

Bazı Toprak Özellikleri İle İlişkili Olarak Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsünün Toprak Organik Karbon Stokuna Etkisi

Merve YILMAZ, Orhan DENGİZ*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 20.01.2021

Kabul Tarihi/Accepted: 16.05.2021

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

orcid.org/0000-0002-0526-4545 orcid.org/0000-0002-0458-6016

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: odengiz@omu.edu.tr

Öz: Toprak organik karbon (TOK) stokunun mekânsal dağılımını etkileyen temel faktörlerin belirlenmesi, TOK stok tahminlerinin doğruluğunu artırmak için kritik öneme sahiptir. Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'nin Orta Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Samsun ilinin Vezirköprü ilçesinin 111 km²'lik kısmını kaplayan alanda arazi kullanımı-arazi örtüsü ile bazı toprak özelliklerinin TOK stoku üzerindeki etkilerini belirlemektir. Çalışma alanının arazi kullanımını ve arazi örtüsünü belirlemek için Triplesat uydu görüntüsü kullanılmıştır. Orman, mera, yerleşim ve tarım arazileri olmak üzere dört ana arazi kullanımı ve arazi örtüsü belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanında bazı toprak özelliklerinin ve arazi kullanımının-arazi örtüsünün TOK yoğunluğunun mekânsal değişimini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilediği saptanmıştır. Çalışma alanında TOK stok miktarı yüzey (0-20 cm) topraklarında 4.79 ton ha⁻¹ ile 94.10 ton ha⁻¹ arasında, yüzey altı (20-40 cm) topraklarda ise 5.16 ton ha⁻¹ ile 8.86 ton ha⁻¹ arasında değişmektedir. Farklı arazi kullanımları arasında en yüksek TOK stoku miktarının yüzey toprağında 53.356 ton ha⁻¹ ile ormanlık alanlarda iken, en düşük TOK stoku miktarının ise 34.048 ton ha⁻¹ ile tarım arazilerinde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak organik karbonu, arazi kullanımı, arazi örtüsü, toprak fiziko-kimyasal özellikleri, Vezirköprü

The Effect of Land Use and Land Cover on Soil Organic Carbon Stock in Relation to Some Soil Properties

Abstract: Identifying the primary factors influencing spatial distribution of soil organic carbon (SOC) stock is critical for improving the accuracy of soil organic carbon stock estimation. The primary objective of the current study is to determine the effects of land use-land cover, and some soil characteristics on SOC stock in an area of 111 km² in Vezirköprü district, Samsun province in the Central Black Sea Region of Turkey. To determine land use and land cover of the study area, Triplesat satellite image was used. Four main land use and land cover that are forest, pasture, settlement, and cultivated land were determined. According to the results obtained, it was determined that some soil characteristics and land use-land cover in the study area had a statistically significant effect on the spatial variation of SOC density. The amount of SOC stock in the study area varies between 4.79- and 94.10-tons ha⁻¹ in surface (0-20 cm) soils and between 5.16- and 8.86-tons ha⁻¹ in subsurface (20-40 cm) soils. Among the different land uses, it was determined that the highest amount of SOC stock in the surface soil was 53.356 tons ha⁻¹ in forest areas, while the lowest amount of SOC stock was in agricultural lands with 34.048 tons ha⁻¹.

Keywords: Soil organic carbon, land use, land cover, soil physico-chemical properties, Vezirköprü

1. Giriş

Karasal ekosistemin kalitesi ve sürdürülebilirliği üzerine etkili olan en önemli parametrelerden birisi

toprak organik karbonu (TOK)'dur. Toprak ve bitkiler karasal ekosistemlerdeki en önemli organik karbon tutucular olmakla birlikte, bitki örtüsünde

depolanmış olan karbon miktarı yaklaşık 500 milyar ton civarındadır (Janzen, 2004). Genel olarak topraktaki karbon stokları, organik ve inorganik karbondan oluşmakta ve karasal karbonun en büyük rezervi topraklarda bulunmaktadır. Bu miktar vejetasyonun 3, atmosferin 2 katı kadardır. Bazı araştırmacıların hesaplamalarına göre bir metre toprak derinliği içerisinde organik karbon miktarı, yaklaşık 1500 ve 2000 Pg arasında değişmektedir (Post ve ark., 1982; Eswaran ve ark., 1993; Anonymous, 2000; Tolunay ve Çömez, 2008). Ayrıca, Janzen (2004) yaptığı olduğu çalışmada toprak derinliğinin bir metrenin altında olan alanlarda karbon miktarının daha çok inorganik formda bulunduğunu belirtmiştir. Toprakta inorganik karbon havuzu iki bileşenden oluşmakta; bunlar, i-) litojenik inorganik karbon ve ii-) pedojenik inorganik karbondur. Litojenik inorganik karbon ana kayalardan toprağa karışan karbondur. Pedojenik inorganik karbon ise toprak çözeltisi içerisinde serbest Ca^{+2} , Mg^{+2} iyonları ile toprak atmosferinde bulunan CO_2 reaksiyonu sonucu oluşmaktadır (Arnaud ve ark., 1993; White ve ark., 1999).

Karasal ekosistemin en önemli bir parçası olan topraklar, atmosferdeki karbon için depo görevi yaptığı gibi aynı zamanda bir kaynağıdır. Bir ekosistem içerisinde toprakta depolanan veya topraktan atmosfere salınan karbon miktarı, net ekosistem üretimi ile ekosistemden atmosfere salınan toplam heterotrofik solunuma bağlıdır. Karbon bağlanması serbest atmosferik karbondioksitin bitkiler tarafından fotosentez aracılığıyla organik madde olarak toprakta depo edilmesi işlemidir. Toprak organik maddesi; toprağın biyolojik özelliklerinin yanı sıra, fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine de önemli ve olumlu bir etki yaparak, toprağın gelişimini kolaylaştırır. Değişen çevre koşulları, topraktaki organik madde dolayısıyla organik karbon içeriği ve miktarı üzerinde etkili olmaktadır. Ayrıca, toprakların farklı iklim kuşaklarında bir hektar alanda tutulan karbon miktarlarının, kuzey enlemdaki boreal ormanlarında 40-60 ton, ılıman kuşak ormanlarında 60-130 ton, tropikal ormanlarda ise 120-194 ton arasında değiştiği gözlemlenmiş; bozulmamış bir tropikal yağmur ormanında, 250 tona kadar yükselebildiği tespit edilmiştir (Lal, 2005).

Bu bağlamda ekosistem çeşitliliği ve bu ekosistemlerin yönetimleri, toprak organik karbonunun karasal alanlarda daha fazla tutulabilmesi bakımından oldukça önemli bir toprak koruma ve iyileştirme stratejisidir. Toprak organik karbonu üzerinde, toprak özelliklerine ilave olarak, pek çok çevre faktörü de etkili olmaktadır. Organik karbon uygun koşullar altında

uzunca süre topraklarda muhafaza edilebilir; ancak, arazi örtüsü veya arazi kullanımındaki değişim, tarımsal kullanımdaki yoğun toprak işleme teknikleri, erozyon ve ormanlarda yapılmakta olan farklı silvikültürel amenajmanlar nedeniyle toprakların karbon stokları önemli ölçüde azalmaktadır. Arazi kullanımındaki yanlış değişimler ile 20 yılda topraklardaki organik karbon miktarı en düşük seviyeye inerken, aynı toprakta organik karbon miktarını en yüksek seviyeye çıkarmak için yaklaşık yüz yıllık zaman dilimine gerek vardır. Anonymous (1992a) verilerine göre, dünyada her yıl yaklaşık 25 milyar ton toprağın erozyonla kaybı söz konusu olmaktadır; bu durumda, erozyonla kaybedilen bu toprakların yaklaşık % 4 organik karbon içerdikleri hesaba katıldığında, yaklaşık olarak bir milyar ton karbon topraklardan uzaklaşıyor demektir. Türkiye’de, özellikle su erozyonu baz alındığında, akarsularla taşınan ve yıllık olarak kaybedilen toprak miktarı yaklaşık olarak 500 milyon tona tekabül etmektedir. Bu bilgiler ışığında, erozyonla Türkiye topraklarından yılda 20 milyon ton organik karbon kaybedilmektedir. Hektardan kaybolan miktar ise 0.24 tondur (Başaran, 2004). Tarım toprakları genellikle doğal alanlardan daha az organik madde içerir (Özyazıcı ve ark., 2016). Bunun nedeni toprağa giren organik karbondaki azalma ve organik karbonun toprak işleme ile hızlı bir şekilde parçalanarak toprak erozyonu ile üst topraktan çevre faktörlerinin de etkisiyle taşınması şeklindeki kayıplar olarak belirtilmiştir (Bowman ve ark., 1999; Lal, 2002; Paustian ve ark., 2004). Her arazi için arazinin yapısına uygun toprak yönetim pratikleriyle özellikle tarım yapılan alanlarda toprak karbon içeriğinin artırılabilmesi araştırmalarla kanıtlanmıştır (West ve Post, 2002). Tarım topraklarının karbon stoklama kapasitesi göz önüne alındığında arazi yönetim pratiklerinin önemli bir araç olduğu ve bu şekilde topraklardan yıllık olarak 0.4-0.9 Pg karbon depolanabileceği belirtilmiştir (Paustian ve ark., 1998). Orman alanları ise atmosferdeki CO_2 konsantrasyonu üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Karasal ekosistemlerde tutulan toplam karbon miktarının % 50’si ormanlar tarafından tutulduğundan, nüfus ve gıda ihtiyacı var olan tarım arazileri ile yeterli düzeyde karşılanabiliyor ise orman tahribatının mümkün olduğunca azaltılması gerekir (Hooker ve Compton, 2003). Özellikle korunması esas kabul edilen tropikal ormanlar, karasal ekosistemde CO_2 ’in kalbi olduğu çok iyi bilinmesine karşın, bu ormanların tahribi, atmosfere salınan CO_2 ’in % 20’lik kısmını oluşturmaktadır (Anonymous, 2001). Orman alanları, sera gazları etkisi konusunda farklılık yaratacağı gibi atmosfere salınan CO_2 ’i organik yapıya bağlayarak ekstrem iklimsel değişimlerini de önleyebilmektedir.

