

ISPARTA-DARİDERESİ HAVZASI TOPRAKLARINDA EROZYONA DUYARLILIĞIN ARAZİ KULLANIM ŞEKİLLERİNE BAĞLI DEĞİŞİMİ

Ayten EROL* Ahmet Alper BABALIK Koray SÖNMEZ Nilüfer SERİN

SDÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260, ISPARTA
*aytenerol@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma Antalya havzasının Isparta sınırları içerisinde yer alan Darıderesi havzasında yürütülmüştür. Havza alanının çıkışında sulama amaçlı bir baraj yapımı devam etmektedir. Bu nedenle, havzanın erozyon sorunları bakımından değerlendirilmesi zorunluluk halini almıştır. Bu gereksinimden hareketle planlanan çalışmada, Darıderesi havzasındaki toprakların erozyona karşı gösterdiği direncin, bazı erozyona duyarlılık indeksleri kullanılarak, arazi kullanım durumuna bağlı değişimleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler, araştırma alanı topraklarının erozyona duyarlılığının orman topraklarında daha az olduğunu ancak bu oranların sabit değerleri aştığını göstermektedir. Sonuç olarak, araştırma alanı toprakları erozyona duyarlıdır. Bu durum, baraj rezervuarının sediment taşınımı tehlikesi altında olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, havzadaki orman alanları korunmalı ve havzada hidrolojik boyutlu planlar yapılmalı ve uygulanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Darıderesi Havzası, Erodibilite İndeksleri, Arazi Kullanım Şekilleri.

ERODIBILITY CHANGES RELATED TO THE LAND USE TYPES OF ISPARTA-DARİDERESİ WATERSHED SOILS

ABSTRACT

This study was conducted in Darıderesi watershed which is located in Antalya watershed and is within border of Isparta province. In this area a dam aiming irrigation has been constructed. Since watershed is important for water production, it is necessary to determine erosion problems of watershed for future of the watershed. Thus, study considering this point was designed and resistance of soil in Darıderesi watershed to erosion was compared by using erosion sensitivity index depending on land use. The results showed that sensitivity of soil to erosion in the study area was at minimum in forested area, however these ratios exceeded fixed percentage. As a result, soils of study area are sensitive to erosion. This shows that dam reservoir is under threat of sediment deposition. For this reason forest area should be preserved and hydrological plans should be accomplished and applied in the watershed area.

Keywords: Darıderesi Watershed, Erodibility Indexes, Land Use Types.

1. GİRİŞ

Suyun toprak yüzeyinden taşınarak akması veya toprağın suyu iletebilmesinin erozyon olgusu üzerinde önemli etkilerinin olduğu bilinmektedir. Topraklar sahip oldukları fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri yardımıyla suyun aşındırma ve taşıma etkisine değişik oranlarda karşı koyarlar. Bu durum, aynı dış eroziv etkenler altındaki farklı toprakların, farklı derecede erozyona uğraması ile sonuçlanmaktadır. Bu farklılık, toprak özelliklerine bağlı olarak toprakların erozyona duyarlılıklarını da farklı derecede etkilemektedir. Bu nedenle su depolamak amacıyla tesis edilen barajların amacına uygun ve kapsamlı planlanması kadar, bu tesislerin inşasının tamamlanması sonrası ortaya çıkabilecek değişikliklerin belirlenmesi ve doğal kaynak kullanımını sürekli yararlanılabilir durumda tutacak önlemlerin alınması çok önemlidir (Özyuvacı, 1976). Barajlar, su toplamak ve istenildiği zaman yeterli ve kaliteli su sağlamak amacıyla inşa edildiklerinden, bu barajların içinde yer aldığı havzaların erodibilite özellikleri büyük önem kazanmaktadır. Bir su toplama havzasındaki erozyon durumu ile toprakların su iletim durumu belirlendiği takdirde, havzada yapılacak bir arazi kullanım planlamasının gerekliliği de ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda bu planlar su veriminin geliştirilmesine de önemli ölçüde katkı sağlarlar.

Su verimini istenilen düzeye getirmek için öncelikle su toplama havzalarının yetişme ortamı koşulları arasındaki ilişkilerinin bilinmesi gerekmektedir. Bir havzanın toprakları erozyona duyarlıysa veya havzada bir erozyon olgusu söz konusuysa arazi kullanma şekillerinde yapılacak bir değişimle veya alınacak kültürel, teknik ve idari önlemlerle toprağın üretim kapasitesi yanında yerinde korunması da sağlanabilir (Erol, 2004). Erozyon durumu; toprağın aşınabilirliğine, arazinin özelliklerine ve arazi kullanım durumuna bağlı olarak değiştiği gibi yağışın erosivitesine göre de değişebilir (Lal, 1988; Okatan vd., 2000). Nitekim su toplama havzaları; tarım, orman, mera, yerleşim alanı ve sanayi işletmeciliği gibi farklı disiplinlerin yer aldığı arazi birimleridir. Bu nedenle Karagül (1999)'ün de ifade ettiği gibi her bir havza için tek tek erozyon eğilimlerini elde etmeye yönelik yoğun araştırmaların yapılması gerekmektedir. Erozyon eğilimi, toprakların kendine özgü nitelikleri nedeniyle erozyona karşı gösterdikleri direncin derecesini ifade eder. Erozyon eğilim derecesini ifade eden toprak özelliklerinin sayısal olarak ifade edilmesi önemlidir. Özyuvacı (1978) bu durumu topoğrafik özellikler, arazinin kullanım durumu ve toprakların özelliklerindeki değişimlerle açıklamıştır.

Toprak ve su korumaya yönelik planlamalarda toprağın strüktürel devamlılığının değiştirilmesine karşı toprağın göstereceği direncin ve erozyona uğrama eğiliminin bilinmesine gerek duyulmaktadır (Sönmez ve Özdemir, 1988). Toprakların erozyon yaratma durumları, yağmurun enerji yükünün direkt ölçümü ile de iyi bir şekilde değerlendirilebilmektedir. Örneğin, Fournier'in (Lal, 1988) nehir havzaları için geliştirdiği, sonradan FAO tarafından değiştirilerek kullanılan erozyona duyarlılık indeksi ile iklim verileri, topoğrafik karakteristikler ve nehir havzalarından taşınan sediment yükü arasındaki ilişki esas alınarak yağmur erozyonu risk sınıfları belirlenebilmektedir. Bu erosivite indeksi "iklim indeksi" olarak da bilinmektedir.

