



ÇORUM ÇAYI HAVZASI TOPRAKLARININ KABUK OLUŞUM RİSK DURUMLARININ BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI

Determination and Mapping of Crust Formation Risk Situations of Çorum Basin Soils

İnci DEMİRAĞ TURAN¹

Samsun Üniversitesi
İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi Coğrafya Bl.
dmrginci@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5810-6591

Orhan DENGİZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bl.
odengiz@omu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-0458-6016

(Teslim: 24 Temmuz 2021; Düzeltme: 5 Ekim 2021; Kabul: 10 Ekim 2021)
(Received: July 24, 2021; Revised: October 5, 2021; Accepted: October 10, 2021)

Abstract

Soil is an important element for human life. Therefore, it is necessary to protect the soil and its use in accordance with its purpose. However, with the increase in population, the pressure on the land increases and the problems of misuse of the lands arise. Therefore, land degradation due to human influence is becoming a serious problem in our country. One of these problems is the formation of soil crust. The crust formation prevents infiltration and it causes accumulation of water on the surface. Thus, this case creates soil erosion problem particularly at slope area. Also, the formation of crust reduces the yield of agricultural products. The present study was carried out in the Çorum Stream Basin, which has a semi-arid climate. Total 282 soil samples were taken from the study area. Some physico-chemical and crust formation analysis were performed for soil samples which were coordinated. Then, the crust formation was calculated and its spatial distribution map was produced by selecting the appropriate interpolation method. According to the results obtained, 54.0% of the study area has a very severe crusting risk. These areas have been generally used under intensive agricultural activities. Therefore, considering the climatic and soil conditions of the study area, some measures such as increasing the organic matter level, realizing the appropriate use of the land, and applying the irrigation method developed without disturbing the physical and chemical structure of the soil should be taken.

Keywords: Crust formation, physico-chemical soil properties, interpolation models

Öz

Toprak insanın yaşamını sağlaması için önemli bir unsurdur. Bu nedenle, toprağın korunması, amacına uygun şekilde kullanılması gerekmektedir. Ancak, nüfus artışı ile toprak üzerindeki baskı artmakta ve arazilerin yanlış kullanım problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, ülkemizde insan etkisi ile arazi bozulumu ciddi bir problem haline gelmektedir. Bu problemlerden bir tanesi de toprak kabuk oluşumudur. Kabuk oluşumu sızmayı engelleyerek, suyun yüzeyel olmasına sebep olmaktadır. Özellikle eğimli arazilerde bu durum erozyon sorununa neden olmasının yanı sıra, tarım ürünlerinin verimini ve kalitesini düşürmektedir. Bu çalışma, yarı kurak bir iklim özelliği gösteren 1510 km² alana sahip Çorum Çayı Havzası'nda yürütülmüştür. Çalışma alanından toplam 282 toprak örneği alınmıştır. Koordinatlandırılmış toprak örneklerinde bazı fiziko-kimyasal ve kabuk oluşumu için analizler yapılmıştır. Daha sonra, kabuk oluşumu hesaplanmış ve uygun enterpolasyon yöntemi kriging seçilerek kabuk oluşumu haritası üretilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanının % 54,0'ı çok şiddetli kabuklanma eğilimindedir. Çok şiddetli kabuklanma genellikle, yoğun tarımsal faaliyetlerini yapıldığı alanlardır. Bu nedenle, alanın iklim ve toprak koşulları dikkate alınarak organik madde düzeyinin artırılması, arazinin uygun kullanımı, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını bozmadan geliştirilen sulama yönteminin uygulanması gibi önlemler alınması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kabuk oluşumu, fiziko-kimyasal toprak özellikleri, enterpolasyon modelleri.

¹ Sorumlu Yazar/ Corresponding author

1. GİRİŞ

Artan nüfusa bağlı olarak toprak üzerindeki baskı hızla artmaktadır. Özellikle toprakların amaç dışı kullanılması geri dönülmez sonuçlara yol açmaktadır. Ayrıca yanlış tarım teknikleri ve insan müdahalesi ile toprak erozyonu problem haline gelmektedir. Ülkemizin topografik özellikleri de erozyonu tetiklemektedir. Ülkemizde eğim değerleri % 12 den fazla olan arazi % 59'dur ve bu alanların % 11,5'inde görülen erozyon şiddetli ve çok şiddetlidir (Anonim, 2020). Yine farklı bir çalışmada ülkemiz yüzölçümünün % 60,28'sinde çok hafif, % 19,13'ünde hafif, % 7,93'ünde orta, % 5,97'sinde şiddetli ve % 6,7'sinde çok şiddetli erozyona maruz kaldığı tespit edilmiştir (Anonim, 2020). Erozyon probleminden sonra çölleşme önemli bir risk oluşturmaktadır. Türkeş vd. (2020) yaptıkları çalışmada çölleşme açısından Türkiye'deki arazilerin % 12,7'sinin düşük risk, % 53,2'sinin orta ve % 25,5'inin ise yüksek risk grubunda olduğunu belirlemiştir. Erozyonla toprak kayıplarına neden olan önemli diğer bir fiziksel problem, yüzeydeki sızmayı engelleyen faktörler içerisinde yer alan kabuk tabakası oluşumudur. Yağmur damlasına maruz kalan topraklarda yüzeyin fiziksel ve kimyasal özellikleri değişmekte ve bu yüzeyde toprak kurduğunda kabuklaşma oluşmaya başlamaktadır (Gicheru vd., 2004). Ayrıca bu durum su infiltrasyonunu azaltarak ekim ve bitki büyümesine engel olmaktadır (Bately ve Davies, 1971). Kanar ve Dengiz (2015), Saygın vd. (2019) toprağın aşınabilirliğinin, toprak özellikleri ile arazi kullanımına ve yağışa göre değiştiğini ortaya koymuşlardır. Bu sebeple erozyonda etkili olan parametreler ve toprak özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi ile toprağın erozyona karşı duyarlılığını belirlemede etkili olduğunu vurgulamışlardır. Şeker ve Karakaplan (1999), çalışmalarında kabuk tabakasının görüldüğü arazilerden, örnekler alıp kırılma değerleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler istatistik olarak incelemişler ve kırılma değerleri ile silt ($r=0,618$), dispersiyon oranı ($r=758$), elektriksel iletkenlik ($r=0,853$), organik madde ($r=0,361$), kireç ($r=0,841$), suda çözünebilir kalsiyum ($r=0,789$), magnezyum ($r=0,547$), sodyum ($r=0,785$), sülfat ($r=0,785$) ve klor ($r=0,369$) içerikleri arasında anlamlı pozitif ilişkiler tespit edilmişken kırılma değerleri ile kum, agregat stabilitesi, değişebilir kalsiyum, potasyum ve suda çözünebilir bikarbonat içerikleri arasında ise anlamlı negatif ilişkiler saptanmıştır. Bunun yanı sıra, Bal vd., (2011) çalışmalarında araziden aldıkları topraklardaki kabuk bağlama problemini ele almışlar ve kırılma değeri ile fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasında istatistik analizleri yapmışlardır. Tuçay vd. (2017), Altınova tarım