Orman ve mera alanlarının tarıma açılmasıyla organik karbon miktarının % 20 düzeyinde azaldığı belirtilmiştir (Mann, 1986). Bu azalmanın miktarı toprak işleme tekniği, süresi ve yoğunluğu gibi etmenlere bağlı olarak artış göstermektedir. Amerika'da yapılan bir başka çalışmada ise, doğal bir ekosistemin tarıma açılması ile başlangıçtaki toprak organik karbon, yaklaşık olarak % 50-60 oranlarında kaybolmakta; diğer bir ifadeyle, atmosfere geçmektedir (Buyanovsky ve ark., 1987; Sotomayor ve Rice, 1999). Yapılan diğer bir çalışma, mera arazilerinin tarımsal uygulamalara açılmasıyla ilk yedi yıl içerisinde organik karbon miktarında ani bir düşüş olurken, on iki yıl sonra toprakta yeni bir denge oluştuğu ortaya konmuştur (Sandra ve ark., 2008). Ayrıca Post ve Kwon (2000) çalışmalarında ise işlemeli tarım yapılan bir alanın, orman veya mera alanına dönüştürülmesiyle yılda yaklaşık 33.8 veya 33.2 g cm⁻² karbon depolanabileceğini belirtmişlerdir.

Arazi kullanım tekniklerinin, arazi örtüsü ve türleri bakımından, toprak organik karbon tutulmasında önemli fonksiyonları olduğu görülmektedir. Bu nedenle; toprak organik karbonunun doğru tahmin edilmesi, yeryüzünün karbon dengesindeki değişiminin tahminini desteklemek için kritik bir öneme sahiptir (Bhatti ve ark., 2002; Janzen, 2004). Ancak toprak organik karbon stoklarının tahmin edilmesi, onu etkileyen pek çok faktörün zamansal ve konumsal değişkenliğinden dolayı önemli ölçüde değişmektedir (Weindorf ve Zhu, 2010). Türkiye'de karbon stoklarının belirlenmesi ve dengesi üzerinde özellikle veri yetersizliği nedeniyle bugüne kadar yeterli ve detaylı çalışmalar yapılamadığından, başta gelişmiş ülkeler olmak üzere dünyada ve Türkiye'de bu konuya büyük bir önem verilmektedir. Bu nedenle, özellikle Türkiye'de havza topraklarının bir an önce organik karbon bütçelerinin belirlenip gerekli verilerin güncellenerek değerlendirilmesi, süreçlerin kontrol altına alınıp izlenebilirliği ve elde edilen sonuçlara göre planlama ve yönetim teknikleri ile geliştirilip uygulamaya konulması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı; Samsun ilinin güneybatı kısmında yer alan, Vezirköprü ilçesinin 111 km²'lik kısmını kaplayan alanda, yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprağında i-) toprak organik karbon miktarlarının belirlenmesi, ii-) dağılım haritalarının oluşturulması, iii-) bazı toprak fiziko-kimyasal toprak karakteristikleri ile toprak organik karbon içerikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi ve iv-) arazi örtüsü ve arazi kullanım çeşitlerinin toprak organik karbon içeriğindeki stok miktarına etkisinin araştırılmasıdır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma alanı genel özellikleri

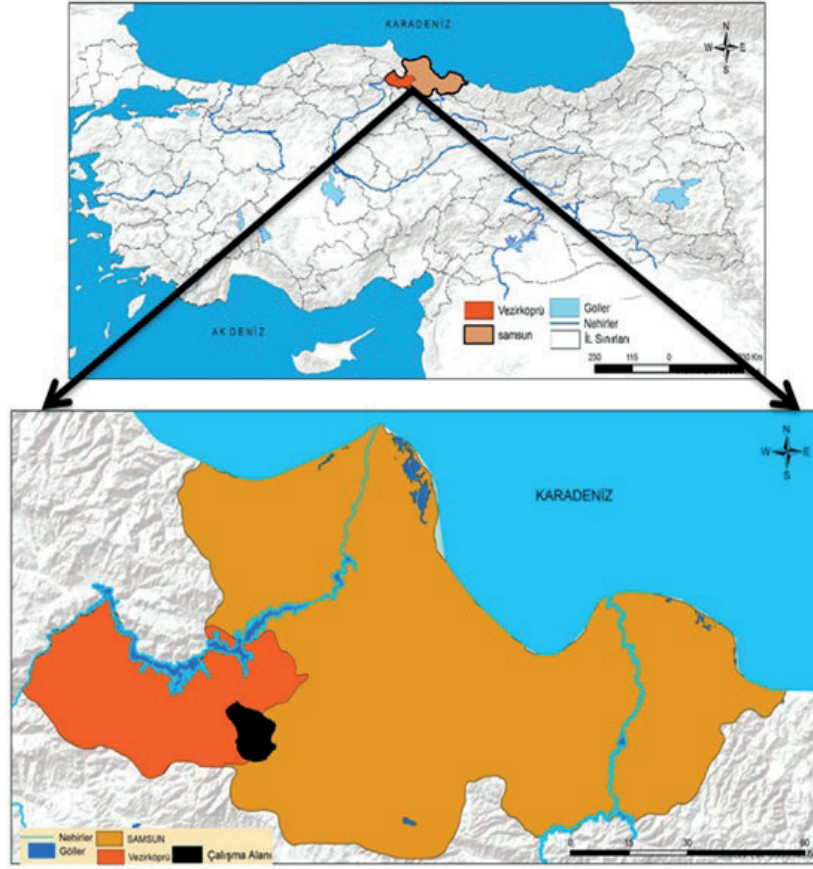
Bu çalışma, Türkiye'nin Orta Karadeniz Bölümü'nde yer alan Samsun ilinin Vezirköprü ilçesi sınırları içerisinde yürütülmüştür. İlçe, 35° 01'-35° 48' doğu boylamları ile 41° 00'-41° 19' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Yüzölçümü 1713 km² olan Vezirköprü ilçesi, Samsun iline 115 km'lik bir mesafededir (Şekil 1).

Vezirköprü ilçesi batıdan Boyabat ve Osmancık, doğudan Havza, güneyden Gümüşhacıköy ve Merzifon ilçeleri çevrelerken, kuzeyinde Alaçam ve Bafra ilçeleri yer almaktadır. İlçenin güneydoğu sınırında kalan çalışma alanı; Ağcaalan, Aydoğdu, Bahçekonak, Bayramköy, Boğazkoru, Çakırtaş, Çalköy, Çekmeden, Esenyurt, Güder, Kızılcaören, Kületek, Meşeli, Pazarcı, Tekekıranı, Yağcı, Yeniçelik ve Yürükçal köylerini içerisine almaktadır. Toplam çalışma alanı 111 km² olup, 708000-720000 D-B ve 4560000-4561000 K-G (WGS84, Zone 36, UTMm) koordinatları arasında yer almaktadır. Çalışma alanının deniz seviyesinden yüksekliği ise 240-750 m arasında değişmektedir. Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli (DEM) ve yükselti haritaları Şekil 2'de verilmiştir.