ISPARTA-DARİDERESİ HAVZASI TOPRAKLARINDA EROZYONA DUYARLILIĞIN ARAZİ KULLANIM ŞEKİLLERİNE BAĞLI DEĞİŞİMİ

Ülkemiz topoğrafik koşulları göz önüne alındığında toprak korumanın en önemli amaçları olarak; a- Havza içindeki yenilenebilir doğal kaynakların erozyona yol açmayacak bir şekilde kullanılması, b- Erozyona uğramış havzalarda, erozyonun en doğru ve etkin yöntemler kullanarak önlenmesi başta gelmektedir (Hızal vd., 1992). Bu iki amaca ulaşmak, her şeyden önce havzaların, erozyonu etkileyen öğeler ve erozyon olayları açısından ele alınıp ayrıntılı bir şekilde incelenmesine bağlıdır.

Bu çalışmada, Darıderesi havzası topraklarının “erozyona duyarlılık oranları”nın belirlenmesi yanında, “yağış erozyon risk sınıfları” da ortaya konulmuş ve erozyona duyarlılık oranlarının arazi kullanım şekillerine bağlı değişimleri değerlendirilmiştir.

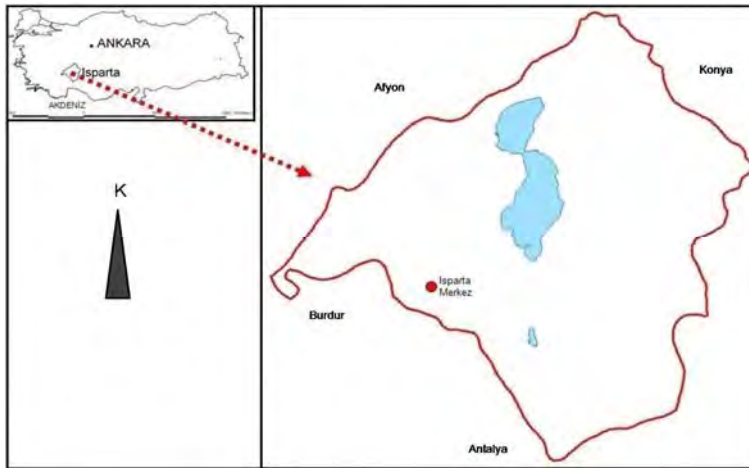
Çalışmanın amacı, içerisinde baraj yapımı devam eden havzalarda öncelikle arazinin erozyona duyarlılığının belirlenmesinin gerekliliğini vurgulamaktır. Bu doğrultuda su üretiminin sürdürülebilirliğini sağlamaya yönelik önlemler alınabileceği üzerinde durulmuş, çalışma sonuçlarının lokal düzeyde ilgili kuruluşlara yararlı olması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırma Alanının Genel Tanıtımı

2.1.1. Mevki

Araştırma alanı, Isparta il sınırları içerisinde yer alan Darıderesi yağış havzasıdır (Şekil 1). Antalya havzasının bir parçası olan bu havza; Isparta ili merkez ilçesinin güney doğusunda, Isparta-Antalya karayolunun kuzeyinde yer almaktadır. Darıderesi havzasının su kaynağını Isparta çayının bir kolu olan Darıderesi oluşturmaktadır (KHGM, 1994).

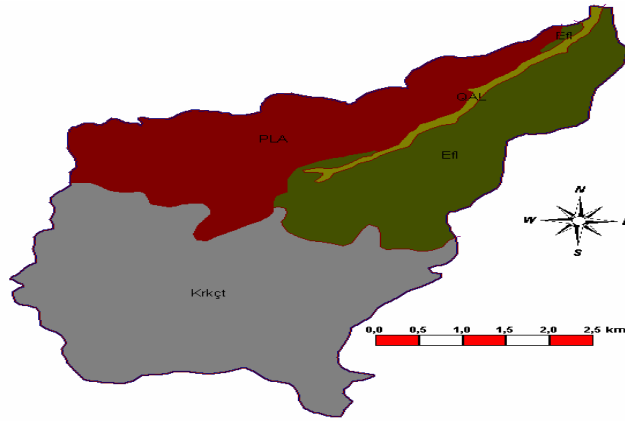


Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu

2.1.2. İklim, Jeolojik Yapı ve Toprak

Araştırma alanının iklim karakteristikleri (MGM, 2005), Thornthwaite yöntemi (Özyuvacı, 1999)'ne göre değerlendirilmiştir. Buna göre; araştırma alanı C1 B2' s2 b3' kurak-az nemli, mezotermal, yazın su açığı yok veya pek az olan, kışın çok kuvvetli su fazlası olan Okyanusal iklim etkisine yakın özellikler gösteren bir iklim tipine girmektedir.

Araştırma havzasının jeolojik formasyonu üst kretase kireçtaşları, pliyosen andezit, eosen fliş ve kuvarterner alüvyondan oluşmaktadır. Araştırma havzasına ait jeoloji haritasının yapımında, MTA'ya ait 1/100.000'lik jeoloji haritasındaki mevcut jeolojik formasyon arazide belirlenmiş ve yapılan karşılaştırmalarla topoğrafik haritaya aktarılmıştır. Aktarımlı arazi çalışmaları sonucunda alanın jeoloji haritası oluşturulmuştur (Şekil 2). 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita üzerinde belirlenen 4 jeolojik formasyondan araştırmaya en uygun özellikler taşıyan eosen fliş ana kayası sabit jeolojik formasyon olarak tespit edilmiş ve bu formasyon üzerinde çalışmalar yürütülmüştür (Çizelge 1).



Şekil 2. Darıderesi havzasının jeoloji haritası

(PLA: Pliyosen Andezit, Krkçt: Kireçtaşı, QAL: Kuvarterner Alüvyon, Efl: Eosen Fliş)

Çizelge 1. Araştırma alanı jeolojik formasyonunun toplam alana oranı

Jeolojik Formasyon	(ha)	(%)
Üst kretase kireçtaşları	1183.7	47.39
Pliyosen andezit	671.6	26.89
Eosen fliş	591.2	23.66
Kuvarterner alüvyon	51.5	2.06
Toplam	2498.0	100.00

Araştırma alanında yayılış gösteren toprak grubu kahverengi orman toprağı olup, arazi kullanım şekilleri; orman, mera ve tarım alanı (buğdaygil ve baklagil tarımı) şeklinde değişmektedir. Araştırmaya konu olan alanlar işlemeli tarıma

uygun olmayan veya sınırlı olarak uygun olan arazilerle, orman rejimindeki araziler şeklindedir. Bu araziler erozyon sorunu olan sığ topraklara sahip ve VI. sınıf arazileri kapsamaktadırlar. Araştırma alanı, jeolojik formasyon bakımından eosen fliş, kireç ana kayası, andezit ve aluviyal ana materyalden oluşan 4 farklı yapı göstermektedir. Araştırmaya konu olan (orman, tarım ve mera) alanların yapısını tanıtmak amacıyla seçilen örnekleme alanları, kahverengi orman topraklarını oluşturan eosen fliş ana materyali üzerinden elde edilmiştir. Örnekleme noktalarında, toprak derinliği sığ ve çok sığdır. Taşlılık, kayalık ve şiddetli erozyon problemleri görülmektedir. Arazi dik olmasına rağmen bazı kesimlerde kuru tarım ve meyve yetiştiriciliği yapılmaktadır.