işletmesi topraklarında kabuk oluşumu ile ilişkili olarak erozyon duyarlılık durumlarının dağılımlarını belirlemiştir. Çalışma alanının büyük bir bölümü çok şiddetli ve şiddetli kabuk oluşumu ile karşı karşıya olduğu belirlenmiştir. Dede vd. (2020) periglasiyal alanlardan aldıkları toprak örneklerinden pH (0,159), EC (0,167), organik madde (0,917), kireç (0,150), hacim ağırlığı (-0,728), hidrolik geçirgenlik (0,483) özellikleri ile kabuk oluşumu ilişkilerin önemli olduğunu belirlemiştir. Ayrıca kabuk oluşumu ile yükseklik arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur.

Toprakta kabuk tabakasının oluşumunda en önemli belirleyici unsur iklim ve toprak özellikleridir (Öztürk ve Özdemir, 2006). Özellikle kurak-yarı kurak alanlarda tarımsal üretim için zararlı boyutlara ulaşmaktadır (Muallem vd., 1990). Çalışma alanının da yarı kurak iklim kuşağı içerisinde olması dikkate alındığında, yapılan çalışmanın amacı; Çorum Çayı Havzası içerisinde dağılım gösteren toprakların kabuk oluşum risk durmalarını belirlemek ve konumsal dağılımını ortaya koymaktır. Böylece gerek toprak erozyonu açıdan gerekse de tarımsal açıdan fiziksel arazi bozulma riskinin azaltılması açısından gerekli önerilerin yapılmasıdır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1.Çalışma Alanı Genel Özellikleri

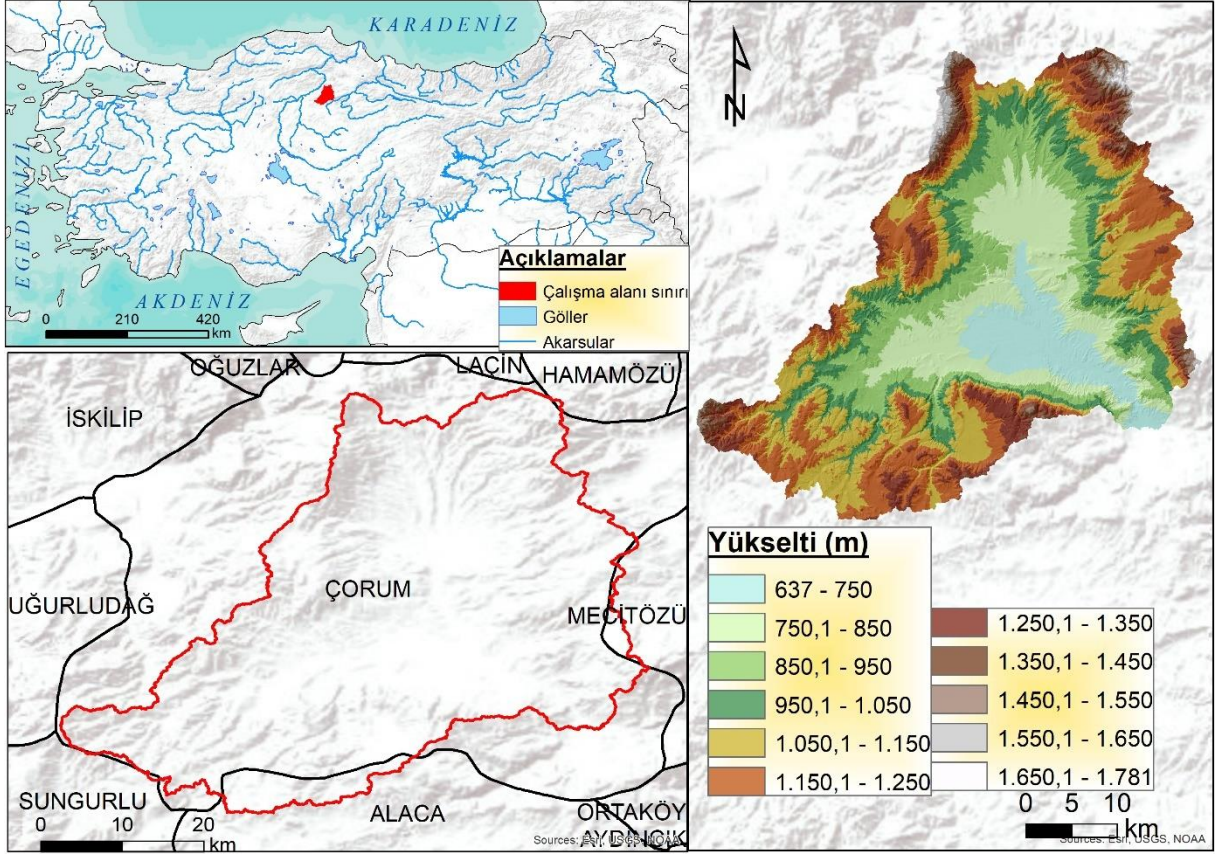
Çorum Çayı Havzası Orta Karadeniz Bölümü'nde yer almaktadır. Alan Çorum Çayı'nın su toplama havzasını oluşturmaktadır. Çalışma alanı $34^{\circ}30'27''$ ve $35^{\circ}08'19''$ doğu boylamları ile $40^{\circ}15'36''$ ve $40^{\circ}43'37''$ kuzey enlemleri arasında kalır. Çalışma alanı yaklaşık 1510 km^2 'dir. Çorum merkez ilçe sınırlarındadır (Şekil 1). Çalışma alanının yükseltisi 637 metreden başlayarak yaklaşık 1781 m'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 1).