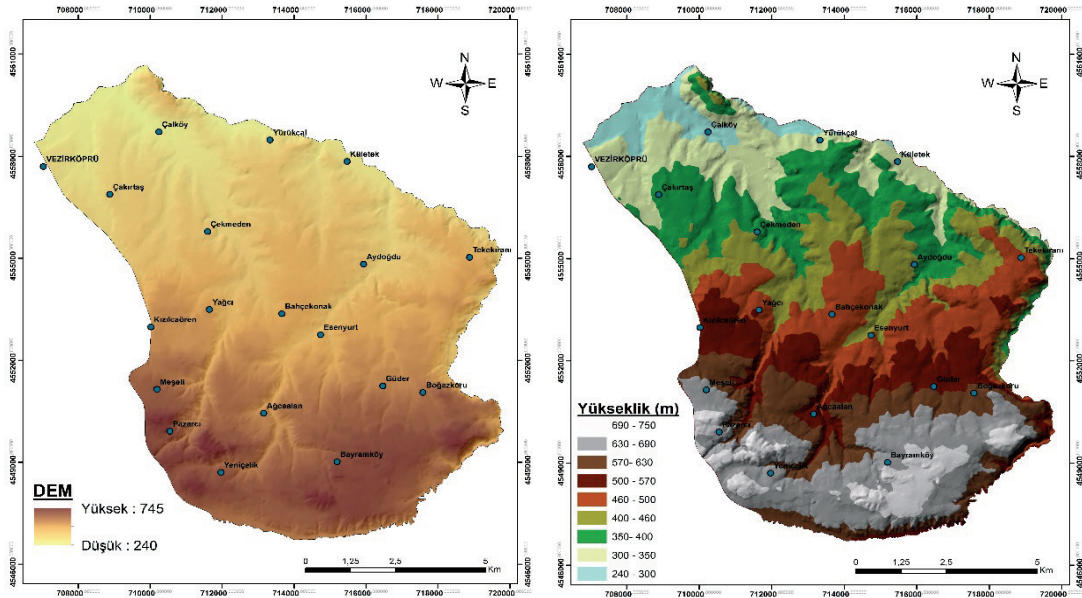
Çalışma alanının eğim ve bakı haritaları ise Şekil 3'te verilmiş olup; alanın büyük bir bölümü düz-düze yakın % 0-2 eğim ile hafif ve orta dik (% 6-12) eğimlerinden oluşmaktadır. Çalışma alanının kuzey doğu sınır alanına yakın kesimleri ile güney kesimlerinde dağılım gösteren küçük alanlarda eğim artmaktadır. Yine çalışma alanını güney, güney doğu ve orta kesimleri çoğunlukla kuzey doğu, doğu ve güney doğu bakılara sahip iken; kuzey ve kuzey batı kesimleri kuzey, kuzey doğu, batı ve güney batı bakılarına sahiptir (Şekil 3).

Çalışma alanına ait 04.06.2018 tarihli ve 80 cm çözünürlüğe sahip TRIPLESAT arşiv uydu görüntüsü, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi teknikleri yardımıyla arazi kullanım haritası CORINE 2. seviyeye göre üretilmiştir. Triplesat uydu görüntüsü, CORINE 2. düzey sınıflarına göre arazi kullanımı/arazi örtüsü alansal dağılımları Tablo 1 ve Şekil 4'te verilmiştir. Çalışma alanının büyük bir kısmı yaklaşık % 70.1'i ekilebilir alanlar iken, % 10.8'i ise karışık tarım alanları ve % 5.1'i orman alanları şeklindedir. Ayrıca alanın % 4.8'ini endüstriyel, ticari ve ulaşım birimleri, maden ocakları, boşaltım ve inşaat sahaları, şehir alanları gibi yapay alanlar oluşturmaktadır (Şekil 4).

Vezirköprü meteorolojik istasyonuna ait uzun yıllar ortalama sıcaklık ve yağış verileri Tablo 2'de



Şekil 1. Çalışma alanı yer buldur haritası
Figure 1. Location map of the study area

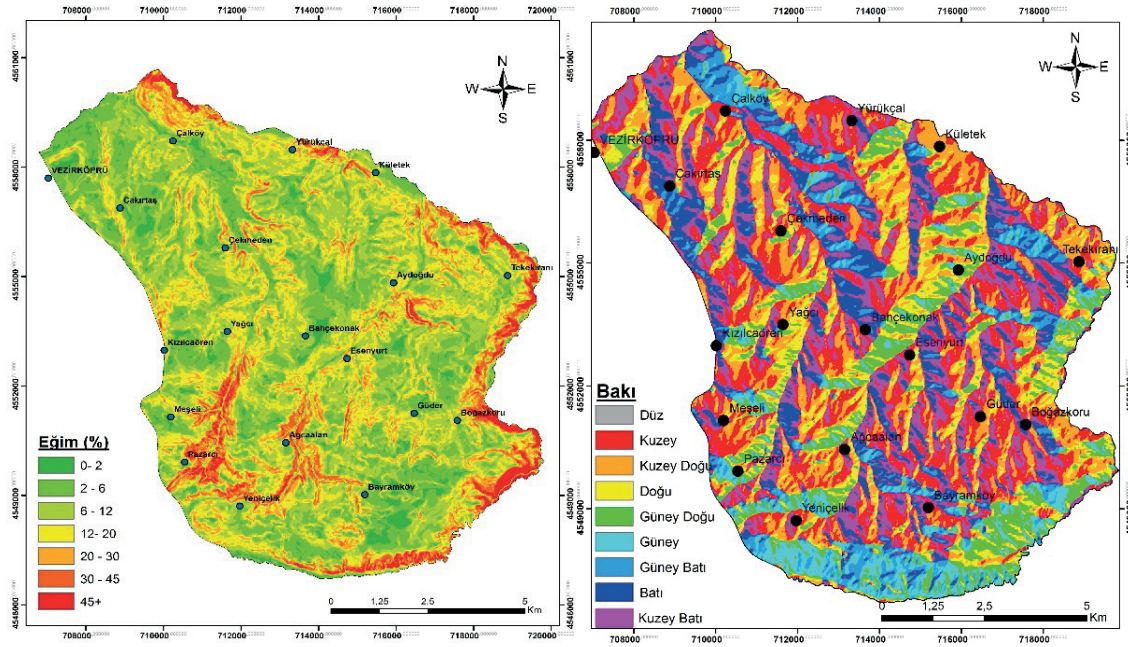


Şekil 2. Çalışma alanı DEM ve yükselti haritası
Figure 2. DEM and elevation map of the study area

verilmiştir. Vezirköprü, iklim koşulları ile iç kesimlerin karasal iklim tipi arasında, geçiş bakımından kıyı kuşağının nemli ılıman iklim tipi kuşağının kendine özgü termik ve nemlilik

özellikleriyle ayrılmakta; kışları kıyıya göre daha soğuk (Ocak ayı ortalama sıcaklık 2.5 °C), yazlarda ise daha sıcak geçmektedir (Ağustos ayı aylık ortalama sıcaklık 22.3 °C). Uzun yıllık ortalamalara göre yağış miktarı 527 mm, çevre yüksek kesimlerde yağış artışıyla birlikte kar şeklinde yağışların da etkili olduğu görülmektedir. Yıl içinde yağışların mevsimlere göre dağılışı belirgin olarak ilkbaharda (% 35.5) iken; yaz yağışları (% 18.6) oranında ve artan buharlaşmalar

sonucu yaz kuraklığı etkili olmaktadır (Anonim, 2020). Vezirköprü ilçe sınırları içerisinde dağılım gösteren toprakların Newhall Simülasyon Modeli (Van Wambeke, 2000) kullanılarak toprak ve nem rejimleri belirlenmiş; toprak sıcaklık sınıfı *Mesic*, toprak nem sınıfı ise *Typic Xeric* olarak saptanmıştır. Newhall simülasyon modeli kullanılarak üretilen Vezirköprü ilçesine ait toprak sıcaklık ve toprak nem bütçe dağılımı ise Şekil 5'te verilmiştir (Kaya ve ark., 2020).

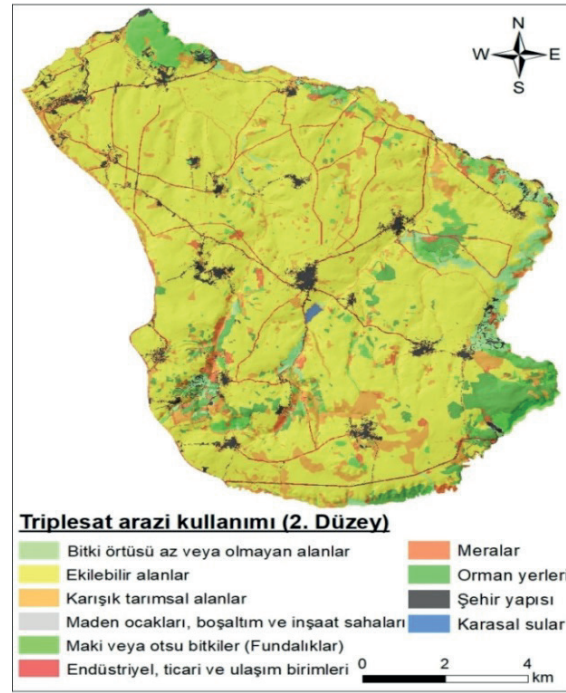


Şekil 3. Çalışma alanı eğim ve baki haritası
Figure 3. Slope and aspect maps of the study area