2.1.3. Bitki Örtüsü ve Topoğrafik Durum

Darıderesi yağış havzasındaki bitki örtüsü havzanın alt ve üst kesimleri ile kuzey ve güney bakılarında bariz derecede farklılık göstermektedir. Havzanın güney kesiminde 1460 m'lik yükselti kademesine kadar olan bitki örtüsü genel olarak meşe, ardıç, alıç ve otsu bitki örtüsünden oluşurken, aynı bakının 1460 m'lik yükselti kademesinde karaçam ve sedir karışımı görülmektedir. Bitki örtüsü 1460 m'den sonra tamamen değişerek saf sedir meşçeresinden oluşmaktadır. Kuzey baki bitki örtüsü ise çoğunlukla karaçam ve meşeden oluşmaktadır. Genel olarak, havzanın alt kesimlerinde çoğunlukla *Quercus coccifera* (Kermes meşesi) ve *Juniperus oxycedrus* (Katran ardıcı), seyrek olarak da *Styrax officinalis* (Tesbih çalısı), *Berberis vulgaris* (Karamuk), *Creteagus crategina* (Alıç), *Rosa canina* (Kuşburnu) ve *Prunus spinosa* (Adi erik) türleri yer almaktadır.

Araştırma alanı, genel olarak 2498 ha büyüklüğündedir ve topoğrafik yapı bakımından oldukça engebelidir. En yüksek noktayı, güneyde Baca tepe (2271 m) ve Akdağ tepe (2098 m), güneydoğuda Çalbalı tepe (2082 m) oluşturmaktadır. Yağış havzasının su ayırım çizgisini oluşturan tepeler; kuzey-batı yönünden kuzey-doğu yönüne doğru, sırasıyla; Kocakır tepe (1366 m), Kara tepe (1757 m), Otbitmez tepe (1637 m), Kocasivri tepe (1704 m), Taşağıl tepe (1850 m), Çalbalı tepe (2082 m), Akdağ (2098 m), Baca tepe (2271 m), Karakaya tepe (1872 m) şeklindedir.

Alanda, çok dik eğim grubu (%65) egemendir. Bunu alansal olarak sırasıyla düz-hemen hemen düz (%24), dik (%7), orta eğimli (%2), eğimli (%1) ve hafif eğimli (%1) eğim grupları izlemektedir. Genel olarak kuzey ve güney bakılar hakimdir, ortalama yükselti 1569 m, ortalama eğim ise %58 olarak belirlenmiştir.

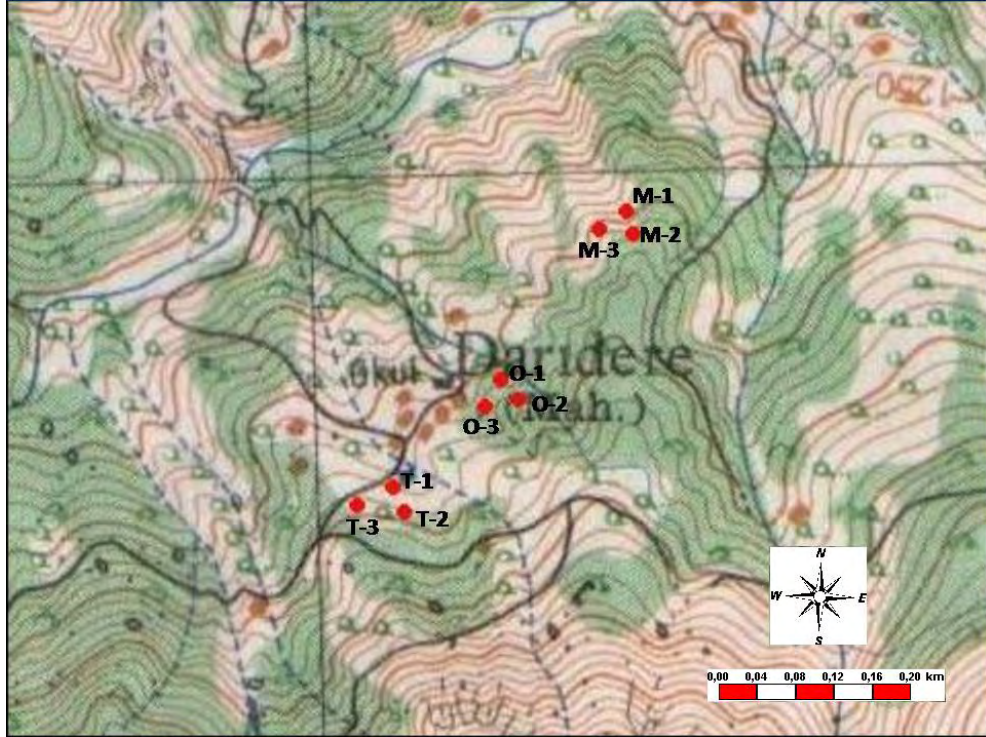
2.1.4. Sosyo-Ekonomik Durum

Darıderesi yağış havzası içerisinde, Isparta iline bağlı tek yerleşim alanı Darıdere köyü olup, köy sosyo-ekonomik bakımdan ilçe ile benzer özellikler taşımamaktadır. Darıdere köyünün ilçe merkezine uzaklığı yaklaşık 13 km'dir. Köy 50 haneden oluşan 100 nüfuslu bir köydür. Halkın başlıca geçim kaynakları hayvancılık ve kuru tarımdır. Havza sınırları içerisinde bulunan yerleşim alanı havzaya dağınık olarak yayılmıştır.