Çalışma alanının %10'un altında olan araziler yaklaşık %41,6'lık kısımdadır (Şekil 2). Eğim %45'nin üzerindeki alanları ise çalışma alanının %4,1'i ise kapsamaktadır. Çalışma alanının yaklaşık % 12,8'i batı, %15,5'i doğu, %28,5'lik kısmı ise kuzey ve %38,1'lik kısmı ise güney yöndedir (Şekil 3).

Çorum meteoroloji istasyonu verilerine göre (1929-2020) yıllık ortalama sıcaklık 10.8°C ve uzun yıllık yağış ortalaması ise 430.7 mm 'dir (MGM, 2020). Erinç iklim sınıflandırmasına göre 25.21 değeri ile yarı nemli sınıf içerisinde (Bölük, 2016a). De Mortanne'e göre ise 13.72 değeri ile yarı kurak nemli iklim sınıfındadır (Bölük, 2016b). Ayrıca Newhall simülasyon modeline göre (Van Wambeke, 2000), Çorum meteoroloji istasyonu verileri doğrultusunda Xeric toprak nem rejimidir ve, Mesic ise sıcaklık rejimi olarak bulunmuştur.

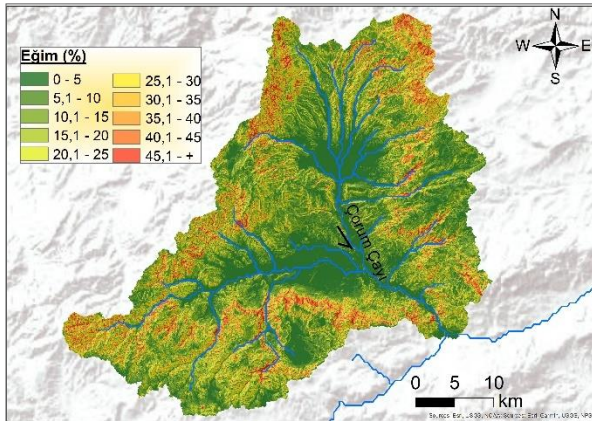
Çorum Çayı Havzası CORINE-2018'e göre arazi kullanımı sınıflamıştır (European Environment Agency, 2018). Havzanın taban arazisi tarım alanı olarak, çevresindeki dağlık alanlar ise orman alanı olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4). Havzada en fazla

373 km²'lik alan ile sulanamayan tarım alanları kaplamaktadır (Tablo 1). Bunu 272 km² ile sulanan tarım alanları takip etmektedir. Orman alanları ise 161 km² kaplamaktadır.



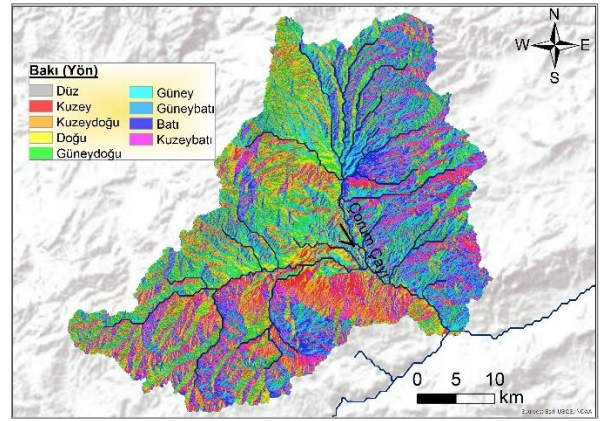
Şekil 1- Çorum Çayı Havzası'nın lokasyon haritası.

Figure 1- Location map of the Çorum River Basin.



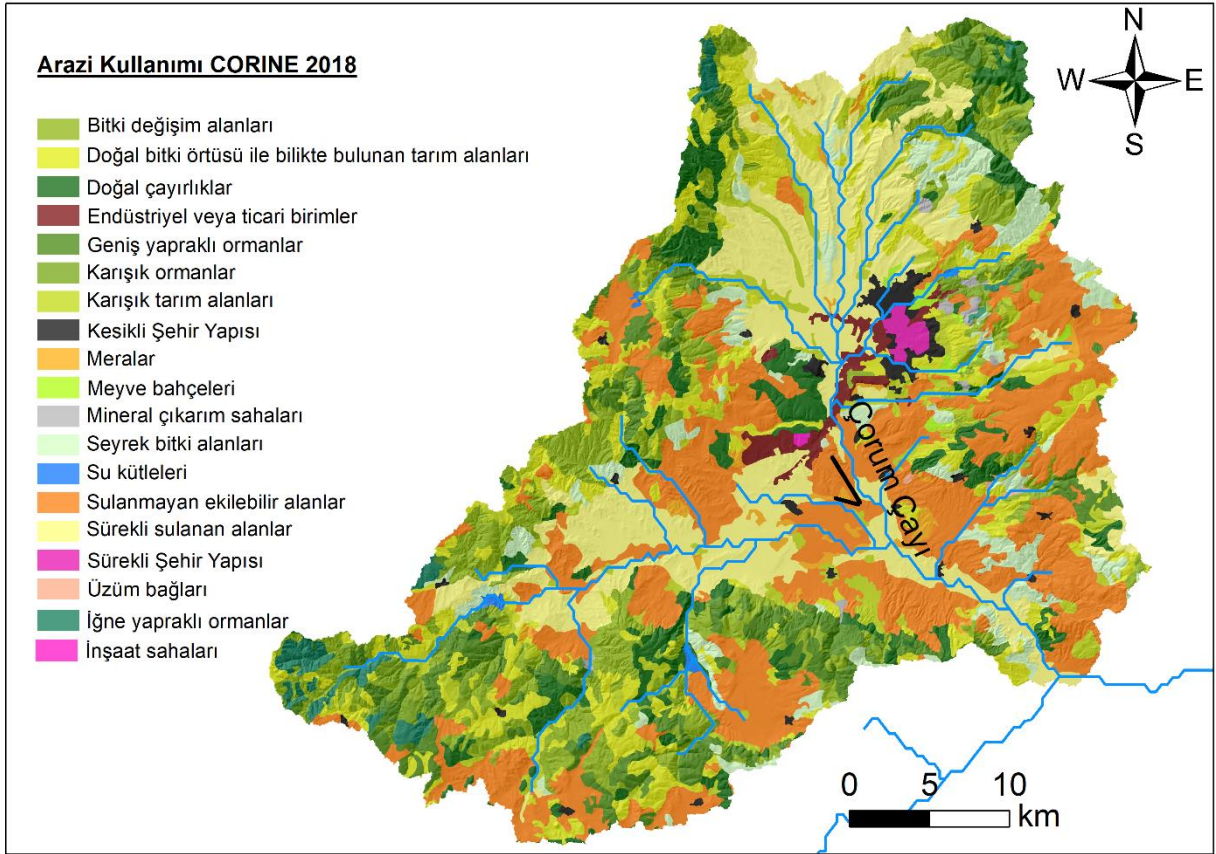
Şekil 2- Çorum Çayı Havzası'nın eğim haritası.