Tablo 1. Triplesat uydu görüntülerinin CORINE 2. düzey sınıflarına göre arazi kullanımı ve örtüsü alansal dağılımları

Table 1. Land use and cover spatial distribution of Triplesat satellite images according to CORINE 2nd level classes

Arazi kullanımı	Hektar	%
Bitki örtüsü az veya hiç olmayan alanlar	349	3.1
Ekilebilir alanlar	7882	70.1
Karışık tarımsal alanlar	1214	10.8
Maden ocakları ve inşaat alanları	12	0.1
Maki veya otsu alanlar	452	4.0
Endüstriyel, ticari ve ulaşım alanları	85	0.8
Mera alanları	235	2.1
Orman alanları	571	5.1
Şehir alanları	439	3.9
Sulak alanlar	12	0.1
Toplam	11251	100.0

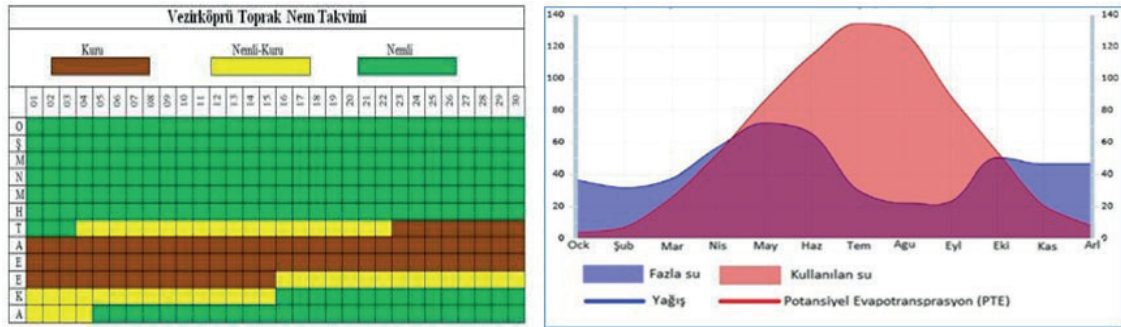


Şekil 4. Triplesat uydu görüntülerinin CORINE 2. düzeye göre sınıflandırılmış arazi kullanımı ve arazi örtüsü dağılım haritası

Figure 4. Land use and land cover distribution map of Triplesat satellite images classified according to CORINE 2nd level

Tablo 2. Vezirköprü ilçesine ait aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri
Table 2. Mean montly rainfall and temperature values for Vezirköprü district

İklim parametresi	Aylar												Yıllık
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Yağış (mm)	36.5	31.7	37.3	56.7	72	65.8	30.5	22.1	23.2	52	46.2	46.2	520.2
Sıcaklık (°C)	2.1	3.4	7.5	12.2	16	19.7	22.1	22.5	18.9	13.8	7.6	3.9	12.5



Şekil 5. Vezirköprü ilçesi Newhall modeline göre ayların toprak nem bütçesi dağılımı

Figure 5. Soil moisture distribution according to Newhall model for Vezirköprü district

2.2. Toprak örnekleme ve analiz yöntemi

Çalışma alanı 400 m x 400 m şeklinde oluşturulan grid sisteminden, yüzeyden (0-20 cm)

658, yüzey altı toprak derinliğinden (20-40 cm) ise 638 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinin dağılımı Şekil 6'da verilmiştir.

Toprak örneklerinin alınmasında, farklı topoğrafik konumları ve arazi kullanımları/arazi örtüsü tipleri de göz önüne alınarak planlanmıştır.

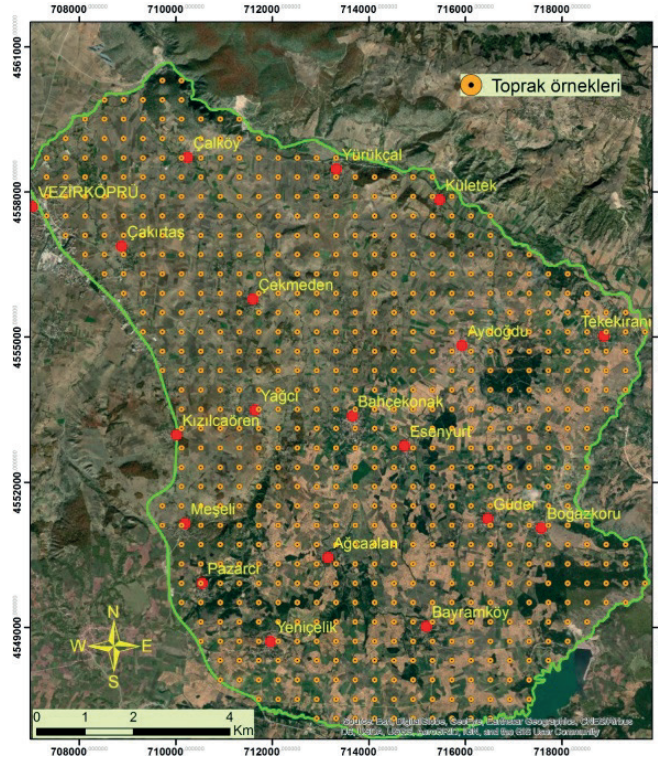
Araziden alınan toprak örnekleri öncelikle laboratuvar koşullarında hava kuru hale getirildikten sonra dövülerek 2 mm'lik eleklerden elenerek analize hazır hale getirilmiştir. Topraklarda bünye, hidrometre yöntemi kullanılarak (Bouyoucos, 1951); hacim ağırlığı (HA), bozulmuş toprak örneklerinde Blake ve Hartge (1986) tarafından bildirilen yöntemlere göre; organik madde (OM) miktarı ise Nelson ve Sommers (1982) tarafından bildirilen esaslara göre belirlenmiştir. Toprakların kireç (CaCO₃) tayini, Scheibler kalsimetresine göre; toprak reaksiyonu

(pH), saturasyon çamurunda pH metre elektrotu kullanılarak; elektriksel iletkenlik (EC), saturasyon çamurunda Anonymous (1992b) tarafından bildirilen esaslara göre tespit edilmiştir.

Birim alanda depolanmış organik karbon (OK) miktarının belirlenmesinde, her bir derinlik (0-20 cm ve 20-40 cm) için Eşitlik 1'de verilen formül kullanılmıştır.

$$TOK = \frac{(1 - \% \delta i) \times \rho_i \times C_i \times T_i}{100} \quad (1)$$

Burada TOK, toprak organik karbonunu; δi , 2 mm'den büyük kaba fraksiyon miktarını; ρ_i , hacim ağırlığını (g cm⁻³); C_i , organik karbon miktarını; T_i , alınan toprak örneğinin derinliğini ifade etmektedir.



Şekil 6. Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin noktasal dağılım haritası
Figure 6. Point distribution map of soil samples collected from the study area

2.3. Tanımlayıcı istatistik ve jeostatistik yöntemler

Yapılan çalışmada örnekleme alınan alanlardaki toprak özelliklerinin en büyük, en küçük, standart sapma, varyasyon katsayısı, ortalama, çarpıklık ve basıklık değerlerine ait tanımlayıcı parametreler SPSS programı (SPSS 21) yardımı ile hesaplanmıştır. Çalışma alanı topraklarının yüzey ve yüzey altı örneklerinde CaCO₃, silt, kum, kil, OM, OK, HA, EC, pH ve TOK özellikleri arasındaki ilişkiler Spearman

korelasyonu kullanılarak analiz edilmiş ve bu analizlerin yapılmasında SPSS 23 paket programı kullanılmıştır.

Toprak organik karbon için belirlenen her bir toprak örnek noktası, farklı jeostatistik modeller kullanılarak en uygun model belirlenmiş ve alanın TOK stok dağılım haritası üretilmiştir. Bu bağlamda; çalışma alanı topraklarının toprak özellikleri, TOK stok yöntemine göre hesaplanmış ve hesaplamada kullanılan parametrenin yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) olmak üzere

tüm alan içerisindeki dağılım haritaları üretilmiştir. Ayrıca, bu parametrelerin kullanılmasıyla hesaplanan toprak organik karbonu dağılım haritası da oluşturulmuştur. Çalışma alanında yapılan toprak örnekleme sonucu alınan koordinatlı toprak örneklerinin analiz sonuçları ve tüm coğrafik veriler jeostatistiksel metotlar yardımıyla ArcGIS 10.2.2 programında birleştirilmiş, işlenmiş ve haritalar oluşturulmuştur. Jeostatistik teknikler çalışılan özelliklerin ve hesaplanan TOK değerlerinin mesafeye bağlı değişkenliklerinin ifade edilmesinde ve haritalanmasında kullanılmıştır (Goovaerts, 1999; Mulla ve McBratney, 2000). Haritalama öncesi verilerin normal dağılım göstermeyen örneklerin özelliklere uygun dönüşümleri tamamlanmış ve haritalama kısmında Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW), Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Kriging yöntemleri kullanılarak haritalama işlemi ArcGIS 10.2.2 programı kullanılarak yapılmıştır. "ArcGIS 10.2.2 Geostatistical Extension" programı ile üretilen haritalarda, tahminin ortalama hatası (ME) ve tahmininin standardize ortalama hatalar karekökü (RMSE) kriterlerini kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan haritada, ME değeri 0'a yakın ve RMSE değeri ise 1'e yakın ise

haritanın doğruluğu açısından sıkıntısız bir kontrol niteliğinde olması esas alınmıştır (Johnston ve ark., 2001). En düşük RMSE değerini veren model, en uygun model olarak değerlendirilmiştir. RMSE'nin hesaplanmasında Eşitlik 2 kullanılmıştır.