2.2. Araştırma Yöntemleri

2.2.1. Büro Yöntemleri

Araştırma alanının bazı erodibilite özelliklerinin arazi kullanım şekillerine bağlı değişimlerinin ortaya konulması amacıyla; bu alanın 1/25.000 ölçekli topoğrafya, 1/100.000 ölçekli jeoloji ve toprak haritaları sağlanmıştır. Elde edilen bu materyaller değerlendirilerek; yükselti kademesi (1300-1350 m), bakı (kuzey), eğim derecesi (%30-40), anakayası (eosen fliş) ve büyük toprak grubu (kahverengi orman toprağı) aynı olan orman, tarım ve mera kullanım alanlarından örnekleme noktaları belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Araştırmanın amacına uygun belirlenen örnekleme noktalarını gösteren topoğrafik harita bölümü (M: Mera, O: Orman, T: Tarım)

Araştırma alanının bazı özelliklerine ait çizelge ve şekiller, 1/25.000 ölçekli topoğrafik paftalardan yararlanılarak coğrafi bilgi sistemleri ile saptanmıştır. Yine topoğrafik paftalar, jeoloji ve toprak haritaları kullanılarak yükselti kademeleri, bakı ve arazi kullanım şekilleri belirlenmiştir.

2.2.2. Arazi Yöntemleri

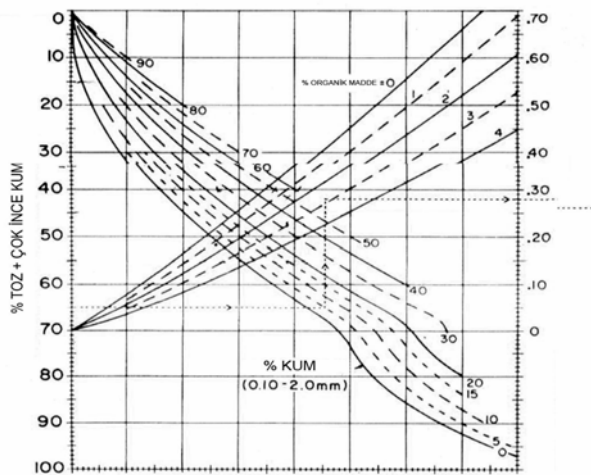
Büro çalışmalarında belirlenen aynı yükselti, bakı, eğim ve farklı arazi kullanım şekilleri harita üzerinde de belirlenmiş, belirlenen bu alanlar üzerinden elde edilen örnekleme noktaları GPS kullanılarak arazide saptanmıştır (Şekil 3).

2.2.2.1. Örnekleme Profil Yerlerinin Belirlenmesi ve Toprak Örneklerinin Alınması

Uygulama; büroda harita üzerinde saptanan 27 adet örnekleme noktası (1 yükselti kademesi x bakı x eğim derecesi x 3 arazi kullanım şekli x 3 örnekleme profili x 3 tekrür) 1300-1350 m arasındaki yükselti kademesi, kuzey bakı, %30-40 arasındaki eğim derecesi şeklinde sabitlenmiştir. Sabitlenen bu parametreler üzerinden üç farklı arazi kullanım şekli saptanarak 0-20 cm toprak derinliğinden bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Örnekleme deseni olarak küme örnekleme (Kalıpsız, 1994) seçilmiştir.

2.2.3. Laboratuvar Yöntemleri

Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analizleri; mekanik analiz (Bouyoucos Hidrometre metodu), tane yoğunluğu (Piknometre metodu), nem ekivalanı (ICE-Model CS international santrifüjü), organik madde (Walkley-Black Kromik asit metodu) değerlerinden oluşmaktadır (Piper, 1950; Gülçur, 1974). Laboratuvar analizleriyle belirlenen bu değerler kullanılarak bazı erodibilite indeks değerleri elde edilmiştir. Bu değerler; Dispersiyon Oranı, Kil Oranı, Kolloid-Nem Ekivalanı Oranı ve Erozyon Oranı'dır. Erozyona duyarlılığı belirlemede kullanılan bu değerler dışında USLE'deki K Faktörü de belirlenmiştir. K faktörü, toprakların bünyelerine bağlı özellikleri dikkate alınarak geliştirilen ve toprak erodibilite faktörünü "K" faktörünün ilk tahmini değerini veren nomograftan (Şekil 4) yararlanılarak bulunmuştur. Burada dikkate alınan faktörler; a) Toz+çok ince kum (%), b) Kum miktarı (%), c) Organik madde miktarı (%) olmuş ve elde edilen "K erodibilite değeri" ilk yaklaşık tahmini olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu "toz+çok ince kum" çapları 0.002-0.10 mm arasındaki taneciklerden oluşan fraksiyonlardır. Kum ise 0.10-2.0 mm çap dağılımındaki taneciklerdir. Nomografta kullanılan bu toprak özellikleri üst toprağı temsil eden 0-20 cm toprak derinliğine aittir (Wischmeier ve Smith, 1978).



Şekil 4. USLE denklemindeki K faktörünün ilk tahmini değerlerini veren grafik

2.2.3.1. Fournier İndeksi (Yağış erozivite indeksi)

Fournier indeksi taşınan materyal, iklim verileri ve topoğrafik özellikler arasındaki ilişkiyi ele alan bir indeks olup, “yağış erozivite indeksi” olarak adlandırılmaktadır (Lal, 1988). Nitekim toprakların erozyon oluşturma gücü ve yağış özellikleri dikkate alındığında erozyon tehlikesi taşıyan alanlarda Fournier indeksinin toprak ve su koruma önlemlerinin alınmasında yol gösterici olarak kullanılabilmesi ifade edilmektedir (MGM, 2009). Bu indeksin kullanılmasıyla, yağışın erozyon risk sınıfı değerlerini elde etmek amaçlanmıştır. Bu indeks, aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$C = \sum_{i=1}^{12} P_i^2 / P$$

C: Fournier indeksi

P_i: (i) ayındaki toplam yağış miktarı (mm)

P: Yıllık ortalama toplam yağış miktarı (mm)

2.2.4. İstatistik Değerlendirmeler

Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile erozyona duyarlılıklarını belirlemede kullanılan bazı erodibilite indekslerinin arazi kullanım şekillerine (orman-tarım-mera) bağlı değişimlerine ait verilerin değerlendirilmesinde, varyans analizi kullanılmış ve önemli çıkan analizlerde gruplaşmayı belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Araştırma Alanı Topraklarına Ait Bazı Özelliklerin Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Olarak Değişimi

3.1.1. Kum, Kil ve Toz Oranlarının Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Olarak Değişimi

Araştırma alanı topraklarının kum, toz ve kil yüzdeleri orman, tarım ve mera topraklarında sırasıyla %56.06, %25.30, %18.62; %63.44, %22.56, %14.00 ve %74.86, %15.96 ve %9.17’dir (Çizelge 2).