Figure 2- Slope map of the Çorum River Basin.



Şekil 3- Çorum Çayı Havzası'nın baki haritası.

Figure 3- Aspect map of the Çorum River Basin.



Şekil 4- Çorum Çayı Havzası'nın CORINE-2018 arazi kullanım haritası.

Figure 4- CORINE-2018 land use map of the Çorum River Basin

Tablo 1- Çorum Çayı Havzası'nın CORINE-2018'e göre arazi kullanım, arazi örtüsü haritasının alansal ve oransal değerleri

Table 1- Spatial and proportional values of the land use land cover map of Çorum Stream Basin according to CORINE-2018.

Arazi kullanımı	km ²	%	Arazi kullanımı	km ²	%
Sürekli Şehir Yapısı	6	0,4	Karışık tarım alanları	75	5,0
Kesikli Şehir Yapısı	20	1,3	Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları	180	11,9
Endüstriyel veya ticari birimler	19	1,3	Geniş yapraklı ormanlar	116	7,7
Mineral çıkarım sahaları	5	0,3	İğne yapraklı ormanlar	22	1,5
İnşaat sahaları	1	0,1	Karışık ormanlar	23	1,5
Sulanmayan ekilebilir alanlar	373	24,7	Doğal çayırliklar	105	7,0
Sürekli sulanan alanlar	272	18,0	Bitki değişim alanları	183	12,1
Üzüm bağları	1	0,1	Seyrek bitki alanları	80	5,3
Meyve bahçeleri	6	0,4	Su kütleleri	3	0,2
Meralar	20	1,3	Toplam	1510	100,0

2.2.Yöntem

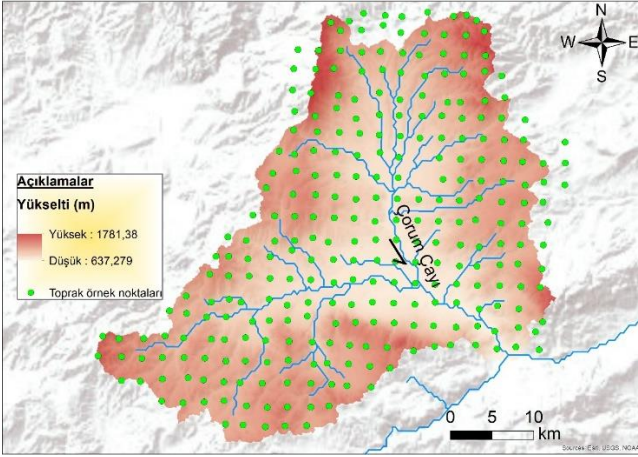
Çalışma alanı içerisinde 2.5x2.5 km² aralıklarla grid sistemler ile toprak örneği alınan yerlerin koordinatları belirlenmiştir. Belirlenen bu alanlardan arazi çalışmaları ile 282 toprak örneği alınmıştır (Şekil 5). Alınan toprak örnekleri ön hazırlık yapılarak analiz kısmına hazır hale getirilir. Daha sonra kabuk oluşumunun formülü kapsamında organik

madde ve tekstür analizi ile bazı temel fiziko-kimyasal analizleri yapılmıştır. Kabuk oluşumu indisi Pieri'nin (1989) belirlediği aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$TKİ = \frac{OM(\%)*100}{C(\%)+Si(\%)} \quad (1)$$

TKİ: Toprak Kabuk İndeksi, OM: Organik madde, C: Kil, Si: Silt

Pieri (1989) göre formülden elde edilen sonuç değeri 5'in altında olması durumunda çok şiddetli fiziksel bozulma şeklinde değerlendirilirken, 9'un üzerinde olması durumunda toprakların fiziksel bozulmasının olmadığını belirtmiştir. Çorum Çayı Havzası'nda arazi çalışmalarıyla toprak örneği alınmış ve bunlara OM, kil, silt, kum, hacim ağırlık, hidrolik iletkenlik, kireç, pH ve EC analizleri yapılmıştır. Bünye analizi hidrometre yöntemine göre (Bouyoucos, 1951), kuru hacim ağırlığı bozulmamış örnek alma yöntemi kullanılarak (Blacke ve Hartge, 1986), kireç analizinde Scheibler kalsimetresi kullanılarak (Soil Survey Staff, 199), toprak reaksiyonu (pH) saturasyon çamurunda pH metre kullanarak (Soil Survey Staff, 1992), elektriksel iletkenlik (EC) saturasyon çamurunda kondaktivimetre aleti kullanılarak (Soil Survey Staff, 1992), organik madde Walkley-Black yönteminin Jackson tarafından modifiye edilmiş şekli ile belirlenmiştir (Jackson, 1958)



Şekil 5- Çalışma alanının toprak örnekleri haritası.

Figure 5- Soil samples map of the study area.

Yapılan analizler sonucunda Pieri'nin (1989) formülüne göre her bir nokta için kabuk oluşumu hesaplanmıştır. Hesaplanan kabuk değerine göre çalışma alanındaki dağılım haritasını oluşturmak amacıyla, farklı enterpolasyon yöntemlerinden yararlanılmıştır. Enterpolasyon yöntemlerinden en yaygın kullanılanı Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW) (1, 2, 3), Radial Basic Function ve kriging/Cokriging yöntemleridir. Dağılım haritası yaparken elimizde verileri bulunan alan ile verisi olmayan alandaki ilişkiyi belirlemek ve verisi olmayan alan için dağılımı gerçekleştirmek için kullanılan en uygun yöntemler Karekök ortalama hata (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) yöntemleridir. Bu çalışmada enterpolasyonda kullanılan on beş yöntemin RMSE değerlerine bakılarak karşılaştırılmıştır. RMSE'nin en düşük olarak tespitinin yapıldığı yöntem

dağılım haritası üretilmede kullanılır. RMSE ise aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(z_i^* - z_i)^2}{n}} \quad (2)$$

RMSE: karekök ortalama hata Z_i : tahmin edilen değer, Z_i^* ölçülen değer ve n örnek sayısını ifade etmektedir.