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

Eşitlikte Z_i , tahmin edilen değeri; Z_i , ölçülen değeri; n , örnek sayısını ifade etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Yüze ve yüze altı toprakların fiziko-kimyasal özellikleri

Çalışma alanından yüze (0-20 cm) ve yüze altından (20-40 cm) alınan toprak örneklerinde toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerine ve TOK stokuna ait analiz sonuçlarının tanımlayıcı istatistikleri Tablo 3'te verilmiştir. Çalışma alanında yüze den alınan 658 ve yüze altından 638 toprak örneğinde 10 farklı fiziko-kimyasal özellik incelenmiş ve bu özelliklerin tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır. Tablo 3

Tablo 3. Yüze ve yüze altı derinliklerden alınan toprakların fiziko-kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Table 3. Descriptive statistics of physico-chemical properties of soils collected from surface and sub-surface depths

Parametreler	Ortalama	SS	DK	Varyans	En düşük	En yüksek	Çarpıklık*	Basıklık
Yüze (0-20 cm)								
CaCO ₃ (%)	10.61	7.29	37.53	53.28	0.62	38.16	0.49	-0.16
Silt (%)	22.94	5.40	66.52	29.21	8.66	75.18	1.74	13.32
Kum (%)	31.65	8.99	48.89	80.92	13.04	61.93	0.75	0.52
Kil (%)	45.40	9.29	64.97	86.40	4.23	69.20	-0.60	0.92
OM (%)	2.38	0.974	5.97	0.94	0.27	6.24	1.10	1.67
OK (%)	1.38	0.56	3.46	0.32	0.16	3.62	1.10	1.67
HA (g cm ⁻³)	1.36	0.05	0.39	0.00	1.20	1.59	0.41	0.26
pH	7.80	0.53	3.73	0.28	5.02	8.75	-2.03	4.67
EC (µS cm ⁻¹)	379.55	233.26	1835.90	54411.04	38.10	1874.00	3.27	14.13
TOK (ton ha ⁻¹)	37.52	14.87	89.31	221.41	4.79	94.10	0.98	1.27
Yüze altı (20-40 cm)								
CaCO ₃ (%)	11.30	7.78	47.25	60.60	0.47	47.72	0.63	0.50
Silt (%)	22.05	5.71	48.60	32.69	2.31	50.91	0.75	2.69
Kum (%)	30.82	9.46	59.12	89.54	10.93	70.05	0.90	1.10
Kil (%)	47.04	9.78	66.02	95.79	3.21	69.23	-0.62	0.91
OM (%)	1.75	0.77	5.32	0.59	0.20	5.52	0.90	1.71
OK (%)	1.01	0.44	3.08	0.20	0.11	3.20	0.90	1.71
HA (g cm ⁻³)	1.37	0.07	0.41	0.00	1.21	1.62	0.49	-0.08
pH	27.79	12.08	81.34	146.01	3.11	8.45	0.86	1.43
EC (µS cm ⁻¹)	314.43	185.53	1912.00	34423.57	12.00	1924.00	4.51	30.41
TOK (ton ha ⁻¹)	7.95	0.49	3.70	0.24	5.16	8.86	-2.13	5.97

OM: Organik madde, OK: Organik karbon, HA: Hacim ağırlığı, SS: Standart sapma, DK: Değişkenlik katsayısı, *: [Çarpıklık < |±0.5| = Normal dağılım, 0.5-1.0= Veri setine karakter dönüşümü uygulanır, Çarpıklık > 1.0 → Logaritma dönüşümü uygulanır]

incelendiğinde, yüzey topraklarında çarpıklık katsayıları CaCO_3 ve HA değerlerinde normal dağılım sergilerken, diğer özellikler ise normal dağılımdan uzaktır. Normal dağılımdan uzak kil ve pH negatif (sola) çarpıklığa sahipken, diğer normal dağılım göstermeyen özellikler ise pozitif (sağa) çarpıktır. Wilding (1985) tarafından yapılan sınıflamaya göre, toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük ($<15\%$), orta ($15-35\%$) ve yüksek ($>35\%$) olarak sınıflandırmaktadır (Mallants ve ark., 1996). Bu sınıflandırmaya göre çalışma alanında yüzey toprak örneklerinde OM, OK, HA ve pH düşük değişkenlik özelliği gösterirken, diğer toprak özellikleri ise yüksek değişkenliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı yüzey topraklarının (0-20 cm); pH'sı 5.02-8.75, EC değeri 38.10-1874.00 $\mu\text{S cm}^{-1}$, kil oranı % 4.23-69.20, kum oranı % 13.04-61.93, silt oranı % 8.66-75.18, OM oranı % 0.27-6.24, CaCO_3 içeriği % 0.62-38.16, HA değeri 1.20-1.59 g cm^{-3} ve TOK değeri 4.79-94.10 ton ha^{-1} arasında değişkenlik göstermiştir (Tablo 3).

Yüzey altı toprak örneklerinde çarpıklık katsayıları HA değerinde normal dağılım sergilerken, diğer özellikler ise normal dağılımdan uzak seyrettiği görülmektedir. Ayrıca, normal dağılımdan uzak kil ve pH negatif (sola) çarpıklığa sahipken, diğer normal dağılım göstermeyen özellikler ise pozitif (sağa) çarpıklık göstermiştir. Değişkenlik katsayısına göre, çalışma alanında CaCO_3 , silt, kil, kum, EC ve pH yüksek değişkenliğe sahip iken, diğer toprak özellikleri ise düşük değişkenliktedir. Çalışma alanı yüzey altı (20-40 cm) topraklarının; pH değeri 3.11-8.45, EC değeri 12.00-1924.00 $\mu\text{S cm}^{-1}$, kil oranı % 3.21-69.23, kum oranı % 10.93-70.05, silt oranı % 2.31-

50.91, OM oranı % 0.20-5.52, CaCO_3 içeriği % 0.47-47.72, HA değeri 1.21-1.62 g cm^{-3} ve TOK değeri 5.16-8.86 ton ha^{-1} arasında değişmektedir (Tablo 3).

3.2. TOK değerlerinin enterpolasyon analizleri

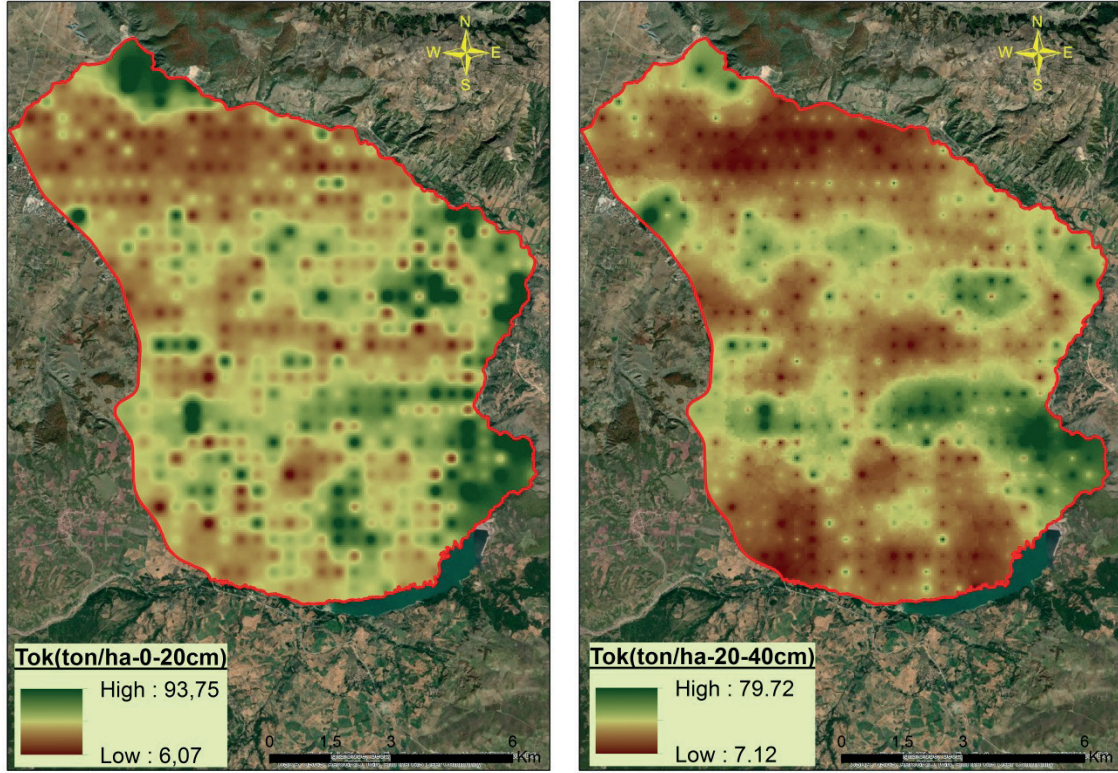
Dağılım modellerin karşılaştırılmalarında ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi sorgulayabilmek, ölçülen değerlere en yakın sonucu veren; diğer bir ifade ile, yöntemler arasından en uygun olanını belirleyebilmek için birçok çalışmada farklı karşılaştırma yöntemlerinin dikkate alındığı görülmektedir. Genel anlamda en yaygın olarak kullanılan yöntemler, ME ve RMSE yaklaşımlarıdır. Yapılan bu çalışma için RMSE yaklaşımı seçilmiş ve enterpolasyon dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılan 15 model içerisinde, gerek yüzey ve gerek yüzey altı topraklara ait TOK değerleri için her bir modelin RMSE değeri belirlenmiştir. Modellere ait RMSE değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Çalışma alanına ait yüzey ve yüzey altı toprakların TOK dağılım haritalarının oluşturulmasında en uygun modeller olarak RMSE değeri en düşük IDW yöntemine ait 1. ve 2. kuvvetlerinin olduğu belirlenmiş ve dağılım haritaları Şekil 7'de verilmiştir.

