

Yarı-Kurak Doğal am Ormanlarında ölleşme Riskinin Modellenmesi*

Ebru GÜL^{1*}, Sabit ERŐAHİN¹

¹ankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakóltesi, Orman Mühendislięi Bölümü, ÇANKIRI

*Sorumlu yazar: ebru@karatekin.edu.tr

Öz

Çölleşme küresel ve bölgesel ölçekte en büyük çevre sorunları arasında yer almaktadır. Özellikle kurak ve yarı-kurak alanlarda iklim değişikliği ve insan etkisi sonucu meydana gelen arazi bozulmaları ve bitki örtüsündeki azalmalar ölleşmeyi hızlandırmaktadır. Bu alışma, ankırı il merkezine yaklaşık 45 km uzaklıkta, Yapraklı İlçesine bağlı yarı-kurak özelliğe sahip Sarıkaya bölgesinde bulunan doğal am ormanlarında ölleşme riskinin belirlenmesi amacıyla yürütölmüştür. Çölleşme riskinin hesaplanmasında Akdeniz ölkeleri için geliştirilmiş olan Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME) sistemi kullanılmıştır. Çalışma alanı yaklaşık 500 ha olup alanda *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe var. *pallasiana* ve *Pinus sylvestris* L. türleri bulunmaktadır. Arazi gözlemleri sonucunda, çalışma alanında rastgele seçilen 258 noktada toprak örnekleme yapılmış ve DIS4ME tarafından öngörölen am ormanları için ölleşme etüt formu doldurularak her bir noktaya ilişkin ölleşme risk değeri hesaplanmıştır. Çalışma alanı için ölleşme risk değeri en düşük 0,36 ile “Risk Yok” en yüksek 3,63 ile “Orta Risk” olarak bulunmuştur. Çölleşme riski çalışma alanı içerisinde %61,91 varyasyon katsayısı ile yüksek değişkenlik göstermektedir. Nitekim alışma alanının 320,79 ha’lık (%64,72) kısmı risk yok, 160,36 ha’lık (%32,56) kısmı düşük risk ve 13,45 ha’lık (%2,72) kısmı ise orta risk sınıfındadır. Çölleşme riski ile toprak kalite göstergelerinden agregat stabilitesi arasında önemli bir negatif korelasyon ($r = -0,39$) olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi Bozulumu, ölleşme göstergeleri, DIS4ME, Doğal am Ormanı

Modeling Desertification Risk in Semi-Arid Natural Pine Forests

Abstract

Desertification is among the biggest environmental problems on the global and regional scale. Especially in arid and semi-arid areas, land degradation and diminishing plant cover increase the importance of desertification. This study was carried out in order to determine desertification risk in natural pine forests in the semi-arid Sarıkaya region in Yapraklı District, 45 km to Çankırı city. Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME) was used to calculate the desertification risk. The study area is about 500 ha and *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe var. *pallasiana* and *Pinus sylvestris* L. species naturally exist in the study area. Soil samples were taken from 258 randomly selected points in the study area and the desertification survey forms were filled to collect necessary input values for DIS4ME. The desertification risk values ranged from 0.36 to 3.63. Desertification risk was highly variable (CV=61.91%) in the study area. The results further showed that 64.72% (320.79 ha) of the study area has no risk, 32.56% (160.36 ha) had low risk and 2.72% (13.45 ha) had medium risk of desertification. A significant correlation was found between desertification risk values and soil structure stability values.

Keywords: DIS4ME, Desertification Indicators, Land Degradation, Natural Pine Forest

1. GİRİŐ

Çölleşme; özellikle kurak, yarı-kurak ve yarı nemli alanlar ile kuraklık sınıfı ne olursa olsun yarı-kurak subtropikal Akdeniz ikliminin egemen olduğu bölgelerde, iklimsel-ekolojik değişimler ile fiziksel, biyolojik, siyasal, sosyal, kültürel ve ekonomik etmenlerin ve bu etmenler arasındaki ilişkilerin karmaşık etkileşimlerin oluşturduğu arazi bozulması veya üretkenliğin azalması sürecidir ((UNCCD, 1995; Türkeş, 2012). Kuraklık indis değerleri 0,05-0,65 arasında kalan kurak ve yarı-kurak alanlar

dünya üzerinde önemli bir yere sahiptir ve dünyanın % 34,7’sini kaplamaktadır (UNCCD, 2011).

Dünya üzerinde halen 900 milyon insan ve 100 ölkö ölleşme ve kuraklık problemi ile karşı karşıyadır. İklimde meydana gelen değişiklikler, yağışların azalması, insan etkisinin artması, yanlış arazi kullanımı, aşırı ve bilinçsiz otlatma, orman alanlarının tahribatı sonucu toprak ve bitki örtüsünde meydana gelen bozulmalar kurak ve yarı-kurak alanlarda ölleşme sorununu artırmaktadır (Dregne, 1986). Son yıllarda artan küresel iklim değişikliği, mevcut bitki örtüsündeki azalmalar ve

*Bu çalışmada kullanılan verilerin bir bölümü 16-18 Eylül 2014 tarihlerinde Konya’da gerçekleştirilen ‘II. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve ölleşme Sempozyumu’nda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

arazi bozulmaları sonucunda çölleşme sürecinin önemli boyut kazanması, araştırmacıları çölleşmeye karşı gerekli tedbirlerin alınması ve mevcut çölleşme durumunun belirlenmesi hususunda çalışmalarına yönlendirmiştir.

Özellikle dünyada birçok ülkede araştırmacılar bölgesel olarak çölleşme durumu ve çölleşme göstergelerini incelemişlerdir (Brandt and Thornes, 1996; Dregne, 2002; Huang and Siegert, 2006; Brandt and Geeson, 2015). Yapılan çalışmalar içerisinde özellikle diğer çalışmalara da ışık tuttuğu ve araştırmacıları yönlendirdiği için Kosmas et al. (1999) tarafından hazırlanmış olan Akdeniz bölgesi arazi kullanımı ve çölleşme durumunun belirlendiği MEDALUS (Mediterranean Land Use and Desertification) projesi dikkat çekmektedir. Bu proje ile Akdeniz bölgesi için çölleşme riskinin belirlenmesine yönelik bir modelleme çalışması yapılmıştır.