Ayrıca analizleri yapılan örneklerin tanımlayıcı istatistik parametreleri SPSS programı yardımı ile hesaplanmıştır (IBM, 2015). Ek olarak hesaplanmış kabuk indis değerlerinin toprak özellikleri ile arasındaki ilişkilere Spearman korelasyon analizi ile yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Toprakların Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve İstatistiksel Değerlendirme

Toprakların fiziko-kimyasal karakteristikleri ve kabuk oluşumları, doğal faktörler, toprak oluşum süreçleri, yıkanma ve birikme ile insan faaliyetleri (toprak işleme, gübreleme vb.) arasındaki etkileşimler sonucu değişimlerin meydana gelmesi kaçınılmazdır (Demirağ Turan vd., 2019; Bayraklı ve Dengiz, 2020). Çalışma alanında dağılım gösteren 282 toprak örnek noktalarının bazı fiziksel ve kimyasal analizleri (OM, kil, silt, kum, hacim ağırlık, hidrolik iletkenlik, kireç, pH, EC ve kabuk eğilimi analizleri) yapılmış ve tanımsal istatistik sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Çorum Çayı Havzası'ndaki toprakların fiziksel özelliklerinden kum %11.87 ile % 86.21, kil %3.89 ile %63.98, silt ise % 4,45 ile % 70.67 değerleri arasında değişmektedir. Toprağın organik madde içeriği ise %0.32 ile %6.33 arasındadır. Toprakların hacim ağırlıkları alan içerisinde dağılım gösteren özellikte kil ve organik madde miktarlarına bağlı olarak 1.15- 1.62 gr/cm^3 arasında değişmektedir. Toprakların reaksiyonu 7,94'tür. Bu değer de hafif asit ile hafif alkali arasındadır. Toprak örnekleri analizi sonucunda EC bakımından bütün topraklar tuzsuzdur. Hidrolik iletkenlik özelliği ise 0.03 ile 10.63 cm/h arasında değişmektedir. Ayrıca toprakların TKI değerleri oldukça önemli dir değişim sergilemekte olup, 0.54 ile 44.45 arasında değişim göstermiş ve ortalama 10.20 olarak belirlenmiştir.

İstatistiksel olarak normal dağılım simetrik özelliktedir. Simetri bozulduğu takdirde çarpıklık (skewness) ile ifade edilir. Bu bozulma eğer sağa doğru ise (pozitif) çarpık, sola doğru ise (negatif)

çarpık olarak adlandırılır. Ayrıca Yıldız ve ark. (1998) belirttiği gibi, normal dağılım eğrisinin sivri yada yuvarlık olması da basıklık (kurtosis) olarak adlandırılmaktadır. Çalışma alanına ait toprakların kil, kum ve hacim ağırlığı (HA) normal dağılım göstermektedir. pH özelliği negatif (sola) çarpıklığa sahipken, diğer toprak özellikleri ise pozitif (sağa) çarpıktır. Bazı araştırmacılar örneğin Wilding (1985), Zhou vd. (2010), Dengiz (2020), değişiklik katsayısını

toprak özelliklerinin değişimlerini açıkladığı için önemli görülmektedir. Mallants vd. (1996) değişkenlik katsayısını sınıflandırmış ve <%15 değerini düşük, %15-35 değerini orta ve >%35 ise yüksek değeri vermiştir. Bu değerlendirmeler ışığında, çalışma alanında yüksek değişkenlik kum, silt, kil, kireç ve toprak kabuk indisinde görülürken geri kalan özelliklerin ise değişkenliği düşüktür (Tablo 2).

Tablo 2- Çalışma alanındaki toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve kabuk eğilimi analiz sonuçlarının tanımsal istatistik sonuçları (n:282).
Table 2- Descriptive statistical results of some physical, chemical and crustal tendency analysis results of soils in the study area (n: 282).

Parametreler	Ort.	S.S	DK	V	EDD	EYD	Çarpıklık	Basıklık
OM (%)	2,71	1,28	6,01	1,65	0,32	6,33	0,56	-0,06
Kil (%)	30,52	12,73	60,09	162,24	3,89	63,98	0,06	-0,73
Silt (%)	24,34	8,51	66,22	72,57	4,45	70,67	1,43	4,76
Kum (%)	45,13	13,87	74,34	192,49	11,87	86,21	0,44	-0,08
HA gr/cm ³	1,41	0,07	,47	0,00	1,15	1,62	-0,23	0,25
Hİ (cm/h)	1,40	1,73	10,57	3,00	0,03	10,60	2,18	5,82
Kireç (%)	10,65	9,14	44,21	83,60	0,54	44,75	1,32	1,79
pH (1:2.5)	7,94	0,42	2,40	0,18	6,40	8,80	-0,89	0,67
EC dSm ⁻¹	0,22	0,24	1,54	0,06	0,01	1,55	3,58	15,04
TKİ	10,20	8,67	44,21	75,29	0,54	44,75	1,34	2,08

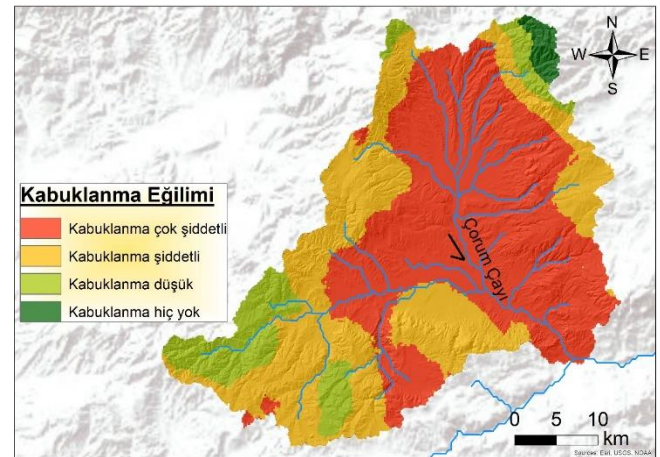
HA: Hacim Ağırlığı, Hİ: Hidrolik iletkenlik, TKİ: Toprak Kabuk İndeksi, Ort.: Ortalama, S.S: Standart Sapma, V: Varyans, DK: Değişkenlik Katsayısı, EDD: En Düşük Değer, EDY: En Yüksek Değer

4.2. Toprak Kabuk Oluşumu İndeksinin Konumsal Dağılımı

Her bir nokta için OM, kil ve silt değerleri ile kabuk oluşum indisi hesaplanmış ve elde edilen indis ile çalışma alanında dağılım haritası üretilmiştir. Dağılım haritası oluşturulurken, RMSE değerini dikkate alınmış ve bu oranın en düşük değeri enterpolasyon yöntemi için en uygun model olarak seçilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, 15 farklı enterpolasyon modeli kullanılmış ve modeller içerisinde uygun olan kriging yaklaşımına ait basit kriging'in doğal (ordinary), üssel (Exponential) modeli olduğu belirlenmiştir (Tablo 3).