Dengiz ve ark. (2019) Kastamonu ili, İnebolu ilçe sınırları içerisinde yer alan yarı nemli karasal ekosistem özelliğine sahip İnebolu havzasında farklı toprak derinliklerinde TOK stokunu tahmin etmek ve mekânsal dağılım haritalarını oluşturmak, farklı toprak sınıfları ile TOK stoku arasındaki ilişkiyi değerlendirmek ve arazi kullanımını-arazi örtüsünün TOK stoku arasındaki etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, çalışma alanının arazi örtüsü tiplerini belirlemek

Tablo 4. Yüzey ve yüzey altı topraklarının enterpolasyon yöntemlerine ait RMSE değerleri

Table 4. RMSE values for interpolation methods of surface and sub-surface soils

Enterpolasyon yöntemleri	Modeller	Yüzey (0-20 cm)	Yüzey altı (20-40 cm)
IDW	1	13.2190	11.3055
	2	13.1598	11.3266
	3	13.1816	11.3995
RBF	SWT (Spline With Tension)	13.2440	11.4390
	CRS (Completely Regularized Spline)	13.3590	11.5726
	TPS (Thin Plate Spline)	15.0922	13.2299
Kriging	Ordinary	Küresel	13.3047
		Üssel	13.2989
		Gaussian	13.3265
	Simple	Küresel	13.5147
		Üssel	13.4262
		Gaussian	13.6007
Universal	Küresel	13.3047	
	Üssel	13.2989	
	Gaussian	13.3265	



Şekil 7. Çalışma alanına ait yüzey ve yüzey altı toprakların TOK dağılım haritaları
Figure 7. SOC distribution maps of surface and sub-surface soils in the study area

için Aster uydu görüntüsü kullanılmış ve beş ana arazi örtüsü türü (çılak arazi, seyrek bitki örtüsü, geniş yapraklı orman alanı, karışık orman alanı ve iğne yapraklı orman alanı) sınıflandırılmıştır. Sonuçlar, toprak tiplerinin ve toprak örtüsünün, TOK yoğunluğunun mekânsal varyasyonu için iki önemli faktör olduğunu göstermiştir. Toprak sınıflarına ait TOK yoğunluğunun, Vertic Haplustept (12.93 kg m^{-2}) diğer toprak sınıflarına göre anlamlı olarak daha yüksekti olduğunu, bu durumun özellikle ana nedenlerinin toprak profili derinliği ve pedolojik gelişim olarak belirtmişlerdir. Bu ana faktörlere de yüzey toprakların TOK değerleri üzerinde arazi kullanım-arazi örtüsünün etkisinin daha baskın olduğunu, yüzey altı topraklarda ise sadece arazi kullanım-arazi örtüsünün etkisi değil, toprakların bünye, genetik horizon çeşitliliği, derinlik etki edebilmekte olduğunu ifade etmişlerdir. Öte yandan araştırmacılar, toprak çeşidi ve arazi örtüsünün kombinasyonunun TOK yoğunluğunun önemli ölçüde daha iyi bir belirleyicisi olduğu sonucuna varılabileceğini belirtmişlerdir. Şekil 7 incelendiğinde; çalışma alanında yüzey toprakları için TOK değerleri yüzey topraklarında alanın kuzey ve doğu ile güney doğu sınırlara doğru artış göstermesine karşın, yüzey altı topraklarında ise özellikle alanın güney doğu kesimlerinde artış göstermekte olduğu görülmektedir.

3.3. TOK değerleri ile toprakların fiziko-kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon ilişkisi

Toprakta organik karbon miktarındaki artışın toprakların fiziko-kimyasal gelişmeleri ve üretkenliği üzerine olan etkileri, yapılan bazı araştırmalarda detaylı olarak gözlemlenmiştir (Celik ve ark., 2004; Tejada ve Gonzalez, 2007). TOK, toprak organik maddesi içerisinde oluşan karbonu ifade etmekte ve topraklarda en büyük karasal organik karbon havuzu olan jeolojik yapıya, iklim koşullarına ve arazi kullanımı ile arazi yönetimi gibi çevresel faktörlere bağlı olarak farklı miktarlarda TOK barındırmaktadır. TOK arazi kullanımı ve arazi yönetimindeki değişikliklerle toprak sıcaklığındaki ve nemdeki değişikliklere karşı oldukça hassastır; bu yüzden, toprakların karbon stoklarındaki değişimi tahmin etmek için, öncelikle karbon stokları için zamansal ve alansal değişimlerin belirlenmesinde temel altlıkların oluşturulması gerekmektedir. Bu nedenle, yerel, bölgesel, ulusal veya küresel düzeylerde TOK stokunun boyutu her ölçekte karbon içeriğindeki değişiklikleri tartışmak için temel bilgileri oluşturmaktadır (Swift, 2001).

Budak ve Günel (2018), yaklaşık 8700 km^2 genişliğe sahip Yukarı Dicle Havzası'nda toprakların karbon stoğu potansiyellerinin farklı

arazi kullanımları altındaki değişimlerinin tesbit edilmesi ve haritalanması amacıyla yaptıkları çalışmada, alanı 5 km x 5 km'lik gridlere ayırmışlar ve her gridin köşe noktasından toplam 210 adet bozulmuş ve bozulmamış yüzey (0-20 cm) toprak örneği almışlar; çalışmada, toprak örneklerinin OK ve HA değerleri ile her nokta için karbon stoğunu hesaplayarak çalışma alanının toprak organik karbon stok (TOKS) haritası hazırlanmıştır. Araştırmacılar, arazi kullanımlarının TOKS üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etki ettiğini belirlemişler; çalışma alanında TOKS miktarının 8.06 ile 66.68 Mg ha⁻¹ arasında değişkenlik gösterdiğini, ortalama TOKS değerinin ise 30.33 Mg ha⁻¹ olarak hesaplandığını rapor etmişlerdir.

Yüzey örneklerinin korelasyon analiz sonuçlarına göre 55 korelasyon çiftinden 37 adedi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05, p<0.01). TOK değerinin, HA ve silt ile herhangi

bir anlamlı ilişkisi bulunamamıştır. TOK değerinin, kum, kil, OM ve OK ile p<0.01 düzeyinde pozitif ilişkisi olduğu; CaCO₃ ve pH'nin ise negatif korelasyon gösterdiği görülmüştür. TOK değeri ile EC arasında p<0.05 düzeyinde pozitif anlamda bir bağlantısı bulunmuştur. Ayrıca en yüksek pozitif korelasyon TOK ve OK (r= 0.981**) arasında görülürken; en yüksek negatif korelasyonun ise pH (r= -0.290**) arasında olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Yüzey altından alınan toprak örneklerinin korelasyon sonuçlarına göre 55 korelasyon çiftinden 28 adedi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05, p<0.01). Toprak organik karbonun CaCO₃, silt ve HA ile aralarında herhangi bir ilişkisi bulunamamıştır. Kum, kil, OM ve OK arasında p<0.01 düzeyinde pozitif bir korelasyon görülmüştür. Ayrıca en yüksek pozitif korelasyon TOK ile OM ve OK (r= 0.985**) arasında belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 5. Yüzey toprak örnek özellikleri ve TOK arasındaki korelasyon analizi sonucu

