982. Türkiye Genel Toprak Haritası Sayısal Toprak Veritabanı. Türkiye Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi (UBM) Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 1987. Türkiye Genel Toprak Amenajman Planlaması. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara
- Anonim, 1998. Tarım ve Mera Arazilerinin Yönetimi. Ulusal Çevre Eylem Planı. DPT, Ankara.
- Anthoni, J. F. 2000. Soil geology. [www.seafriends.org.nz/enviro/soil/geosoil.htm](http://www.seafriends.org.nz/enviro/soil/geosoil.htm).
- Çanga, M., Erpul, G. 1994. Toprak İşlemeli Tarım Alanlarında Erozyon ve Kontrolü. Topraksu, 3(2), 14-16.
- Corine. 1992. Soil Erosion Risk and Important Land Resources in the Southern Regions of the European Community. EUR 13233, Luxembourg.
- Doğan, O. 1987. Türkiye Yağışlarının Erosiv Potansiyelleri. (Erosive potentials of Turkey. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dogan, O., O. Denli. 1999. Precipitation – Aridity – Erosion Indices and Arid Periods in Turkey. General Directorate of Rural Services. Technical Publication No: 60. pp. 209.
- Doğan, O. 2002. Erosive potentials of rainfalls in Turkey and erosion index values of Universal Soil Loss Equation. Publications of Soil and Fertilizer Institute, Ankara, General Directorate of Rural Service, Turkey. Public. No: 220, R-120.
- E.İ.E.İ 2006. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü. Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri Yıllığı (1999-2005), Ankara.
- Erdoğan E. H., Erpul G, Bayramin, İ. (2007) Use of USLE/GIS methodology for predicting soil loss in a semi-arid agricultural watershed. Environ Monit Assess 131:153–161.
- Erpul, G., Bayramin, İ. Topçu Kaya, P. Saygın Deviren, S. 2009b. Türkiye’de Su Erozyonu Çalışmaları İçin Uzun Dönem Meteoroloji Verileri Kullanarak Ulusal Ölçekte Yağış Enerji Ve Şiddetlerinin Belirlenmesi. Tübitak Proje No: ÇAYDAĞ 107Y155.
- Karaca, A., Öztürk, H. S., Bayramin, İ., Erpul, G. Ve Suiçmez, B.K. 2008. Küresel ısınma ve ülkemiz tarımına etkileri. Türktarım, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Dergisi, 179. Pp. 24-29.
- Kömüşçü, A. Ü., Dorum, A. ve Ceylan, A. 2003 Yağış Şiddeti ve Tekerrür Sürelerine Göre Sel ve Taşkın Riski Analizi. III. Atmosfer Bilimi Sempozyumu.
- Lang, S. S. 2006. Slow, insidious' soil erosion threatens human health and welfare as well as the environment. ChronicleOnline, Cornell University.
- Özcan, A. U., Erpul, G., Başaran, M. Erdogan, H. E. 2008. "Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass – Çankırı, Turkey". Environmental Geology, 53: 1731-1741.
- Renard, K.G., Foster, G.A., Weesies, D.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 No. 703. USDA, Washington, DC.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses—A guide for conservation planning (agricultural handbook 537). Washington, DC: USDA.