Duncan testi sonuçları; orman ve tarım topraklarında kum oranlarının benzer, mera topraklarında ise farklı ve daha yüksek olduğunu göstermektedir. Toz oranları da orman ve tarım topraklarında istatistiki anlamda benzer bulunurken, mera topraklarında istatistiki anlamda farklı ve daha düşük değerde bulunmuştur. Kil oranları ise istatistiki anlamda hem orman ve tarım topraklarında, hem de tarım ve mera topraklarında birbirlerine benzer bulunmuştur. Bununla birlikte, orman topraklarının kil oranı değeri tarım ve mera topraklarının kil oranlarına oranla nispeten daha yüksek değerde bulunmuştur.

Çizelge 2. Toprak örneklerinin laboratuvar analiz sonuçları

Örnek No	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Tane Yoğunluğu (gr/cm ³)	Nem ekivalanı (%)	Dispersiyon Oranı (%)	Kil Oranı	Kolloid-Nem Ekivalanı Oranı	Erozyon Oranı	Organik Madde (%)	pH (1/2.5)
Orman 1-1	57.46	20.85	21.69	2.31	26.08	34.32	3.61	0.83	41.27	4.48	7.70
Orman 1-2	62.04	20.86	17.10	2.32	37.83	38.12	4.85	0.45	84.33	5.17	7.70
Orman 1-3	58.26	20.67	21.07	2.44	31.95	34.62	3.75	0.66	52.50	5.25	7.70
Orman 2-1	45.51	28.90	25.59	2.49	27.95	26.3	2.91	0.92	28.73	3.98	7.90
Orman 2-2	52.10	22.52	25.38	2.13	28.08	39.23	2.94	0.90	43.40	4.11	7.85
Orman 2-3	47.39	27.14	25.47	2.39	27.65	19.62	2.93	0.92	21.30	3.89	7.85
Orman 3-1	57.89	30.96	11.05	2.31	29.28	29.61	8.04	0.38	77.76	7.01	6.75
Orman 3-2	57.72	31.09	11.19	2.35	28.45	19.51	7.94	0.39	49.60	7.27	6.70
Orman 3-3	66.19	24.74	9.07	2.36	28.45	54.54	10.03	0.32	171.08	6.67	6.70
Tarım 1-1	48.39	27.65	23.96	2.43	23.23	26.8	3.17	1.03	25.98	1.22	7.10
Tarım 1-2	51.15	27.65	21.20	2.44	24.13	26.78	3.72	0.88	30.48	1.34	7.15
Tarım 1-3	53.81	25.71	20.48	2.46	23.71	22.41	3.88	0.86	25.94	1.11	7.15
Tarım 2-1	70.63	20.70	8.67	2.48	23.50	28.29	10.53	0.37	76.68	2.62	6.70
Tarım 2-2	62.20	24.92	12.88	2.51	22.13	27.38	6.76	0.58	47.04	2.69	6.70
Tarım 2-3	68.56	20.69	10.75	2.44	24.85	65.81	8.30	0.43	152.13	3.11	6.70
Tarım 3-1	72.70	18.61	8.69	2.35	25.10	60.37	10.51	0.35	174.37	2.09	7.10
Tarım 3-2	72.81	18.54	8.65	2.34	22.90	53.14	10.56	0.38	140.68	2.67	7.05
Tarım 3-3	70.69	18.58	10.73	3.08	23.38	35.79	8.32	0.46	77.78	2.77	7.00
Mera 1-1	80.71	10.48	8.81	2.45	21.03	54.43	10.35	0.42	129.93	2.49	7.50
Mera 1-2	82.79	10.49	6.72	2.46	21.30	60.95	13.88	0.32	193.19	2.39	7.50
Mera 1-3	82.81	10.48	6.71	2.54	23.35	84.06	13.90	0.29	292.52	2.68	7.50
Mera 2-1	68.21	22.71	9.08	2.44	23.55	45.36	10.01	0.39	117.65	5.35	7.30
Mera 2-2	70.34	20.60	9.06	2.48	24.20	55.56	10.04	0.37	148.41	5.29	7.25
Mera 2-3	70.75	20.60	8.65	2.47	33.68	28.55	10.56	0.26	111.16	4.97	7.25
Mera 3-1	69.97	16.68	13.35	2.79	24.48	27.87	6.49	0.55	51.11	2.34	6.80
Mera 3-2	72.38	14.65	12.97	2.54	26.08	30.77	6.71	0.50	61.87	2.89	6.80
Mera 3-3	75.80	16.98	7.22	2.53	28.88	35.12	12.85	0.25	140.48	2.54	6.85

3.1.2. Nem Ekivalanı ve Tane Yoğunluğu Değerlerinin Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Olarak Değişimi

Nem ekivalanı değerleri orman, tarım ve mera topraklarında sırasıyla; %29.52, %23.66 ve %25.17 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2). Varyans analizi sonuçları; nem ekivalanı değerlerinin, tarım ve mera topraklarında istatistiki anlamda benzer, orman topraklarında ise daha yüksek ve istatistiki anlamda %5 düzeyinde farklı bulunmuştur (Çizelge 3).

Tane yoğunluğu değerleri ise orman topraklarında 2.35 gr/cm³ iken, tarım ve mera topraklarında sırasıyla 2.50 gr/cm³ ve 2.52 gr/cm³'dür. Bu değerler birbirlerine yakın görünmelerine rağmen istatistiksel olarak orman topraklarında tarım ve mera topraklarına göre daha düşük olduğu, bu farkın istatistiki anlamda %5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 3).

3.1.3. Organik Madde Miktarı ve pH'daki Değişim

Araştırma alanı topraklarının organik maddesi orman, tarım ve mera topraklarında sırasıyla %5.31, %2.18 ve %3.44 değerleri arasında değişmekte (Çizelge 2) ve aralarındaki farklılık istatistiki anlamda önemlidir (Çizelge 3). Araştırma alanı topraklarında pH'ın değişimi orman, tarım ve mera topraklarında sırasıyla; 7.43, 6.96 ve 7.19'dur (Çizelge 2). Bu değerler tarım ve mera toprakları ile mera ve orman topraklarında birbirlerine benzerlik göstermiştir. Bu değerler orman ve mera topraklarında istatistiki anlamda birbirlerine benzerken, tarım ve orman topraklarında daha yüksek ve istatistiki anlamda birbirlerinden farklı bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Toprak özelliklerine ait varyans analizi sonuçları