Yapılan diğer önemli bir çalışma da Jane Brandth editörlüğünde MEDALUS projesi ile bağlantılı olarak Avrupa Ülkeleri için Çölleşme Göstergelerinin belirlendiği DIS4ME (Desertification Indicator System for Mediterranean Europe) dir. Akdeniz ülkelerinde çölleşme durumunun belirlenmesi için tasarlanan DIS4ME sistemi yaklaşık olarak 150 çölleşme göstergesi üzerinden çalışmaktadır. Çölleşme göstergeleri Portekiz, İspanya, İtalya ve Yunanistan gibi çölleşmenin etkili olduğu bölgelerde belirlenmiştir. Sistem içerisinde çölleşme göstergeleri ekolojik, ekonomik, sosyal ve kurumsal yönlerine göre kategorize edilmiştir. Fiziksel ve ekolojik göstergeler: iklim, su, yüzeysel akış, toprak, vejetasyon ve yangın; ekonomik ve sosyal göstergeler ise tarım, arazi yönetimi, arazi kullanımı, toprak işleme, çiftçilik, su kullanımı, turizm ve makro ekonomik göstergelerden oluşmaktadır (Desertlinks, 2004).

Çölleşme göstergelerinin alana özgü (topografya, toprak, iklim, bitki özelliklerinin yöresel olarak seçimi) seçilmesi, beraberinde risk durumunun ve dolayısıyla çölleşme eğiliminin daha net belirlenmesini sağlamaktadır. Böylelikle alan için risk durumuna ilişkin yapılan sınıflama sonucunda alınabilecek tedbirler daha güvenilir olacaktır. Nitekim Kosmas et al. (2006) Akdeniz'in kurak ve yarı-kurak alanlarında çölleşme için çevresel duyarlı alanlar (Environmentally Sensitive Areas ESAs) ile çölleşme göstergeleri üzerine yapmış oldukları çalışmada; çölleşme göstergelerinin arazi kullanım

tipine göre seçilmesi ile alanın çölleşme durumunun daha net ortaya konulacağını belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, Akdeniz bölgesi ülkeleri için geliştirilmiş olan DIS4ME sistemi, yarı-kurak özelliğe sahip çalışma alanında çölleşme riskinin hesaplanmasında kullanılmış ve çölleşme riski ile toprak kalite göstergeleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

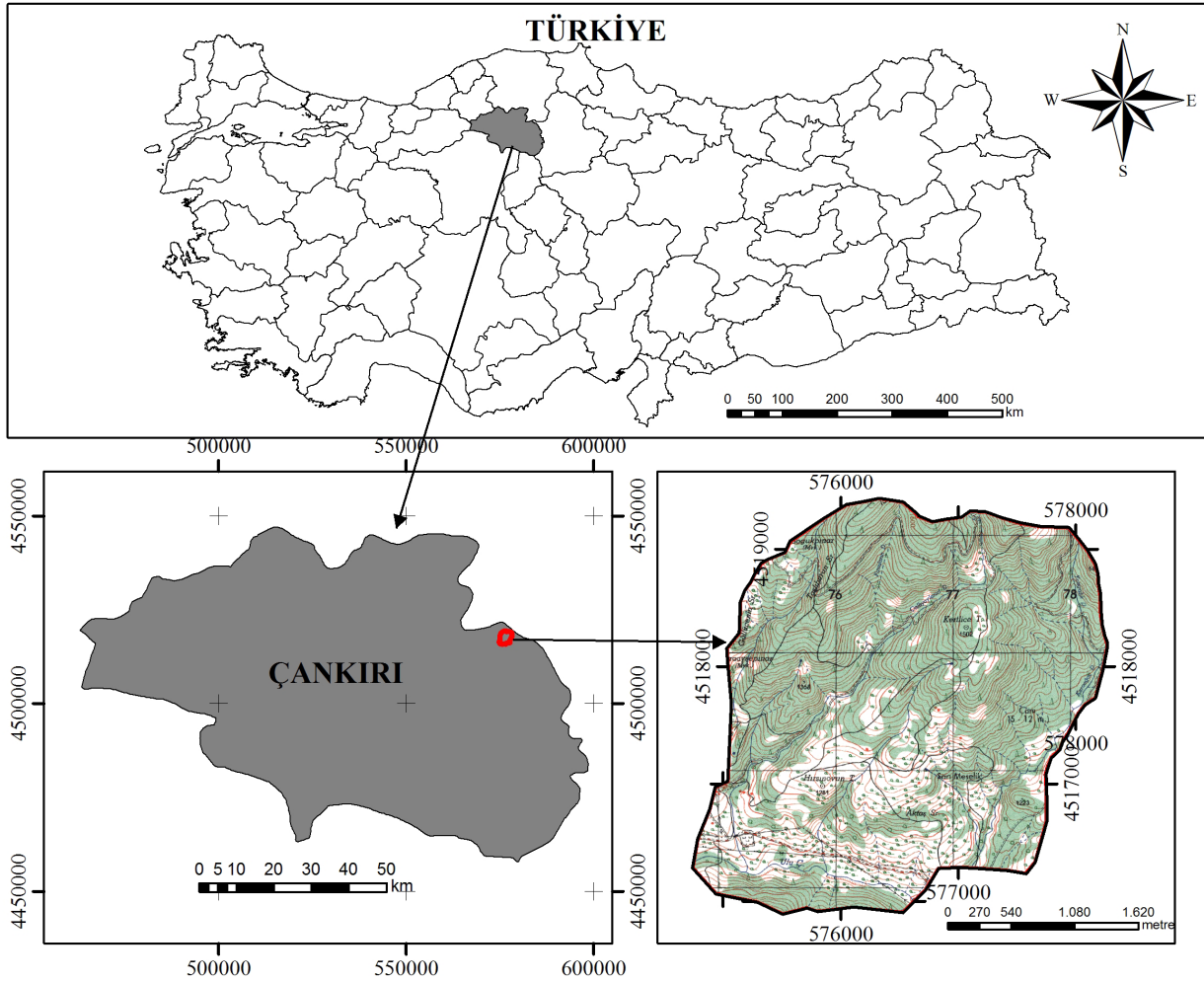
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma, Çankırı iline yaklaşık 45 km mesafede, İç Anadolu bölgesinin orta Kızılırmak bölümünde yer alan Yapraklı ilçesine bağlı Sarıkaya Bölgesi'nde yürütülmüştür. Konum itibariyle 40° 45'-40° 52' Kuzey enlemleri ile 33° 37' - 33° 52' Doğu boylamları arasında bulunan çalışma alanı 1/25 000 ölçekli topografik haritada Çankırı- G31-b3 paftasında yer almaktadır (Şekil 1).