Table 5. Correlation analysis between surface soil sample properties and SOC

	CaCO ₃	Silt	Kum	Kil	OM	OK	HA	pH	EC	TOK
CaCO ₃	1.000									
Silt	0.210**	1.000								
Kum	-0.319**	-0.253**	1.000							
Kil	0.193**	-0.264**	-0.826**	1.000						
OM	-0.074	-0.009	0.211**	-0.192**	1.000					
OK	-0.075	-0.010	0.212**	-0.193**	1.000**	1.000				
HA	-0.264**	-0.118**	0.828**	-0.769**	-0.148**	-0.147**	1.000			
pH	0.486**	0.085*	-0.204**	0.150**	-0.274**	-0.273**	-0.075	1.000		
EC	0.250**	-0.135**	-0.140**	0.231**	0.105**	0.104**	-0.215**	-0.030	1.000	
TOK	-0.116**	-0.036	0.326**	0.288**	0.980**	0.981**	-0.035	-0.290**	0.084*	1.000

*: İstatistiki açıdan p<0.05 düzeyinde anlamlı farklılık, **: İstatistiki açıdan p<0.01 düzeyinde anlamlı farklılık

Tablo 6. Yüzey altı toprak örnek özellikleri ve TOK arasında korelasyon analizi sonucu

Table 6. Correlation analysis between sub-surface soil sample properties and SOC

	CaCO ₃	Silt	Kum	Kil	OM	OK	HA	TOK	EC	pH
CaCO ₃	1.000									
Silt	0.153**	1.000								
Kum	-0.268**	-0.256**	1.000							
Kil	0.157**	-0.282**	-0.792**	1.000						
OM	0.047	-0.018	0.053	-0.019	1.000					
OK	0.047	-0.018	0.053	-0.019	1.000**	1.000				
HA	-0.224**	-0.005	0.892**	-0.886**	-0.140**	-0.140**	1.000			
TOK	0.010	-0.013	0.167**	0.122**	0.985**	0.985**	-0.016	1.000		
EC	0.241**	-0.118**	-0.232**	0.323**	0.212**	0.212**	-0.306**	0.175**	1.000	
pH	0.508**	0.036	-0.072	0.041	-0.157**	-0.157**	-0.020	-0.171**	0.002	1.000

** : İstatistiki açıdan p<0.01 düzeyinde anlamlı farklılık

3.4. Toprakların TOK değerleri ile arazi kullanımı ve arazi örtüsü arasındaki istatistiksel ilişki

Çalışma alanı, arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflaması bakımından orman, mera ve tarım arazisi şeklinde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflar ile

yüzey (0-20 cm) toprağının TOK stokuna göre yapılan çoklu karşılaştırma sonucuna göre p<0.05 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Ortalama olarak orman arazilerinde 53.356 ton ha⁻¹ TOK stok belirlenirken, 34.048 ton ha⁻¹ TOK stok ile en düşük tarım arazileri belirlenmiştir. Tarım

alanlarında dağılım gösteren toprakların TOKS miktarı yönünden diğer mera ve orman arazi kullanım sınıflarıyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, orman ve mera arazi kullanımı-arazi örtü sınıfları arasında ise istatistiksel olarak fark belirlenmemiştir. Ayrıca, değişkenlik katsayısına göre ele alınan arazi kullanım sınıfları için TOK stoku yönünden yüksek değişkenlik tespit edilmiştir (Tablo 7). Budak ve Günel (2018) Yukarı Dicle Havzası'nda toprakların karbon stok durumunun farklı arazi kullanım türlerinin etkisi altında en yüksek TOK stok miktarının 44.33 Mg ha⁻¹ ile ormanlık alanlarda ve en düşük TOK miktarının ise 28.91 Mg ha⁻¹ ile tarla bitkileri ekili alanlarda olduğunu belirlemişler; özellikle mera alanlarında aşırı otlatma ve tarım arazilerindeki geleneksel toprak işleme ve hasat atıklarının yakılması, Yukarı Dicle Havzası'nda TOK stok miktarı üzerinde olumsuz etki gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Saha ve ark. (2011) Kuzeybatı Hindistan'da Typic Ustochrept toprak sınıfı üzerinde dağılım gösteren orman, mera ve tarım gibi farklı arazi kullanım türleri altında oluşan toprak organik madde içeriklerindeki değişimi incelemişlerdir. Araştırmada, üst toprak OM kapsamı, mera arazilerine göre orman arazi kullanım türünde % 27 ve tarım arazi kullanım türünde ise % 45 azaldığını belirlemişlerdir. Alt toprak OM içeriği ise tarım ve mera arazilerinde istatistiksel olarak

farklılık göstermediğini belirtmişlerdir. Çalışma alanına ait yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait TOK değerleri ile arazi kullanımı ve arazi örtü sınıfları arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak elde edilen değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Arazi kullanım türlerine ait sınıflar arasında TOK stokuna göre yapılan çoklu karşılaştırma sonucuna göre $p < 0.05$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Yüzey topraklarının arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflarında olduğu gibi, TOK stoku tarım alanları toprak organik karbon stoku yönünden diğer iki arazi kullanım sınıflandırmasından istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Buna karşın orman ve mera sınıflandırmaları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Ayrıca değişkenlik katsayısına göre bütün arazi kullanım sınıfları için organik karbon içeriği yönünden yüksek değişkenlik mevcuttur.

Yukarıdaki veriler ışığı altında, çalışma alanı içerisinde dağılım gösteren özellikle tarım alanlarında organik madde üzerinde olumsuz etkiye sahip olan geleneksel toprak işleme yöntemlerinden uzaklaşıp birçok ülkede kabul gören korumalı toprak işleme yöntemlerinin uygulanmasının, mera arazilerinde ise gerek mevcut TOK stokunun korunması gerekse de süreç içerisinde artırılması amacıyla meraların ıslah edilmesinin ve ormanlık alanlarda oluşan tahribatın ortadan kaldırılarak sürdürülebilir orman yönetiminin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Tablo 7. TOK yüzey ve yüzey altı değerleri ile arazi kullanım ve arazi örtüsü (AKAÖ) arasındaki istatistiksel ilişki

Table 7. Statistical relationship between surface and sub-surface SOC values and land use and land cover (LCLU)

AKAÖ sınıfları	Ortalama	En düşük	En yüksek	Standart sapma	Değişkenlik katsayısı (%)	Örnek sayısı
Yüzey (0-20 cm) değerleri						
Orman	53.356 ^a	12.45	94.10	20.560	81.65	65
Tarım	34.048 ^b	4.99	80.34	10.678	75.35	553
Mera	52.032 ^a	19.75	90.36	17.355	70.64	40
Yüzey altı (20-40 cm) değerleri						
Orman	33.528 ^a	7.45	81.91	16.997	74.46	59
Tarım	26.784 ^b	3.11	84.45	10.962	81.34	548
Mera	31.849 ^a	4.78	64.65	15.148	59.87	31

Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen ortalamalar Tukey testine göre $p < 0.05$ düzeyinde birbirinden farklıdır.

4. Sonuçlar

İklim değişikliği ve arazi tahribatı etkilerinin şiddetine bağlı olarak toprak fonksiyonları ve ekosistem hizmetlerindeki değişimler gıda güvenliğine büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bu yüzden, sürdürülebilir arazi yönetimi ve toprak yönetimi içeren yeni arazi kaynakları kullanma politikaları kaçınılmaz olmuştur. BM gündeminde Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'ne doğru atılan

en önemli ve en kararlı adımlardan birisi 2012 yılında gerçekleştirilmiş ve en nihayetinde, sürdürülebilir arazi ve toprak yönetimi; Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden ikinci hedefi "açlığın sonlandırılması" ve on beşinci hedefi "karasal ekosistemlerin korunması" ile yakından ilgilidir. Bu hedefler ise, gıda güvenliğinin sağlanması ve beslenmenin iyileştirilmesi ve sürdürülebilir tarımın teşvik edilmesi ve karasal ekosistemlerin korunması,

yeniden inşası ve sürdürülebilir kullanımı, ormanların sürdürülebilir yönetimi, çölleşmeyle mücadele ve arazi tahribatının durdurulması ve iyileştirilmesi ve biyoçeşitlilik kayıplarının durdurulmasının başarılabilmesini amaçlamaktadır. Bilhassa, iklim değişikliği, arazi tahribatı ve biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetleri kaybı baskılarının varlığı altında, sürdürülebilir toprak ve arazi yönetimi ile ilişkili olarak, toprak organik karbonu, toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik fonksiyonlarının itici gücünü oluşturduğundan, sürdürülebilirliğin bir göstergesi olarak ön plana çıkmıştır. Öyle ki, TOK, toprakta havalanma, su muhafazası, kirletici filtreleme, toprak dayanaklığı, besin elementi döngüsü, biyoçeşitlilik, üretkenlik ve toprak yapısı ile doğrudan alakalıdır.