Toprak Özellikler	Arazi Kullanım Şekilleri Arasındaki İlişki (Orman-Tarım-Mera)
	F Katsayıları
Kum (%)	13.823*
Toz (%)	10.950*
Kil (%)	6.776*
Tane Yoğunluğu (gr/cm ³)	3.594*
Nem ekivalanı (%)	8.686*
Dispersiyon Oranı (%)	1.819 N.S
Kil Oranı	7.976*
Kolloid-Nem Ekivalanı Oranı	3,831*
Erozyon Oranı	3.843*
K Faktörü	0.614 N.S
Organik Madde (%)	16.032*
pH (1/2.5)	3.488*

N.S: İstatistiki anlamda önemsiz

*: İstatistiki anlamda %5 düzeyinde önemli

3.2. Araştırma Alanı Topraklarının Erodibilite İndekslerine Ait Bazı Özellikler

3.2.1. Dispersiyon Oranı, Kil Oranı, Kolloid-Nem Ekvivalanı ve Erozyon Oranı Değerleri

Araştırma alanı topraklarının dispersiyon oranı değerleri orman, tarım ve mera topraklarında 32.87, 38.53 ve 46.96 arasında değişmektedir (Çizelge 2). Dispersiyon oranı değerleri arasında istatistiki anlamda bir fark bulunmamıştır (Çizelge 3). Kil oranı değerleri ise, orman, tarım ve mera topraklarında 5.22, 7.31 ve 10.53 arasında değişmiştir (Çizelge 2). Kil oranı değerleri; orman ve tarım topraklarında istatistiki anlamda benzer bulunurken, mera topraklarında daha yüksek ve orman ve tarım topraklarından farklı bulunmuştur (Çizelge 3).

Kolloid-nem ekivalanı oranı değerleri (0.64, 0.59 ve 0.37); orman ve tarım topraklarında benzer bulunurken, mera topraklarında daha düşük ve istatistiki anlamda farklı bulunmuştur (Çizelge 3).

Erozyon oranı değerleri ise, orman, tarım ve mera topraklarında sırasıyla 63.33, 83.45 ve 138.48' dir (Çizelge 2). Erozyon oranı değerleri, istatistiki anlamda hem orman ve tarım topraklarında birbirlerine benzer, hem de tarım ve mera topraklarında birbirlerine benzer bulunmuştur (Çizelge 3). Bununla birlikte, mera topraklarında tarım ve orman topraklarına oranla daha yüksek bulunurken, orman topraklarında en yüksek erozyon oranı değerine rastlanmıştır.

3.2.2. K Faktörünün Değişimi

K faktörü orman, tarım ve mera topraklarında sırasıyla; 0.24, 0.29 ve 0.30' dur. Bu 0.20-0.40 arasında değişen değerler fazla derecede aşınabilir topraklar sınıfına girmektedir (Sönmez, 1994). K faktörü değerleri istatistiki analizlere tabi tutulduğunda da orman, tarım ve mera topraklarının K-faktörleri arasında istatistiki anlamda önemli bir fark görülmemiştir (Çizelge 3).

3.2.3. Fournier İndeksi (Yağış erozivite indeksi)

Bu indeksin kullanılmasıyla, yağışın erozyon risk sınıfı değerlerini elde etmek amaçlanmıştır. Buna göre Isparta'nın "Geliştirilmiş Fournier İndeksi", bir diğer ifadeyle yağış erozivite indeksi 52.70 olarak belirlenmiştir. Elde edilen yağış erozivite indeksine göre, Isparta'nın yağışa karşı erozyon riski düşüktür (Çizelge 4).

Çizelge 4. Geliştirilmiş Fournier indeksi sınıflaması (Doğan ve Denli, 1999)

Fournier indeksi dağılımı	Sınıfı	Anlamı
<60	1	Çok az
60-90	2	Az
91-120	3	Orta
121-160	4	Yüksek
>160	5	Çok yüksek

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırma alanını oluşturan eosen fliş anakayasası üzerindeki toprakların kum oranları mera topraklarında orman ve tarım topraklarına göre daha yüksek bulunmuştur. Toz oranları ise orman ve tarım topraklarında istatistiki anlamda benzer bulunurken, mera topraklarında daha düşük değerde bulunmuştur. Kil oranı değerleri orman topraklarında diğer iki kullanım şekline nazaran nispeten daha yüksektir. Irmak (1968), kum ve toz materyalinin genel olarak ana kayayı oluşturan minerallerin kısmen bölünmesinden meydana geldiklerini, kilin ise ana kayadaki minerallerin kimyasal ayrışması sonucu meydana geldiği ifade etmiştir. Bu durumda araştırma alanı topraklarının kum ve toz oranlarındaki değişimin arazi kullanım şekillerinden değil ana kayanın yapısından kaynaklandığı, kil oranlarındaki farklılığın ise orman topraklarında kimyasal ayrışma koşullarının daha etkili olmasından kaynaklanabileceği söylenebilir. Araştırma alanındaki orman topraklarının organik madde miktarının tarım ve mera topraklarına oranla daha yüksek çıkması da bu durumu desteklemektedir.

Orman topraklarında nem ekivalanı değeri diğer iki kullanım şekline nazaran %5 önem düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Nem ekivalanı değerlerinin, toprak tekstürüne ve organik maddesine bağlı olarak değiştiği bir çok bilimsel çalışmada vurgulanmıştır (Balcı, 1964, 1974, 1996; Irmak, 1968; Morgan, 1985; Schachtschable vd., 1994; Çevik, 1999; Kırdı ve Sarıyev, 2002). Araştırma alanı topraklarına ait bulgular da nem ekivalanının, tekstür ve organik madde içeriği ile bağlantılı olduğunu göstermektedir. Nitekim organik madde değerinin yüksek olması fazla miktarda su tutulmasını sağlayan bir etmen olarak nem ekivalanı üzerinde de etkili bulunduğu söylenebilir. Benzer şekilde kil oranı yüksek olan topraklarda nem ekivalanının yüksek olacağı da bilinmektedir.

Orman topraklarının tane yoğunluğu değeri diğer iki kullanım şekline göre daha düşüktür. Bu durumda tarım ve mera topraklarının orman topraklarına oranla daha sıkı bir yapıya sahip oldukları ve su geçirgenliğinin orman topraklarında daha iyi olduğu söylenebilir. Organik madde miktarı tüm arazi kullanım şekillerinde birbirlerinden farklı ve en yüksek değer sıralaması orman, mera ve tarım toprakları sıralamasını izlemektedir. Tarım ve orman topraklarının pH'ları istatistiki anlamda birbirlerinden farklı, ancak orman ve mera topraklarında nispeten daha yüksektir.