Çalışma alanının bulunduğu yükseklikte meteoroloji istasyonu bulunmadığı için Çankırı Meteoroloji İstasyonu'ndan (Anonim, 2014) alınan ortalama sıcaklık ve yağış değerlerine ilişkin veriler enterpole edilmiştir (Çepel, 1995; Kılınç ve ark., 2006). Enterpolasyon 750 m yükseklikten ortalama 1250 m yükseklik için yapılmıştır. Enterpolasyon sonucunda çalışma alanının ortalama sıcaklığı 9,0°C'dir. Aylık ortalama sıcaklıklar -1,8°C (Ocak) ile 20,3°C (Temmuz- Ağustos) arasında değişmektedir. Çalışma alanında sıcaklık sıfırın altına Ocak ve şubat aylarında düşmekte, Şubat ayından itibaren Ağustos ayına kadar artmaktadır. Yıllık ortalama yağış miktarı 675 mm olup, en fazla yağış 89,8 mm ile Mayıs ayında, en az yağış ise 27,1 mm ile Eylül ayında düşmektedir.

Çalışma alanı jeolojik yapısını, ofiolitik seri ve bazaltlar oluşturmaktadır. Kuzeyden Ilgaz masifi yükseltisi ile sınırlanan bölgede Neojen iç denizinin çökelleri hâkimdir. Eosen ipresiyenin denizel gri marnları ile Oligosen kalın kızıl renkli konglomeralarla, Mioseevaporit serisi ile pliosen çakıltası-kumtaşı ile temsil edilen bölgede Oligosen çakıltası ilgi çekici kalmılık göstermektedir. Bölge Anatolitlerin kuzeyinde yer almakta olup, Kuzey Anadolu fayının güneyinde Ilgaz masifi ile İç Anadolu çöküntü sahası arasındadır. Bölge sık sık hareketlerin etkisinde kalmış olup büyük faylar oluşmuştur (Çalapkulu and Shadaydeh, 1967).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası (Anonim 2013b, Yapraklı İlçesi 1/25000 lık Amenajman Haritası'ndan ArcGIS 10.3 kullanılarak hazırlanmıştır)

2.2 Toprak Örnekleme ve Analizler

Çankırı ili Yapraklı ilçesi Sarıkaya bölgesinde bulunan *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe var. *pallasiana* ve *Pinus sylvestris* L. türlerinin bulunduğu çam ormanlarında çölleşme riskinin modellenmesi amacıyla rastgele belirlenen 258 noktada örnekleme yapılmıştır (Şekil 2). Toprak örnekleme eş yükselti eğrilerine paralel yapılmış olup, örnekleme noktaları arasındaki minimum mesafe 200 metredir. Bu amaçla, belirlenen her bir noktadan toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla 0-30 cm derinlikten bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri laboratuvarında kasalara serilerek hava kuru hale getirildikten sonra dövülüp 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazırlanmıştır.

Toprak örneklerinde parçacık büyüklük dağılımı (tekstür) Bouyoucos Metoduna göre (Gee and Bauder, 1986), hacim ağırlığı silindir metoduna

göre (Blake and Hartge, 1986) agregat stabilitesi Islak Eleme Metoduyla (Kemper and Rosenau, 1986), toprak pH'sı (McLean, 1982) ve elektriksel iletkenlik (EC) cam elektrot ile (Rhoades, 1982) yapılmıştır.

2.3 Diğer Gözlemler

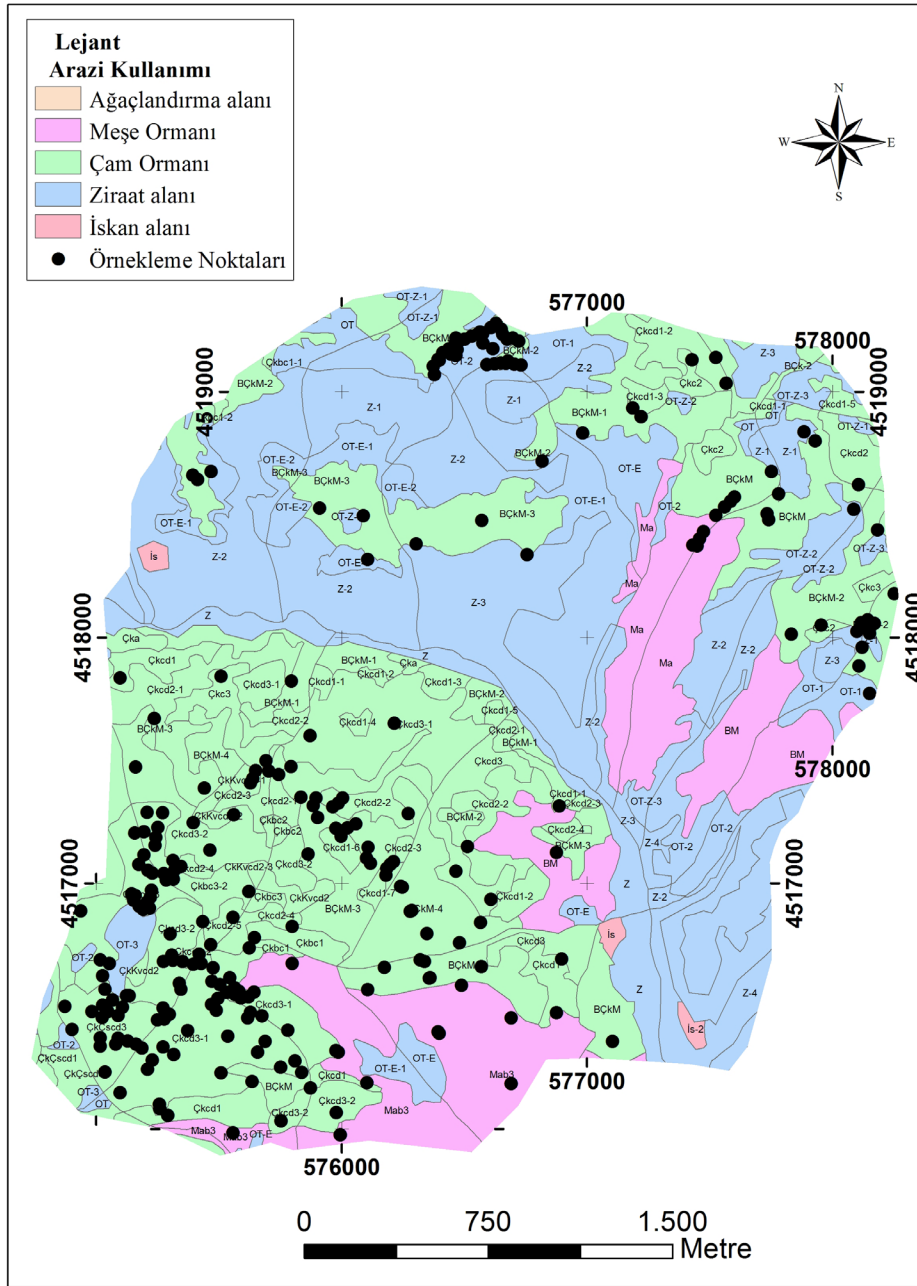
Çalışma kapsamında toprak örneklemesinin yapıldığı her bir noktada çölleşme risk değerlerine göre sınıflarının belirlenmesinde Desertification Indicator System for Mediterranean Europe (DIS4ME) sisteminden yararlanılmıştır. DIS4ME sistemi 2004 yılında Jane Brandt editörlüğünde, bilim insanlarına, politikacılara ve çiftçilerinde dahil olduğu kullanıcılara Akdeniz'in Avrupa Ülkeleri için Çölleşme Göstergeleri hakkında geniş bir yelpaze de bilgi vermek amacıyla Desertlinks araştırma projesi kapsamında geliştirilmiştir. Proje ile çölleşmenin