Belirlenen enterpolasyon yöntemi doğrultusundaki kabuk oluşumunun dağılım haritasına göre çalışma alanının % 54,0 kabuk oluşum eğilimi çok şiddetli olarak belirlenmiştir (Şekil 6, Tablo 4). Kabuklanma eğiliminin çok şiddetli ve şiddetli olduğu alanlardaki toprakların organik maddeleri düşük ve silt içeriklerinin ise yüksek oldukları belirlenmiştir. Ayrıca havzanın büyük çoğunluğunda yoğun tarımsal faaliyetler sonucu hızlı oksidasyon faaliyeti nedeniyle organik maddenin ayrışmaya uğraması sonucu organik maddenin azalmasına neden olabilmektedir. Kabuk

oluşumunun düşük olduğu alanlar ise toplam alanın % 10,1'lik kısmında dağılım göstermektedir. Bu alanlar çalışma alanının kuzeybatı kesimlerinde ve güney doğu kesimlerinde dağılım göstermektedir.



Şekil 6- Çorum Çayı Havzası'na ait kabuk oluşum haritası.

Figure 6- Crust formation map of the Corum River Basin

Benzer şekilde Başkan vd. (2017) yaptıkları çalışmada yarı kurak ekolojik koşullara sahip Mogan Gölü Havzası'ndan 2000 ve 2010 yıllarında aldıkları toprak örneklerinden kabuk indisini hesaplanarak

dağılımları belirlemişler ve kabuk oluşumunun arazi kullanımı ve organik madde değişiminin etkisini tartışmışlardır. Çalışmalarında 2000 yılına kıyasla kabuk oluşumundan kaynaklanan bozulmanın çok şiddetli olduğu vurgulanmıştır.

Tablo 4- Çorum Çayı Havzası'nda kabuklanma eğiliminin alansal ve oransal dağılımı.

Table 4- Spatial and proportional distribution of crusting tendency in the Corum River Basin.

	Alan (km ²)	Oran (%)
Kabuklanma çok şiddetli	815	54,0
Kabuklanma şiddetli	520	34,4
Kabuklanma düşük	153	10,1
Kabuklanma hiç yok	22	1,5
Toplam	1510	100,0

4.3. Toprak Kabuk Oluşumu İndeksinin Fiziko-Kimyasal Özellikler Arasındaki Korelasyonu

Toprak kabuk oluşumu ve toprakların diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında pozitif yada negatif yönde bir ilişki söz konusudur. Kumlu-tınlı ve siltli killi-tınlı topraklar, yüzey sızdırmazlığına ve kabuklanmaya en duyarlı alanlardır (Courty, 1985). Ayrıca kurak topraklarda düşük organik madde ile kabuk oluşumu süreci ilişkilidir (Valentin, 1985). Lutz (1952) başta ince kum ve siltli tekstüre sahip topraklarda kaymak tabakasının daha yoğun oluşabileceğini ancak yine de her çeşit tekstür özelliğinde de kabuk eğilimin olduğunu belirtmiştir. Gerard (1965) ise, toprak özelliklerinden silt, kil ve değişebilir sodyum kapsamındaki artışın kabuk

direncini arttırabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, araştırmacı silt ve organik karbon ve kil değerlerinin kabuk tabakası belirlemede önemli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Canpolat (1990), çalıştığı alandaki topraklarda kırılma değerinin silt ve değişebilir sodyum ile pozitif, agregat stabilitesi ile ise negatif ilişkileri olduğunu bulmuştur. Çalışma alanına ait topraklarında da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Çorum Çayı Havzası'nda ise toplam 100 korelasyondan 73 tanesi $p < 0.05$; $p < 0.01$ olarak değerler alıp istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 5). Kabuk oluşumu ile, kil (0,294**), silt (0,195**), kireç (0,950**) pH (0,313**) ve EC (0,360**) arasında % 1 düzeyinde ve pozitif yönde bir ilişki varken, OM (-0,163**) kum (-0,367**), Hİ (-0,345**), arasında % 1 düzeyinde negatif yönde bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Tablo 5). Benze bir sonuç, Nuttal (1982) yaptığı çalışmada kabuk oluşumunun ve penetrasyon direncinin silt ile pozitif, sahanın organik madde ile negatif ilişki verdiğini belirtmiştir. Ayrıca, aynı çalışmada kilin kabuk direnci ve penetrasyon direnciyle hem negatif, hem de pozitif ilişkili olduğu toprakların mevcut olduğunu açıklamışlardır. Yine Şeker ve Karakaplan (1999) yaptıkları detaylı çalışmada, toprak örneklerinden kırılma değerleri ile silt, dispersiyon oranı, elektriksel iletkenlik, organik madde, kireç, suda çözünebilir kalsiyum, magnezyum, sodyum, sülfat ve klor arasındaki ilişkinin pozitif; kum yüzdesi, agregat stabilitesi, değişebilir kalsiyum, potasyum ve suda çözünebilir bikarbonat içerikleri ile olan ilişkinin ise negatif olduğunu belirlemişlerdir. Chong-Feng vd. (2013) ise kabuk oluşumu ve organik madde ile negatif bir ilişki belirlerken Dede vd. (2020) ise kabuk oluşumu ve HA arasındaki ilişkinin negatif olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Tablo 5- Çorum Çayı Havzası'nın bazı fiziksel, kimyasal ve kabuk eğilimi özelliklerinin korelasyon analizi sonuçları.

Table 5- Correlation analysis results of the physical, chemical and crustal tendency properties of the base of the Corum River Basin.