Dispersiyon oranları orman, tarım ve mera topraklarının tamamında %15'den büyük çıkmış ve topraklar erozyona dayanıksız bulunmuştur. Bir diğer ifadeyle tüm arazi kullanım topraklarında erozyona duyarlılık yüksektir.

Kil oranı değeri mera topraklarında orman ve tarım topraklarına göre daha yüksek ve istatistiki anlamda bulunmuştur. Bu durum kil oranının saptanmasında organik madde miktarının dikkate alınmamasından kaynaklanmaktadır. Nitekim orman, tarım ve mera topraklarının organik madde miktarlarına bakıldığında orman topraklarının organik madde miktarı bakımından mera topraklarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Öte yandan kil oranı için sınır bir değer yoktur. Toprağın kil oranı küçüldükçe erozyona karşı dayanıklılık derecesi de artmaktadır (Irmak, 1968; Gülçur, 1974; Sönmez, 1994). Bir diğer ifade ile mera topraklarının erozyona dayanıklılığı orman topraklarından daha azdır.

ISPARTA-DARİDERESİ HAVZASI TOPRAKLARINDA EROZYONA DUYARLILIĞIN ARAZI KULLANIM ŞEKİLLERİNE BAĞLI DEĞİŞİMİ

Kolloid-Nem ekivalanı değerleri orman ve tarım topraklarında istatistiki anlamda benzer bulunurken, mera topraklarında daha düşük ve istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Kolloid nem ekivalanı değeri, toprağın suyu geçirgenliğini yani permeabilitesini gösteren bir indeks olarak kabul edilmektedir (Balcı, 1996). Bu değer yüksek olması toprağın erozyona daha dayanıklı olduğunu, başka bir ifade ile infiltrasyonun daha yüksek ve yüzeysel akışın daha düşük olacağını göstermektedir. Buna göre araştırma alanı orman topraklarında yüzeysel akışın daha az olacağı, buna karşın mera topraklarında daha fazla yüzeysel akış olmasının beklenmesi gerektiği söylenebilir. Kolloid nem ekivalanı oranı için verilen sınır değer 1.5 olup bu değer 1.5'dan küçük ise toprak erozyona dayanıksız, 1.5'dan büyük ise toprak erozyona dayanıklı anlamına gelmektedir (Çizelge 5). Bu değerler baz alındığında araştırma alanı topraklarının orman, mera ya da tarım kullanımı altında olmasına bakılmaksızın erozyona karşı dayanıksız oldukları söylenebilir.

Araştırma alanı topraklarının erozyon oranı değerlerine bakıldığında; bu değer mera topraklarında tarım ve orman topraklarına oranla daha yüksek bulunmuştur. Erozyon oranı değerleri için belirlenen sabit değer 10 olup, bu değer 10'dan büyük olması toprakların erozyona dayanıksız, küçük olması ise erozyona dayanıklı oldukları anlamına gelmektedir (Çizelge 5). Buna göre araştırma alanı toprakları tümüyle erozyona dayanıksızdır. Ancak, bu durum mera topraklarında daha ciddi bir boyuttadır.

Çizelge 5. Bazı erodibilite indekslerine ait sabit değerler ve araştırma sonuçlarının bu değerlerle karşılaştırılması

Dispersiyon oranı (%)	Kolloid-nem ekivalanı oranı	Erozyon oranı	Kil oranı (%)
Erozyona >15 dayanıksız < 15 dayanıklı	Erozyona <1.5 dayanıksız >1.5 dayanıklı	Erozyona >10 dayanıksız <10 dayanıklı	Kil oranı büyürse, erodibilite artar.
Araştırma sonuçlarından elde edilen ortalama değerler			
39.45	0.53	95.09	7.69

Araştırma alanı toprakları K faktörü bakımından değerlendirildiğinde; darıderesi havzasındaki orman, tarım ve mera kullanımı altındaki tüm topraklar fazla derecede aşınabilir topraklar sınıfına girmektedir. Aralarındaki fark istatistiki anlamda önemli olmasa da aşınım derecesinin şiddeti orman, tarım ve mera topraklarına doğru bir artış eğilimi göstermektedir.

Toprakların erozyona duyarlılığını belirlemek amacıyla Fournier indeksi de hesaplanmıştır. Fournier indeksi yağışa bağlı bir erozivite indeksini ifade etmektedir. Isparta'nın 1931-1990 yılı gözlem sonuçlarına göre hesaplanan

Fournier indeksi 63.36 (yıllık ortalama yağış 587.8 mm) iken (Doğan ve Denli, 1999), 1975-2005 yıllı gözlem sonuçlarına göre bu değer 52.70 (yıllık ortalama yağış 511.5 mm) ile daha düşük bulunmuştur. Bunun başlıca nedeni yağışların son yıllarda azalmasından kaynaklanıyor olabilir. Bu durum yörede yağışa bağlı erozivitenin yıllar içerisinde değişmiş ve azalma yönünde bir eğilim göstermiş olabileceğini ortaya koymaktadır.

Araştırma alanının iklim verileri Thornthwaite yöntemine göre değerlendirilmiş ve buna göre yağış ile potansiyel evapotranspirasyonun aylık değişimi izlendiğinde; araştırma alanı topraklarında Mayıs ve Ekim ayları arasında su açığı olduğu, Ocak, Şubat ve Mart aylarında ise su fazlasının olduğu görülmüştür. Ayrıca araştırma alanı içerisinde bulunan ve yapımı devam eden barajın tamamlanmasının ardından, alanın rekreasyon amaçlı kullanımının yoğunluk kazanacağı da söylenebilir. Nitekim araştırma alanı Isparta şehir merkezine çok yakın bir mesafede olup, doğal özellikleri bakımından da ilgi çekici bir karakterdedir. Bu nedenle, alanın rekreasyon amaçlı kullanımı havza planlaması kapsamında ele alınmadığı takdirde baraja gidecek su miktarı üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilecektir.