nerelerde problem olduğunun tanımlanması, sorunun ne derece kritik olduğu ve çölleşme süreçlerinin daha iyi anlaşılması hedeflenmiştir. DIS4ME sisteminin temelini çoklu regresyon analizi oluşturmaktadır. Sistem çölleşme risk değerini bağımlı değişken, belirlenen bütün göstergeleri ise bağımsız değişken olarak kabul etmektedir (Desertlinks, 2004).

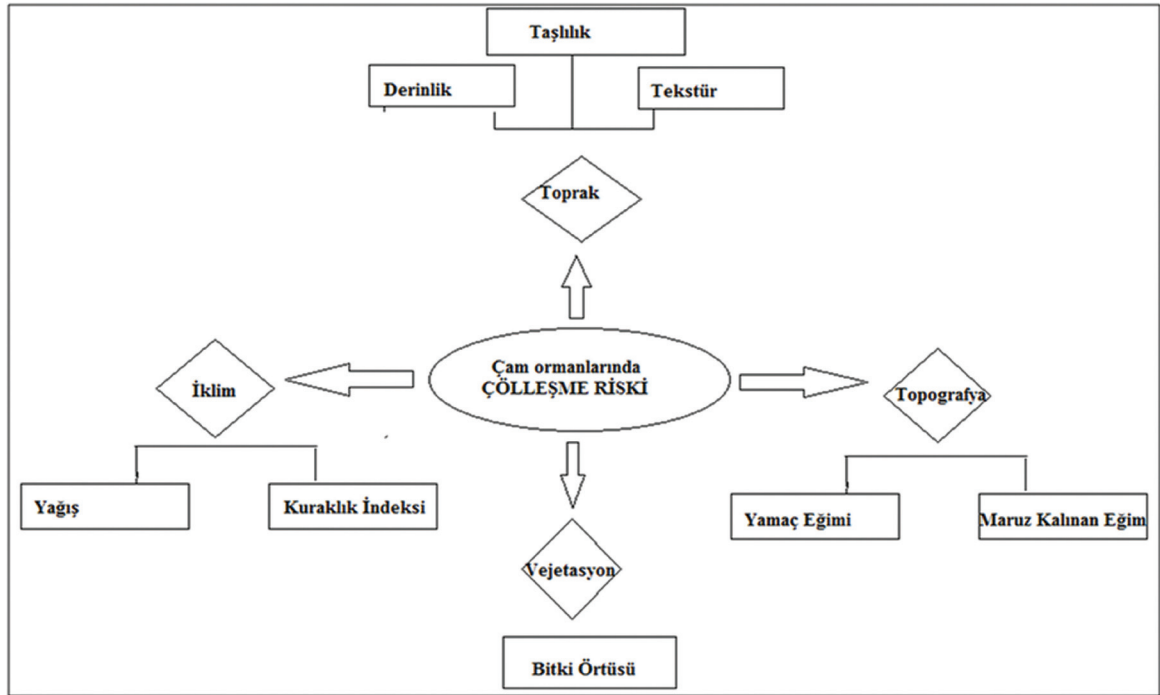
Çalışma alanında toprak örnekleme yapılan her bir noktada çölleşme risk değerine göre sınıfların belirlenmesinde kullanılmakta olan DIS4ME sistemi kapsamında; Çam Ormanları için belirlenen Şekil

1'deki algoritmada yer alan göstergeler kullanılmış ve her bir nokta için Çizelge 1 de yer alan çölleşme etüt formu doldurulmuştur.

Bu kapsamda DIS4ME tarafından kullanılan ana bileşenler (İklim, toprak, topografya ve yönetim karakteristikleri) ile çölleşme etüt formunda kullanılan alt bileşenler (Örn: İklim karakteristikleri ana bileşeni için Yağış, Kuraklık indeksi ve Bakı alt bileşenleri) ile ilgili seçilen göstergeler arazi kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanında bulunan çam ormanları için örnekleme noktaları (Anonim 2013b, Yapraklı İlçesi 1/25000 lik Amenajman Haritası'ndan ArcGIS 10.3 kullanılarak hazırlanmıştır)



Şekil 3. Çam Ormanları için Çölleşme Göstergeleri (Desertlinks, 2004)

Çizelge 1.Çam ormanları için örnek çölleşme etüt formu (Desertlinks, 2004)

Alan Numarası:	Tarih:	Çölleşme Riski:
Araştırmacı:	Yer:	
Yükseklik (m):	Enlem:	
Erozyon Derecesi:	Boylam:	
Mülkiyet ve Arazi Durumu	Mülkiyet Tipi	Özel/Kiralık/Diğer
	Alan Büyüklüğü (ha)	<1/1-5/5-10/10-30/30-50/50-100/>100
Şimdiki Arazi Kullanımı	Arazi Kullanım Tipi	Tarım/Mera/Çam Ormanı/Meşe Ormanı/Diğer
	Mevcut Arazi Kullanım Tipinin Oluşum Süreci	<1/1-5/5-10/10-20/30-50/>50
Önceki Arazi Kullanım Tipi	Arazi Kullanım Tipi	Tarım/Mera/Çayır/Orman/Maden/Diğer
	Toprak Derinliğı (cm)	<15/15-30/30-60/>60
	Eğim (%)	<6/6-18/18-35/>35
	Drenaj	İyi/Zayıf/Çok Zayıf
Toprak Özellikleri	Tekstür	Çok kaba/Kaba/Orta/İyi/Çok İyi
	Ana Materyal	Kireç Taşı/Kum Taşı/Marl/Kil/Konglomera/Alüvyal/Kolüvyal/Diğer
	Taşlılık (%)	<15/15-40/>40
İklim Özellikleri	Kuraklık İndeksi	<50/50-75/75-100/100-125/125-150/>150
	Bakı	KD, KB/GD, GB/Düzlük (Ova)