	OM (%)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	HA gr/cm ³	Hİ (cm/h)	Kireç (%)	pH (1:2.5)	EC (dS/m)	TKİ
OM (%)	1,000	-0,159**	0,166**	0,112	-0,620**	0,245**	-0,162**	-0,259**	0,040	-0,163**
Kil (%)	-0,159**	1,000	-0,116	-0,811**	-0,378**	-0,956**	0,284**	0,122*	0,163**	0,294**
Silt (%)	0,166**	-0,116	1,000	-0,380**	-0,232**	0,078	0,207**	-0,049	0,207**	0,195**
Kum (%)	0,112	-0,811**	-0,380**	1,000	0,494**	0,811**	-0,360**	-0,109	-0,278**	-0,367**
HA gr/cm ³	-0,620**	-0,378**	-0,232**	0,494**	1,000	0,287**	-0,046	0,116	-0,145*	-0,043
Hİ (cm/h)	0,245**	-0,956**	0,078	0,811**	0,287**	1,000	-0,337**	-0,134*	-0,174**	-0,345**
Kireç (%)	-0,162**	0,284**	0,207**	-0,360**	-0,046	-0,337**	1,000	0,301**	0,363**	0,950**
pH(1:2.5)	-0,259**	0,122*	-0,049	-0,109	0,116	-0,134*	0,301**	1,000	-0,173**	0,313**
EC (dS/m)	0,040	0,163**	0,207**	-0,278**	-0,145*	-0,174**	0,363**	-0,173**	1,000	0,360**
TKİ	-0,163**	0,294**	0,195**	-0,367**	-0,043	-0,345**	0,950**	0,313**	0,360**	1,000

OM: Organik Madde, HA: Hacim Ağırlığı *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yarı kurak bir iklim özelliğine sahip Çorum Çayı Havzası'nda önemli bir fiziksel bozulma göstergesi olan toprak kabuk oluşum indislerinin belirlenmesi ve konumsal dağılım haritası ortaya konulmuştur. Dağılım haritasının oluşturulmasında 15 enterpolasyon yönteminden RMSE değeri en düşük olan Kriging'e ait basit kriging'in üssel modeli belirlenmiştir. Elde edilen sonuca göre, havza tabanında kabuk oluşumu bakımından şiddetli bozulma riski altında olduğu belirlenmiştir. Bu alanlar özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu alanlardır. Ayrıca, örnek alınan noktalardaki kabuk oluşumu ile bazı fiziksel ve kimyasal analiz değerleri arasındaki ilişkinin olup olmadığının tespiti yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda kabuk oluşumu ile silt, kil, kireç, pH ve EC arasında pozitif yönde istatistiksel olarak bir ilişki varken, OM, kum, HA ve Hİ arasında ise negatif yönde bir korelasyon bulunmaktadır.

Kabuk oluşmasının iki önemli sonucu vardır. Bunlardan biri toprağın yapısal özelliğinin bozulması

ürünün gelişmesini ve üretim miktarını olumsuz etkilemesi, diğeri ise özellikle eğimli alanlarda suyun infiltrasyonunu engelleyerek yüzeysel akışı artırıp su erozyonuna neden olmaktadır. Çalışma alanının da havza tabanında ciddi tarımsal faaliyetlerin olduğu alanlar kabuk oluşum riskini yüksek çıkması, çalışma alanında dağılım gösteren toprakların ekonomik ve ekolojik üretkenlik fonksiyonlarını yitirmeden bir an önce önlem alınması gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Bu durumda, özellikle kurak ve yarı kurak sahalarda görülen kabuk oluşumu için iklim koşullarının da dikkate alınarak toprak özelliklerinden organik madde düzeyinin artırılması, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını bozmadan geliştirilen sulama yönteminin uygulanması gibi tedbirlerin alınması gerekmektedir. Agregat stabilitesini arttırmak da önlemler arasındadır. Arttırmak için yine toprağın organik madde takviyesi yapılabilir. Agregat stabilitesinin yükseltilmesiyle toprakların erodibilitesi yükselecek ve buna bağlı olarak toprak kaybının önüne geçilmiş olacaktır. Ayrıca doğru arazi kullanımı ile toprakların sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

REFERANSLAR

- Anonim, 2020. Türkiye'de Erozyonun Genel Değerlendirmesi, <https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Menu/32/Erozyon-Kontrolu>. Erişim Tarihi: 15.02.2020.
- Bal, L., Şeker, C., Ersöy Gümüş, İ. 2011. Kaymak Tabakası Oluşumuna Fiziko-Kimyasal Faktörlerin Etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25 (3), 96-103.
- Bately, T., Davies, D.B., 1971. Soil structure and the production of arable crops. *Journal of Agriculture Soc*, 132, 106–122.
- Başkan, O., Dengiz, O., Köşker, Y., Demirkıran, O. 2017. Toprak Kabuk Oluşumu Üzerine Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü ve Organik Madde Değişiminin Etkisi, 5. *Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, Kırklareli*, Cilt 1, 598-605.
- Bayraklı, B., Dengiz, O. 2020. An evaluation of heavy metal pollution risk in tea cultivation soils of micro-catchments using various pollution indexes under humid environmental condition. *Rendiconti Lincei Scienze Fisiche e Naturali*, 31, 393–409.
- Blacke, G.R., Hartge, K.H. 1986. *Bulk density*. In Klute, A. (ed). *Methods of soil analysis*. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd ed. *Agronomy* 9, 363-382.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43, 434-438.
- Bölük, 2016a. *Erinç iklim sınıfına göre Türkiye iklimi*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bölük, 2016b. *De Mortanne kuraklık indisine göre Türkiye iklimi*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S. 1982. *Nitrogen-Total*. In:Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R (Eds.), *Methods of Soil Analysis*, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2 nd ed. *Agronomy* 9: 595-624.
- Courty, M.A. 1985. *Morphology and genesis of soil surface crusts in semi arid conditions* P64-71. In: Callebant, F., Gabriels, D., DeBoodt, M. (Eds.), *Assessment of Soil Surface Sealing and Crusting*. Flader Research Centre for Soil Erosion and Soil Conservation, Ghent, Belgium.