Bu çalışma, Samsun ili Vezirköprü ilçesine ait 18 köyü kapsayan arazilerde dağılım gösteren topraklarının bazı fiziko kimyasal toprak özellikleri ile arazi kullanımı ve arazi örtüsünün toprak organik karbon stokuna etkisi belirlemesine yönelik gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında; bölgeye özgü olarak, coğrafi taban altyapısı, su varlığı, iklim özellikleri, topoğrafya, arazi örtüsü ve arazi kullanım planı, jeomorfolojik özellikler, sosyo-ekonomik durum yönetimi gibi süreçlerin iyi değerlendirilmesi ve bu şekilde toprak organik karbon stokunu maksimum düzeyde nasıl arttırabiliriz konusuna değinilmiştir. Çalışma alanının arazi kullanımını ve arazi örtüsünü belirlemek için Triplesat uydu görüntüsü kullanılmıştır. Orman, mera, yerleşim ve tarım arazileri olmak üzere dört ana arazi kullanımı ve arazi örtüsü belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanında bazı toprak özelliklerinin ve arazi kullanımının-arazi örtüsünün istatistiksel olarak önemli düzeyde TOK yoğunluğunun mekânsal değişimini etkilediği belirlenmiştir. Çalışma alanında TOK stok miktarı yüzey (0-20 cm) topraklarında 4.79 ile 94.10 ton ha⁻¹ arasında, yüzey altı (20-40 cm) topraklarda ise 5.16 ile 8.86 ton ha⁻¹ arasında değişmektedir. Farklı arazi kullanımları arasında en yüksek TOK stoku miktarının yüzey toprağında 53.356 ton ha⁻¹ ile ormanlık alanlarda iken, en düşük TOK stoku miktarının ise 34.048 ton ha⁻¹ ile tarım arazilerinde olduğu belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Anonim, 2001. Ormanlar ve Ormancılığımız. Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, Yayın No: 2630, Ankara.
- Anonim, 2020. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Vezirköprü Bülteni. (<https://www.mgm.gov.tr/>), (Erişim tarihi: 15.03.2020).
- Anonymous, 1992a. Protect and Produce: Putting the Pieces Together. United Nation Food and Agriculture Organization, Rome.
- Anonymous, 1992b. Soil Survey Staff. Procedures for Collecting Soil Samples and Methods of Analysis for Soil Survey. Soil Survey Investigation Report No.1, USDA Government Printing Office, Washington DC., USA.
- Anonymous, 2000. Landuse, landuse change and forestry. In: R.T. Watson, I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo and D.J. Dokken, (Eds.). *A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, WHO/UNEP. Cambridge University Press, UK, pp. 25-51.
- Anonymous, 2001. International panel on climate change (IPCC). Summary for policy makers. In: J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Nougier, P.J. Van Der Liden, D. Xiaosu, (Eds.), *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 944.
- Arnaud, R.J.St., Mermut, A.R., Boon Goh, T., 1993. Identification and measurement of carbonate minerals. In: R. Martin (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Boca Raton, FL, Lewis Publishers, A Special Publication of the Canadian Society of Soil Science, p. 814.
- Başaran, M., 2004. Türkiye'nin organik karbon stoğu. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(3): 31-36.
- Bhatti, J.S., Apps M.J., Tarnocai, C., 2002. Estimates of soil organic carbon stocks in central Canada using three different approaches. *Canadian Journal of Forest Research*, 32(5): 805-812.
- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk density. In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1-Physical and Mineralogical Methods*, 2nd Edition, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, pp. 363-382.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43: 435-438.
- Bowman, R.A., Vigil, M.F., Nielsen, D.C., Anderson, R.L., 1999. Soil organic matter changes in intensively cropped dryland systems. *Soil Science Society of America*, 63(1): 186-191.
- Budak, M., Günel, H., 2018. Yukarı Dicle Havzasında farklı arazi kullanımları altındaki toprakların karbon depolama potansiyelleri. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(1): 61-74.
- Buyanovsky, G.A., Kucera, C.L., Wagner, G.H., 1987. Comparative analyses of carbon dynamics in native and cultivated ecosystems. *Ecology*, 68(6): 2023-2031.
- Celik, I., Ortas, I., Kilic, S., 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil Tillage Resources*, 78(1): 59-67.

- Dengiz, O., Saygin, F., İmamoğlu, A., 2019. Spatial variability of soil organic carbon density under different land cover and soil types in a sub-humid terrestrial ecosystem. *Eurasian Journal of Soil Science*, 8(1): 35-43.
- Eswaran, H., Van Den Berg, E., Reich, P., 1993. Organic carbon in soils of the world. *Soil Science Society of America Journal*, 57(1): 192-194.
- Goovaerts, P., 1999. Using elevation to aid the geostatistical mapping of rain fall erosivity. *Catena*, 34(4): 227-242.
- Hooker, T.D., Compton, J.E., 2003. Forest ecosystem carbon and nitrogen accumulation during the first century after agricultural abandonment. *Ecological Application*, 13(2): 299-313.
- Janzen, H.H., 2004. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104(3): 399-417.
- Janzen, H.H., 2006. The soil carbon dilemma: shall we hoard it or use it? *Soil Biology and Biochemistry*, 38(3): 419-424.
- Johnston, K., Hoef, M., Krivoruchko, K., Lucas, N., 2001. Using ArcGIS geostatistical Analyst, New York, ESRI.
- Kaya, S.N., Demirağ Turan, İ., Dengiz, O., Saygin, F., 2020. Farklı konumsal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri kullanarak CORINE arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarının belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(2): 207-218.
- Lal, R., 2002. The potential of soils of the tropics to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Advances in Agronomy*, 76: 1-30.
- Lal, R., 2005. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220(1): 242-258.
- 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.
- Mann, L.K., 1986. Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Science*, 142: 279-288.
- Mulla, D.J., McBratney, A.B., 2000. Soil spatial variability. In: E.S. Malcolm (Ed.), *Handbook of Soil Science*, CRS Press, A-321-A-351.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. Madison, Wisconsin, USA, pp. 539-579.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H., Ünal, E., 2016. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1): 136-148.
- Paustian, K., Babcock, B., Kling, C., Hatfield, J.L., Lal, R., Mccarl, B., McLaughlin, S., Post, W.M., Mosier, A.R., Rice, C., Robertson, G.P., Rosenberg, N.J., Rosenzweig, C., Schlesinger, W.H., Zilberman, D., 2004. Climate Change and Greenhouse Gas Mitigation: Challenges and Opportunities for Agriculture. Council for Agricultural Science and Technology, Task Force Report No. 141.
- Paustian, K., Cole, C.V., Sauerbeck, D., Sampson, N., 1998. CO₂ mitigation by agriculture: An overview. *Climatic Change*, 40: 135-162.
- Post, W.M., Emanuel, W.R., Zinke, P.J., Stangenberger, A.G., 1982. Soil carbon pools and world life zones. *Nature*, 298: 156-159.
- Post, W.M., Kwon, K.C., 2000. Soil organic carbon sequestration and land use change: Processes and potential. *Global Change Biology*, 6(3): 317-327.
- Saha Debasish Kukal, S.S., Sharma, S., 2011. Landuse impacts on SOC fractions and aggregate stability in typic ustochrepts of Northwest India. *Plant and Soil*, 339: 457-470.
- Sandra, H., Thomas, A., Jens, L., Peter, W., 2008. The effects of tillage system on soil organic carbon under moist, cold-temperature conditions. *Soil Tillage Resources*, 98(1): 94-105.
- Sotomayor, D., Rice, C.W., 1999. Soil air carbon dioxide and nitrous oxide concentrations in profiles under tallgrass prairie and cultivation. *Journal of Environmental Quality*, 28: 784-793.
- Swift, R.S., 2001. Sequestration of carbon by soil. *Soil Science*, 166(11): 858-871.
- Tejada, M., Gonzalez, J.L., 2007. Influence of organic amendments on soil structure and soil loss under simulated rain. *Soil and Tillage Research*, 93(1): 197-205.
- Tolunay, D., Çömez, A., 2008. Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 22-25 Ekim, Hatay, s. 750-765.
- Van Wambeke, A.R., 2000. The Newhall Simulation Model for Estimating Soil Moisture & Temperature Regimes. Department of Crop and Soil Sciences, U.S. Department of Agriculture, Ithaca, N.Y., Washington, DC, pp. 9.
- Weindorf, D.C., Zhu, Y., 2010. Spatial variability of soil properties at capulin volcano, New Mexico, USA: Implications for sampling strategy. *Pedosphere*, 20(2): 185-197.
- West, T.O., Post, W.M., 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation. *Soil Science Society of America*, 66(6): 1930-1946.
- White, A., Cannell, M.G.R., Friend, A.D., 1999. Climate change impacts on ecosystems and the terrestrial carbon sink: A new assessment. *Global Environmental Change*, 9(1): 21-30.
- Wilding, L.P., 1985. Spatial variability: It's documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: D.R. Nielsen and J. Bouma (Eds.), *Soil Spatial Variability*, Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 166-194.