ÇDA: Çevresel Duyarlı Alan, KB: Kuzeybatı, KD: Kuzeydoğu, GB: Güneybatı, GD: Güneydoğu

2.4 Çölleşme Riskinin Hesaplanması

DIS4ME çam ormanlarında çölleşme riskinin hesaplanmasında birçoklu regresyon modeli olan Eşitlik 1'i kullanır. İlgili ekrandaki girdiler girilerek DIS4ME tarafından çölleşme riski hesaplanmış ve sınıflandırılmıştır.

$$\text{ÇR} = (7.94) - (0.56 \times \text{Bitki Örtüsü}) - (0.62 \times \text{Derinlik}) + (0.38 \times \text{Eğim Derecesi}) - (0.32 \times \text{Tekstür}) - (0.53 \times \text{Taşlılık}) - (2.26 \times \text{Yağış}) + (1.13 \times \text{Kuraklık indeksi}) + (0.65 \times \text{Bakı}) \quad (1)$$

Çölleşme riski (ÇR) hesaplanan değerler dikkate alınarak aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

- Risk yok: $\text{ÇR} < 1.49$
- Düşük Risk: $1.50 < \text{ÇR} < 2.49$
- Orta Risk: $2.50 < \text{ÇR} < 5.49$
- Yüksek Risk: $\text{ÇR} > 5.50$

Çalışma alanında yer alan çam ormanları için DIS4ME sistemi kullanılarak çölleşme

riski hesaplandıktan sonra çölleşme riskinin uzaysal değişikliği analiz edilerek çölleşme risk haritası oluşturulmuştur. Hesaplanan çölleşme risk değerlerinin uzaysal değişkenliğinin değerlendirilmesinde GS+ (7. Versiyon) paket programı kullanılmıştır (Gamma Design Software 2004). Uzaysal değişkenliğin analizinde semivaryogram oluşturulmuş, daha sonra çapraz değerlendirme yapılarak semivaryogramın geçerliliği test edilmiştir ve en son krigleme yapılarak örnekleme yapılmayan noktalarda çölleşme riskinin tahmin edilmesi sağlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanında 258 gözlem noktasında toprak özellikleri ve diğer bazı çölleşme göstergelerine ilişkin hesaplanan tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2' de verilmiştir. Çalışma alanı toprakları geneli Kumlu Killi Balçık (KuKB), Killi Balçık (KB) ve Kil (K) özellik gösteren orta ve ağır bünyeli topraklardır.

Çizelge 2. Çölleşme riski ile topografya, toprak ve bitki özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler (n=258).

Parametreler	Min.	Mak.	A.O.	Std. Sap.	VK (%)
ÇR	0,08	3,63	1,16	0,72	61,91
BÖ (%)	5,00	100,00	61,17	29,35	47,98
TD (cm)	22,00	80,00	34,47	6,00	17,39
Kum (%)	14,00	69,00	37,51	9,27	24,73
Kil (%)	21,00	61,00	38,41	7,54	19,63
Toz (%)	7,00	42,00	24,30	5,80	23,87
HA (g.cm ⁻³)	0,80	1,87	1,17	0,26	21,81
pH (1/5 toprak/su)	4,54	7,69	5,84	0,70	11,90
EC (dS/m)	0,01	0,84	0,10	0,09	91,53
CaCO ₃ (%)	0,88	57,06	5,01	9,68	193,35
TOM (%)	0,08	21,65	6,27	4,21	67,12
AS (%)	13,57	94,31	70,92	10,20	14,38

ÇR: Çölleşme Riski; BÖ: Bitki Örtüsü; TD: Toprak Derinliği; EC: Elektriksel İletkenlik; HA: Hacim Ağırlığı; AS: Agregat Stabilitesi, Min: Minimum, Mak: Maksimum, AO: Aritmetik Ortalama, Std. Sap: Standart Sapma, VK: Varyasyon katsayısı, Çar: Çarpıklık

Hacim ağırlığı, bitki örtüsü ve ölü örtü tabakasına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. En düşük (0,80 g/cm³) ölü örtü tabakasının fazla ayrıştığı noktalarda ve en yüksek (1,87 g/cm³) ile bitki örtüsünün nispeten azaldığı, topraktaki kil içeriğinin arttığı (toprak tekstür sınıfları bakımından Kil sınıfında yer alan) ve sıkışmanın olduğu noktalarda

belirlenmiştir. Ancak çalışma alanı toprakları hacim ağırlığı bakımından genel olarak incelendiğinde ortalama 1,17 g/cm³'dür. Hacim ağırlığı açısından, çalışma alanı toprakları bitki gelişimi için uygundur.

Toprak özellikleri arasında en fazla değişkenliği CaCO₃ gösterirken, pH en düşük 4,54 ile kuvvetli

asidik en yüksek 7,69 ile hafif alkalın özellik göstermekte ve çalışılan toprak özellikleri içerisinde en düşük değişkenliğe sahiptir. Asidik toprak karakterleri ölü örtü ayrışmasını olumlu yönde etkilemektedir (Ritchie and Dolling, 1995; Bot and Benites, 2005). Bu kapsamda çalışma alanında pH içeriğinin 4,54 olduğu noktada %18,20 ile yüksek toprak organik madde içeriği hesaplanmıştır. Kireç içeriğinin değişkenliğinin yüksek olmasının ana materyalden kaynaklandığı düşünölmektedir.

Çalışma alanı içerisinde tespit edilen ana materyaller; kalker, kum taşı, kumlu kil taşı, kil taşı ve kireç taşıdır. Karbonatlı ana materyallerden olan kireçtaşı ve kalkerler kimyasal bileşiminde yüksek oranda kalsiyum karbonat (CaCO₃) içermektedir (Yüçetürk, 2010). Kireçtaşı ve kalker ana materyallerinin bu özelliği dikkate alındığında, özellikle ana kayanın yüzeye çıktığı kısımlarda ve toprak derinliğinin az olduğu alanlarda toprağa yapılan müdahaleler sonucu ana materyalin parçalanarak toprak özelliklerinin

Çizelge 3. Çam ormanlarında çölleşme riski dağılımı

Arazi Kullanım Türü	Parametreler	En Küçük	En Büyük	A.O.	S.S.	Var.	Çar.	Bas.	VK (%)
Çam (n=258)	Çölleşme Riski	0,08	3,63	1,16	0,718	0,516	0,372	-0,383	61,908

Çizelge 4. Çam ormanlarında çölleşme riski (ÇR: Çölleşme Riski)

Risk Sınıfı	Sınıf Aralığı	Çam Ormanları	
		Kapladığı Alan (ha)	Yüzdesi (%)
Risk Yok	ÇR<1,49	320,79	64,72
Düşük Risk	1,50<ÇR<2,49	161,36	32,56
Orta Risk	2,50<ÇR<5,49	13,45	2,72
Yüksek Risk	ÇR>5,50	-	-
TOPLAM		495,60	100,00

değişmesine neden olduğu düşünölmektedir.