- Dede, V., Dengiz, O., Demirağ Turan, İ., Türkeş, M., Gökçe, C., Serin, S. 2020. Ilgaz Dağları Periglasyal Şekillerinde Oluşmuş Toprakların Fizikokimyasal Özellikleri ile Bazı Erozyon Duyarlılık Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 18(1), 99–123.
- Demirağ Turan, İ. Dengiz, O., Özkan, B. 2019. Spatial assessment and mapping of soil quality index for desertification in the semi-arid terrestrial ecosystem using MCDM in interval type-2 fuzzy environment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 164, 104933. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104933>.
- Dengiz, O. 2020. Soil quality index for paddy fields based on standard scoring functions and weight allocation method. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(3), 301-315. doi:10.1080/03650340.2019.1610880.
- Dönmez, Y. 1984. *Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları*, Güryay Matbaacılık, İstanbul.
- European Environment Agency, 2018. *CORINE Land Cover*. <https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>
- Feng, G., Sharratt B., Vaddella V. 2013. Windblown soil crust formation under light rainfall in a semiarid region. *Soil & Tillage Research*, 128, 91–96.
- Gerard, C.J. 1965. The Influence of Soil Moisture, Soil Texture, Drying Conditions and Exchangeable Cations on Soil Strength. *Soil Science Society of America Journal*, 29, 641-645.
- Gicheru, P., Gachene, C., Mbuvi, J., Marea, J. 2004. Effects of soil management practices and tillage systems on surface soil water conservation and crust formation on a sandy loam in semi-arid Kenya. *Soil & Tillage Research* 75, 173–184.
- Hadas, A., Stibbe, E. 1977. Soil crusting and emergence of wheat seedlings. *Argon. J*, 69, 547–550.
- Hussian, S.M., Smlle, G.W., Collins J.F. 1985. Laboratory Studies of Crust Development in Irish and Iraqi Soils. II. Effects of Some Physico-Chemical Constituents on Crust Strength and Seedling Emergence, *Soil & Tillage Research*, 6, 123- 138.
- IBM Corp. 2015. Released 2015. *IBM SPSS Statistics for Windows*, Version 23.0. IBM Corp., Armonk, NY.
- Kanar, E ve Dengiz, O. 2015. Madendere Havzası Topraklarında Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü ile Bazı Erozyon Duyarlılık İndeksleri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 15-27.
- Lipiec, J., Hatano, R. 2003. Quantification of Compaction Effects on Soil Physical Properties and Crop Growth. *Geoderma*, 116, 107-136.
- Lutz, J.F., 1952. *Mechanical Impedance and Plant Growth*. In : Soil Physical Conditions and Plant Growth (Shaw, B.T., ed.), Academic Pres, New York, 491.
- Mallants, D., Mohanty, B. P., Jacques, D., Feyen, J. 1996. Spatial Variability of Hydraulic Properties in a Multi-layered Soil Profile, *Soil Science*, 161(3), 167-181. doi: [10.1097/00010694-199603000-00003](https://doi.org/10.1097/00010694-199603000-00003)
- Mualem, Y., Assoulin, S., Rohdenburg, H. 1990. Rainfall induced seal (B). Application of a new model to saturated soils. *Calena* 17, 2105–2108.
- Nuttal, W.F. 1982. The Effect of Seedling Depth, Soil Moisture Regime and Crust Strength on Emergence of Rape Cultivars, *Agronomy J.*, 74, 1018-1022.
- Öztürk, E., Özdemir, N. 2006. Topraklarda Kabuk Oluşumu, Çeşitleri ve Önlenmesi, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (2), 275-282.
- Pieri, C. 1989. *Fertilité des terres de savane*. Bilan de trente années de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. IRAT, Paris, 444 pp.
- Sağlam, M., Dengiz, O. Saygın, F. 2015. Assessment of Horizontal and Vertical Variabilities of Soil Quality Using Multivariate Statistics and Geostatistical Methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. DOI: 10.1080/00103624.2015.1045596. 46:1677–1697.
- Saygın, F., Dengiz, O., İç, S. 2019. Mikro Havza Ölçeğinde Erozyona Duyarlılık Parametreleri İle Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, Özel sayı, 15-23.
- Soil Survey Staff, 1992. *Procedures For Collecting Soil Samples and Methods Of Analysis For Soil Survey*. Soil Survey Invest. Rep. I. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.
- Soil Survey Staff, 1993. *Soil soil survey manual*, USDA. Handbook No: 18 Washington D.C.

- Şeker, Ş., Karakaplan, S. 1999. Konya Ovasında Toprak Özellikleri ile Kırılma Değerleri Arasındaki İlişkiler. *Turkish journal of Agriculture and Forestry*, 23, 183-190,
- Tuçay, T., Dengiz, O., Başkan, O., Bayramin, İ., Kılıç, Ş. 2017. Altınova Tarım İşletmesi Topraklarının Kabuk Oluşumu ve Erozyon Duyarlılık Durumlarının Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi. 5. *Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi*, Kırklareli, Cilt 1, 669-680.
- Türkes, M., Öztas, T., Tercan, E., Erpul, G., Karagöz, A., Dengiz, O., Doğan, O., Şahin, K., Avcıoğlu, B. 2020. Desertification vulnerability and risk assessment for Turkey via an analytical hierarchy process model. *Land Degradation Development*, 31, 205–214. <https://doi.org/10.1002/ldr.3441>.
- Wilding, L. P. 1985. *Spatial variability: It's Documentation, Accommodation and Implication to Soil Surveys*. In: *Soil Spatial Variability*. (Eds: Nielsen, D.R. and J. Bouma) Pudoc, Wageningen, The Netherlands, p. 166-194.
- Valentin, C., 1985. *Surface crusting of arid sandy soils*. In: Callebant, F., Gabriels, D., DeBoodt, M. (Eds.), *Assessment of Soil Surface Sealing and Crusting*. Flader Research Centre for Soil Erosion and Soil Conservation, Ghent, Belgium, pp. 40–47.
- Valentin, C. 1991. Surface Crusting in Two Alluvial Soils of Northern Niger, *Geoderma*, 48, 201–222.
- Van Wambeke, A.R. 2000. *The Newhall Simulation Model for estimating soil moisture & temperature regimes*. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, Ithaca, NY.
- Yıldız, N., Akbulut, Ö., Bircan, H. 1998. *İstatistiğe Giriş*, Şafak Yayınevi, Erzurum.
- Zhou, H., Chen, Y., Li, W. 2010. Soil properties and their spatial pattern in an oasis on the lower reaches of the Tarim River, northwest China. *Agricultural Water Management*, 97, 1915–1922.