Sonuç olarak; erozyon indeksi parametrelerine göre araştırma alanı topraklarının erozyona karşı duyarlılığı oldukça yüksektir. Bununla birlikte orman örtüsü altındaki alanlar, mera ve tarım alanlarına oranla erozyona nispeten daha fazla dayanıklıdır. Ayrıca orman topraklarının organik madde miktarları da diğer iki arazi kullanım şekline göre daha yüksek düzeydedir. Böylece orman alanlarındaki topraklar, tuttıkları fazla miktardaki suyu toprağa yavaş yavaş sızdırarak (Özhan vd., 2008) ve yüzeysel akışı minimum düzeye indirerek havzanın su üretimine en büyük katkıyı sağlamaktadırlar. Özellikle nadasa bırakılan tarım alanlarında ve aşırı otlatmanın etkisiyle üzerindeki bitki örtüsünü büyük ölçüde yitirmiş bulunan mera alanlarında ise yüzeysel akış ve dolayısıyla erozyon olayı daha fazla görülmektedir. Bu alanlardan baraj rezervuarına taşınan fazla miktarda sediment toplanan suyun kalitesini de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durumu kontrol altına alabilmek için; tarım alanlarında nadasa bırakma yerine rotasyonlu tarım yapılması, mera alanlarında ise otlatmanın kontrol altına alınması ve meraların ıslah edilmesi gerekmektedir. Havzada vakit kaybetmeden su üretimini arttırmaya ve erozyonu azaltmaya yönelik planlamalar yapılmalı ve en kısa sürede uygulamaya geçilmelidir. Böylece baraj gölüne taşınacak sediment miktarında önemli ölçüde azalma görülecektir. Bu durum, Isparta ilinin su ihtiyacının karşılanması bakımından büyük önem taşıyan barajın ömrünü uzatacağı gibi havzadaki doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımına da olanak sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma "SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi" tarafından desteklenen "Isparta-Daridere Havzası Topraklarında Erozyona Duyarlılığın Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Değişimi" konulu proje verileri baz alınarak hazırlanmıştır.

ISPARTA-DARİDERESİ HAVZASI TOPRAKLARINDA EROZYONA DUYARLILIĞIN ARAZİ KULLANIM ŞEKİLLERİNE BAĞLI DEĞİŞİMİ

KAYNAKLAR

- Balçı, A. N., 1964. Physical, Chemical and Hydrological Properties of Certain Western Washington Forest Floor Types, Thesis (Ph.D.) Dissertation, University of Washington, Seattle-Washington, USA.
- Balçı, A. N., 1974. Effect of Soil Moisture at Sampling Time on Soil Bulk Density and It's Hydrologic Significance, EOS, Transaction, AGU, Volume 56, Nr.12, December.
- Balçı, A. N., 1996. Toprak Koruması, İ.Ü. Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Dalı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 439, İ.Ü. Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul.
- Çevik, B., 1999. Toprak ve Su Koruma Mühendisliği, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ders Kitapları Yayın No. A-71, Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana.
- Doğan, O., Denli, Ö., 1999. Türkiye'nin Yağış-Kuraklık-Erozyon İndisleri ve Kurak Dönemleri, Genel Yayın No: 215, Teknik Yayın No: 60, Syf: 6, Ankara.
- Erol, A., 2004. Gümüşhane İli Köse Deresi Yağış Havzasında Toprak Oluşum Faktörlerinin Hidro-Fiziksel Toprak Özellikleri Üzerindeki Etkisi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul.
- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Hızal, A., Şengönül, K., Efe, A., Utku, M., 1992. Sığırcı Deresi Havzasında Erozyon Olgusu ve Bunun Manyas-Kuşgölünün Kirlenmesi Üzerine Etkileri, İ.Ü. Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezi, (ORARUM) Proje No: 1990/004, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.
- Irmak, A., 1968. Toprak İlimi, İ.Ü. Yayın No: 1268, Orman Fakültesi Yayın No: 121, Becid Basımevi, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1994. İstatistik Yöntemler, Üniversite Yayın No: 3835, Fakülte No: 427, ISBN 975-404-368-x, Syf. 159-160, İstanbul.
- Karagül, R., 1999. Trabzon-Söğütödere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ve Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23 (1999) 53-68.
- KHGM, 1994. Isparta İli Arazi Varlığı, T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No: 32, Ankara.
- Kırda, C., Saryev, A., 2002. Toprak Fiziği, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitapları Yayın No. A-79, Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana.
- Lal, R., 1988. Soil Erosion Research Methods, Soil and Water Conservation Society, ISBN 0-935734-18-X, St. Lucie, USA.
- MGM, 2005. Isparta Meteoroloji İstasyonu İklim Verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Ankara.
- MGM, 2009. Türkiye'de Erozyon Oluşturma Gücünü Gösteren Yağış İndislerinin Belirlenmesi, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Resmi Sitesi (<http://www.meteor.gov.tr/2006/zirai/files/yagisindis.pdf>), Erişim: 18 Şubat 2009
- Morgan, R. P. C., 1985, Soil Erosion and Conservation, John Willey and Sons Inc., New York.
- Okatan, A., Yüksel, A., Reis, M., 2000. Kahramanmaraş-Ayvalı Barajı Kızıldere Yağış Havzasında Toprakların Erozyon Eğilim Değerlerinin Hidrofiziksel Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi, Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 3, Sayı 1, 28-42.
- Özhan, S., Hızal, A., Gökbülak, F., Serengil, Y., 2008. Ormancılık ve Su Üretimi İlişkisi, Baraj Havzalarında Ormancılık I. Ulusal Sempozyumu, 29-30 Nisan 2008, 57-75, Kahramanmaraş.
- Özyuvacı, N., 1976. Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak- Su İlişkileri, İ.Ü. Orman Fakültesi Ormancılık Coğrafyası ve Yakın Şark Ormancılığı Kürsüsü, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 221, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.

SDÜ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

- Özyuvacı, N., 1978. Kocaeli Yarımadası Topraklarında Erozyon Eğiliminin Hidrolojik Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi, İ.Ü. Orman Fakültesi Ormancılık Coğrafyası ve Yakın Şark Ormancılığı Kürsüsü, Doçentlik Tezi, İstanbul.
- Özyuvacı, N., 1999. Meteoroloji ve Klimatoloji, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Rektörlük No: 4196, Fakülte No: 460, ISMN: 975-404-544-5, İstanbul.
- Piper, C.S., 1950. Soil and Plant Analysis. Interscience Publishers Inc., New York.
- Schachtschable, P., Blume, H. P., Brummer, G., Hartge, K. H., Schwertmann, U., Özbek, H., Gök, M., Kaptan, H., 1993. Toprak Bilimi, Çukurova Üniversitesi Yayınları No: 135, 12. Baskı, Adana.
- Sönmez, K., 1994. Toprak Koruma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 169, Erzurum.
- Sönmez, K., Özdemir, N., 1988. Iğdır Ovası Yüzey Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri İle Strüktürel Dayanıklılık Ölçütleri Arasındaki İlişkiler, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Dergisi, Cilt: 19, Sayı: 1-4, 155-163.
- Wischmeier, I. H., Smith, D. D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses-Aguide to Conservation Planning, United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook Number 537, Washington, D.C., 20402.