Çalışma alanı topraklarında agregat stabilitesi %13,57 ve %94,31 arasında değişmekte ve ortalama %71 olduğu belirlenmiş olup, bu değerin oldukça iyi olduğu söylenebilir. Toprakta agregatlaşma ve suya dayanıklı agregatların fazla olması, toprak erozyonunu ve beraberinde çölleşmeyi engellemektedir. Nitekim Dinel et al. (1991), toprakta suya dayanıklı agregatların fazla olmasının toprak bozulmasında ana etkenlerden biri olan erozyonun azalmasına neden olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Lal (1990), erozyona karşı direncin göstergesi olan agregat stabilitesinin floristik kompozisyonda bitki örtüsünün artmasıyla ve artan kök biyomasiyle doğrusal ilişki gösterdiğini belirtmiştir. Bizim çalışmamızda toprak agregat stabilite indeksi ile çölleşme riski arasında önemli negatif bir ilişki (r = -0,39) bulunmuş olup bu, modele girdi olarak kullanılan göstergelerin nispeten isabetli seçildiğini göstermektedir. Ancak, modelleme sonuçlarının doğruluk ve güvenilirliğinin artırılması için yeni indisler keşfedilmeli ve bu indislerin geçerliliği bağımsız değişkenler kullanılarak test edilmelidir.

3.1. Çam Ormanlarında Çölleşme Riski

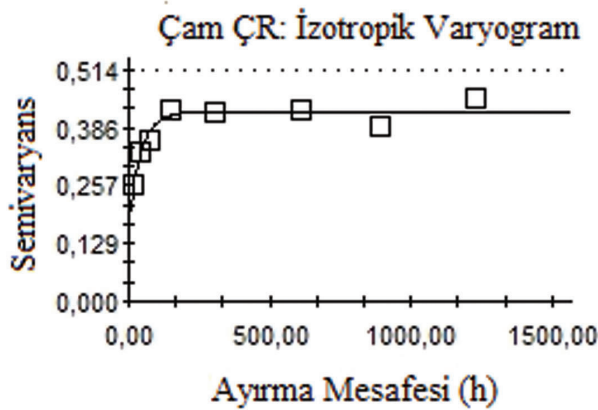
DIS4ME sistemi tarafından öngörölen çölleşme kriter ve göstergeleri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda çalışma alanında çam ormanları için çölleşme riski en düşük 0,08 ile risk yok ve en yüksek 3,63 ile orta risk olarak sınıflandırılmış ve alan genelinde de risk yok, düşük risk ve orta risk sınıfında değerler almıştır (Çizelge 3). Çam ormanlarının 320,79 ha'lık (%64,72) kısmı risk yok, 160,36 ha'lık (%32,56) kısmı düşük risk ve 13,45 ha'lık (%2,72) kısmı ise orta risk sınıfındadır (Çizelge 4). İncelenen örnekleme alanlarının büyük bir kısmı risk yok ve düşük risk sınıfında yer almaktadır. Bu kapsamda çalışma alanı içerisinde yer alan çam ormanlarının yaklaşık %97 lik kısmının (risk yok ve düşük risk) çölleşme süreçlerinden fazla etkilenmediği görölmektedir.

Çam ormanlarında gerek DIS4ME sistemi gerekse arazi gözlemleri ile elde edilen verilerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda çalışma alanında çölleşme riskini etkileyen ana risk faktörleri aşağıdaki gibi özetlenmiştir. Tespit edilen

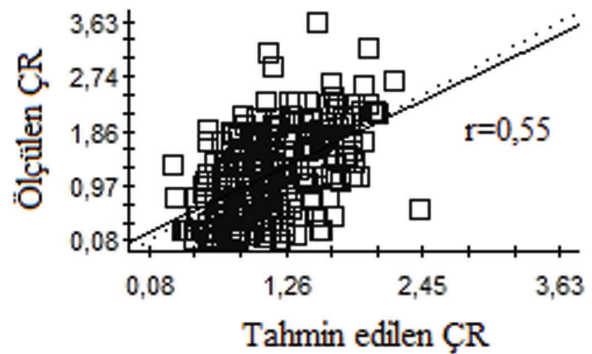
bu risk faktörlerinin, tek tek ya da birlikte çalışma alanında çölleşme riskinin değişimine neden olduğu belirlenmiştir.

- Yangın riskinin çok yüksek olduğu, düşük bitki örtüsüne sahip vejetasyon yapısı,
- Çok sıgı toprak,
- Çok dik yamaçlarda sıgı topraklar,
- Taşlılığın düşük, toprak kil içeriğinin yüksek olması,
- Aşırı eğim.

3.2. Çam Ormanlarında Çölleşme Riskinin Uzaysal Değişkenliği



Çam ormanlarında DIS4ME sistemi kullanılarak hesaplanan çölleşme riski değerlerinin uzaysal değişkenliğinin belirlenmesinde ilk olarak semivaryogram analizi yapılmış, semivaryogram için aktif lag mesafesi 1500 m ve lag aralıkları 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 2000 ve 3000 m olarak belirlenmiştir. Deneysel semivaryogramın modellenmesinde en uygun model üssel (Şekil 4a) olup semivaryogramın uygunluğu çapraz değerlendirme ile kontrol edilmiştir (Şekil 4b). Teorik semivaryograma ilişkin hesaplanan parametreler Çizelge 5’ de verilmiştir.



Şekil 4. Çam ormanlarında çölleşme riski (ÇR) için isotropik variogram parametreleri (a) ve çapraz değerlendirme (b) sonuçları

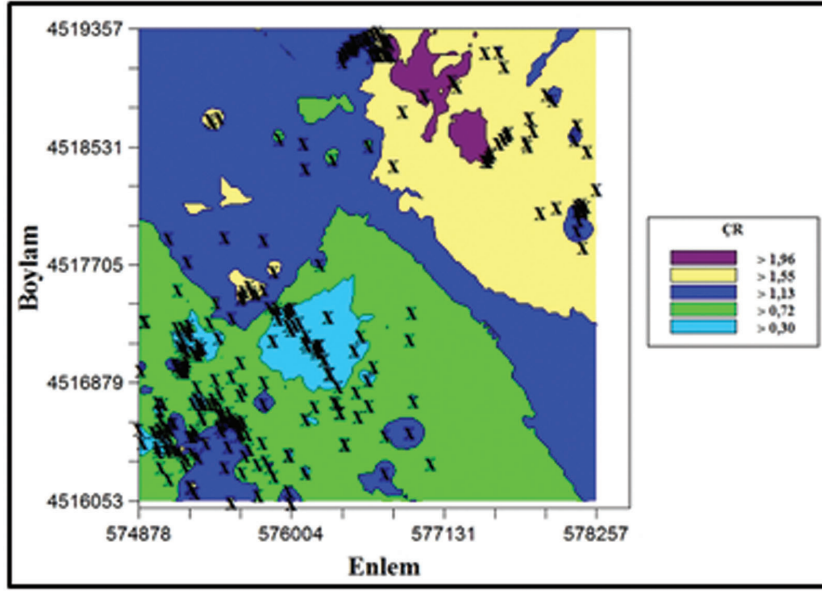
Çizelge 5. Çam ormanlarında çölleşme riski için isotropik variogram parametreleri

Model	Co (Nugget)	Co+C (Sill)	A (m) (Range)	R ²	RSS
Üssel	0,18210	0,42220	135,00	0,910	0,0275

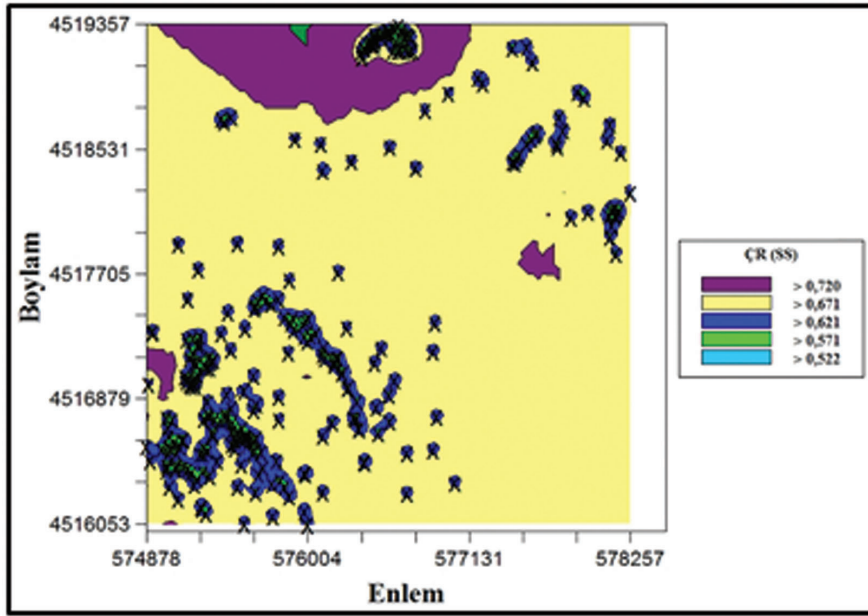
A: Range (m), C: Yapısal semivaryans, Co: Külçe (nugget) varyans, R²=regresyon Katsayısı, RSS: Hata Kareler Toplamı

Çapraz değerlendirmede tahmin edilen ve ölçülen değerler arasında %55 benzerlik olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4b). Mevcut örnekleme yoğunluğunda elde edilen range değeri 135 m olup, bu mesafe aralığına düşen çölleşme göstergesi değerleri uzaysal olarak bağımlıdır. Çölleşme göstergesinin kriglenmesinde kullanılan komşu veri sayısı 16 ile sınırlandırılmıştır. Çölleşme riskinin çam ormanlarında uzaysal bağımlılığı orta düzeydedir (nugget etkisi=%43,13) (Camberdella et al., 1994; Erşahin, 1999).

Semivaryogram parametreleri dikkate alınarak yapılan nokta krigleme analizi sonucunda hesaplanan çölleşme risk değerlerinin dağılım desenleri (Şekil 5) incelendiğinde, çalışma alanının güney ve güneybatı bölgelerinde çam ormanlarının daha yoğun bulunduğu kısımlarda daha düşük değerlere ulaştığı görülmektedir. Çölleşme riski krigleme tahmin haritası (Şekil 6) tahminin haritanın sol üst köşesine düşen alanlarda diğer bölgelere nazaran daha az başarılı olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Çam ormanlarında nokta krigeleme ile tahmin edilen çölleşme riski değerlerinin uzaysal değişim deseni



Şekil 6. Çam ormanlarında çölleşme riski krigeleme standart sapma değerlerinin uzaysal değişim deseni

Çalışma alanında bulunan çam ormanları doğal ormanlar olup, 30-40 yaşındaki bireylerden oluşmaktadır. Vejetasyon kalite indeksi özelliklerinden bitki kapalılığı, bitki örtüsü tipi ve erozyondan korumaya etki eden TOM, EC ve pH gibi toprak özellikleri, bu alanlarda iyi olduğu için çölleşme riski düşük hesaplanmıştır. Nitekim Gonzalez (2001), ormanların toprak erozyon kontrolü, yağışların depolanması, karbon bağlama ve bitki ve hayvan türleri için habitat oluşumu da dahil olmak üzere çok sayıda ekosistem hizmetlerini sağlaması nedeniyle çölleşme ve iklim değişikliğine

karşı kendi savunma mekanizmaları olduğunu belirtmiştir. Bu bağlamda, doğal ormanlarda bulunan vejetasyon örtüsü, buna bağlı olarak toprakların ölü örtü ve TOM içeriklerinin fazla olması otlama baskısının bu alanlarda hemen hemen hiç olmayışı, ormanlık alanların çölleşmeden daha az etkilenmesine neden olmuştur.

Elde edilen bu sonuçlar dikkate alındığında, çalışma alanı gibi çölleşme tehdidi altında bulunan bölgelerde özellikle örnekleme yapılamayan alanlarda çölleşme riskinin tahmininde CBS-jeostatistiksel yöntemler kullanılarak tahminlerin

yapılması ve sürdürülebilir arazi kullanımı bakımından çölleşmeye karşı tedbirler alınırken, alanın özelliklerini en iyi şekilde yansıtacak yüzey haritalarının yapılması önemlilik arz etmektedir.

4. SONUÇ

Çam ormanlarında çölleşme riskinin hesaplanması amacıyla yapılan bu çalışma birinci yazarın doktora tez projesinin bir bölümünü oluşturmaktadır. DIS4ME metodolojisinde her bir çölleşme gösterge sınıfı için puanlama yapılmaktadır. Bu durum da sınıflara puan atamasında uzman görüşüne gereksinim duyulmaktadır. Sistem kendi içinde incelendiğinde, verilerin hemen kullanımını mümkün kılan bir formda değildir. Bu nedenle uygun bir şekilde bunu sınıflandırmak için mevcut bilgileri değerlendirmek gerekir. Sistem sonucunda elde edilen çölleşme risk değerini, sınıflar ile ilişkilendirmek ve aynı zamanda sınıf aralıklarının seçiminin dikkatli yapılması nihai sonucun elde edilmesi, aynı şekilde basit hesaplamaya dayalı model veri girişinde incelenecek olan çalışma alanı hakkında derinlemesine bir bilgiye sahip uzman katkısı gerekmektedir. Metodolojisinde bazı bilgilerin değiştirilmesi veya yeni bilgilerin eklenmesi ve bu bilgilerin arazi gözlemleri ile doğrulanması sonucunda DIS4ME sisteminin çalışma alanı ile benzer özelliklere sahip alanlarda kullanılıp kullanılmayacağı hakkında bilgi edinilebilir. Çankırı ili Yapraklı ilçesi Sarıkaya bölgesinde yapılan arazi gözlemleri ve modelleme sonucunda alanın çölleşme riski “düşük” ve “orta” olarak sınıflandırılmıştır. Çölleşme riski çalışma alanı genelinde düşük ve orta özellik göstermiş olsa da, bu riskin özellikle orta olarak belirlendiği noktalarda sürdürülebilir arazi kullanımı için gerekli koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir. Çölleşmenin değerlendirilmesinde çölleşme kriter ve göstergelerinin seçimi son derece önemlidir. Benzer çalışmaların farklı iklim, arazi kullanımı, sosyo-ekonomik ve coğrafik koşullarda yapılmasının ülkemize özgü çölleşme kriter ve göstergelerinin belirlenmesini kolaylaştıracaktır.

Teşekkür: Bu çalışma, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar ve Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiş olan 2012/20 numaralı Doktora Tez Projesinden hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2014. Çankırı Meteoroloji Bülteni. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- Blake, G., Hartge, K., 1986. Bulk density. In, Methods of Soil Analysis: Part I. Editör: Klute, A. American Society of Agronomy Monograph 9, Madison, pp. 363-375.
- Brandt, C.J., Thornes, J.B., 1996. Mediterranean desertification and land use. Chichester: Wiley & Sons.
- Brandt, J., Geeson, N., 2015. Desertification indicator system for Mediterranean Europe: Science, stakeholders and public dissemination of research results. Monitoring and Modelling Dynamic Environments, 121.
- Bot, A., Benites, J., 2005. The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food production. Food & Agriculture Org.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F. and Konopka, A.E., 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal (58), 1501-1511.
- Çalapokulu, F., Shadaydeh, M.W., 1967. Çankırı-G31-d2 ve Çankırı-G31-c1 ve Çankırı G31-c2 Paftaları Jeolojisi. İnceleme tarihi: 6.8.1967/27.11.1967 MTA. Ankara.
- Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi, İÜ Orman Fak. Yayınları, İÜY.
- Desertlinks, 2004. Desertification Indicator System for Mediterranean Europe. http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/indicator_system/index.htm.
- Dinel, H., Mehuys, G., Levesque, M., 1991. Influence of Humic and Fibric Materials on The Aggregation and Aggregate Stability of A Lacustrine Silty Clay. Soil Science 151, 146-158.
- Dregne, H., 1986. Desertification of arid lands. In, Physics of desertification. Springer, pp. 4-34.
- Dregne, H.E., 2002. Land degradation in the drylands. Arid land research and management 16, 99-132.
- Erşahin, S. 1999. Aluviyal bir tarlada bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal (spatial) değişkenliğinin belirlenmesi. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 13 (19), 34-41.
- Gamma Design Software. 2004. GS+; Geostatistics for the Environmental Sciences, Version 7.0. Plainwell, Michigan, United States, Gamma Design Software.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis. Methods of soil analysis: Part 1—Physical and mineralogical methods, 383-411.
- Gonzalez, P. 2001. Desertification and a shift of forest species in the West African Sahel. Climate Research, 17(2), 217-228.

Huang, S., Siegert, F., 2006. Land cover classification optimized to detect areas at risk of desertification in North China based on SPOT VEGETATION imagery. *Journal of Arid Environments* 67, 308-327.

Kemper, W., Rosenau, R., 1986. Aggregate stability and size distribution. In 'Methods of soil analysis, Part 1: Physical and mineralogical methods'.(Ed. A. Klute.) pp. 425-442. Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin, USA.

Kılınç, M., Kutbay, H., Yalçın, E., Bilgin, A., 2006. Bitki ekolojisi ve bitki sosyolojisi uygulamaları. Palme yayıncılık, Ankara.

Kosmas, C., Ferrara, A., Briassoulis, H., Imeson, A., 1999. Methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification. The Medalus project Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. Edited by: C. Kosmas, M. Kirkby, N. Geeson. European Union 18882, 31-47.

Kosmas, C., Tsara, M., Moustakas, N., Kosma, D., Yassoglou, N., 2006. Environmentally sensitive areas and indicators of desertification. In, *Desertification in the Mediterranean region. A security issue*. Springer, pp. 525-547.

Lal, R., 1990. Soil erosion and land degradation: the global risks. In, *Advances in soil science*. Springer, pp. 129-172.

McLean, E., 1982. Soil pH and lime requirement. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*, 199-224.

Rhoades, J., 1982. Soluble salts. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. 2*, 167-178.

Ritchie, G., Dolling, P., 1985. The role of organic matter in soil acidification. *Soil Research* 23, 569-576.

Türkeş, M., 2012. Kuraklık, Çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi. *Avrupa Araştırmaları Dergisi* 20, 7-55.

UNCCD, 1995. The United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. Text with Annexes, UNEP, Geneva.

UNCCD, 2011. Desertification: A Visual Synthesis. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) Geneva: Zoi Environment Network.

Yüçetürk, G., 2010. Yapay Mermerde Kullanılan Kuvars Ve Kalsit Minerallerinin Fiziko-Meknik Özellikleri. *SDU International Journal of Technological Science* 2.