



Ilgaz Dağları Periglasyal Şekillerinde Oluşmuş Toprakların Fizikokimyasal Özellikleri ile Bazı Erozyon Duyarlılık Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi

Determination of some relationships between soil erodibility properties and physicochemical of soils formed on various periglacial landforms in Ilgaz Mountains

Volkan Dede^a, Orhan Dengiz^b, İnci Demirağ Turan^{*c}, Murat Türkeş^d, Caner Gökçe^b, Soner Serin^e

Makale Bilgisi

DOI:
10.33688/aucbd.689755

Makale Geçmişi:
Geliş: 16.02.2020
Kabul: 09.04.2020

Anahtar Kelimeler:
Soğuk Nemli İlman
İklim
Periglasyal Şekiller
Erozyon Duyarlılığı
Ilgaz Dağları

Article Info

DOI:
10.33688/aucbd.689755

Article History:
Received: 16.02.2020
Accepted: 09.04.2020

Keywords:
Cold Humid Temperate
Climate
Periglacial Landforms
Soil Erodibility
Ilgaz Mountains

Öz

Çalışmanın amacı, Ilgaz Dağları'nın zirve kuşağında farklı yüksekliklerde gelişmiş periglasyal şekillerden gırlan, taş kümesi, çember, tufur ve konjelitürbasyon depoları içerisinde oluşmuş toprakların farklı fizikokimyasal özellikleri ile erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki ilişkinin belirlenmesidir. Ayrıca bu çalışmada, erozyon duyarlılık parametrelerinin yükseklik ile olan ilişkisi de ele alınmıştır. Bu amaçla, 1943 m ile 2398 m yükselteleri arasında oluşmuş periglasyal şekillerden 27 adet toprak örnekleme yapılmıştır. Toprakların bünye, pH, EC, organik madde, kireç, hacim ağırlığı, hidrolik geçirgenlik özellikleri analiz edilmiş ve erozyon duyarlılık parametrelerinden agregat stabilitesi (AS), dispersiyon oranı (DO), strüktür stabilitesi indeksi (SSI), kil oranı (KO) ve kabuk oluşumu (CF) arasındaki ilişkilerin önemli olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, yükseklik ile AS, DO ve CF arasında anlamlı farklılaştırma olduğu belirlenmesine karşın, yükseklik ile SSI ve KO'nun anlamlı bir farklılaştırma göstermediği bulunmuştur.

Abstract

The aim of this study is to determine some relationships between some soil erodibility properties and physicochemical of soils formed on various periglacial landforms which are garland, stone cluster, circle, congliturbation and thufur in Ilgaz Mountains. In addition it was found relationships between elevation and some soil erodibility properties in this study. For this aim, total 27 soil samples were collected from various periglacial landforms located at between 1943 m and 2398 m. Texture, pH, EC, organic matter, lime content, bulk density and hydraulic conductivity of soils were analysed and it was indicated significant relationships between these properties and aggregate stability (AS), dispersion ratio (DR), structure stability index (SSI), clay ratio (CR) and crust formation (CF). In addition, it was determined significant differences between elevation and AS, DR and CF, whereas it was found that there is not a significant relationships between elevation and SSI and CR.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: dmrincin@gmail.com

^aArdahan Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Ardahan. <http://orcid.org/0000-0003-4523-1390>.

^bOndokuz Mayıs Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55139, Samsun. <http://orcid.org/0000-0002-0458-6016>.

^cSamsun Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, 55080, Samsun. <http://orcid.org/0000-0002-5810-6591>.

^dBoğaziçi Üniversitesi, İklim Değişikliği ve Politikaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, İstanbul. <http://orcid.org/0000-0002-9637-4044>.

^eOndokuz Mayıs Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun. <http://orcid.org/0000-0001-9600-6674>.

^fÇal Anadolu Lisesi, Denizli. <http://orcid.org/0000-0003-2902-1051>.

1. Giriş

Periglasyal (buzul çevresi) alanlar soğuk iklim koşullarının hüküm sürdüğü bölgelere karşılık gelmektedir. Genel ifade ile buzullaşmanın tam anlamıyla gerçekleşmediği donma ve çözülme olaylarının egemen olduğu alanlardır. Donma ve çözülme olayları esnasında meydana gelen buzdaki % 9'luk hacim artışı periglasyal şekillerin de gelişimini sağlayan temel etkidir. Bu bölgelerde donma ve çözülme olaylarına ek olarak fiziksel ayrışma olayları da yoğun olarak meydana gelmektedir.

Buzul çevrelerinde soğuk iklim koşulları altında gelişen bu alanların belirtilmesi amacıyla "periglasyal" terimi ilk olarak Walery von Lozinski tarafından Karpat Dağları üzerindeki fiziksel ayrışmayı değerlendirmek üzere kullanılmıştır (Lozinski, 1909). Periglasyal terimi, daha sonra 1910 yılında Stockholm'de toplanan 11. Jeoloji Kongresi'nde buzulların çevresindeki alanları belirtmesi maksadıyla kabul edilmiştir.

Yerküre'de periglasyal kuşaklar yüksek enlemlerde tundra bölgelerine, orta enlemlerde ise dağların yüksek kesimlerine karşılık gelmektedir. Periglasyal kuşaklar üzerinde soğuk iklim koşulları altında gelişen periglasyal şekiller de, meydana geldikleri dönemin aynı zamanda iklim kanıtlarını oluşturmaktadır. Periglasyal şekiller oluştuğu dönem itibarıyla günümüzde de devinim içerisinde. Periglasyal şekillerin incelenmesi, hem oluştuğu dönemin koşulları hem de günümüz iklim koşulları arasındaki farklılıkların değerlendirilmesi açısından önemlidir. Periglasyal süreçler ile oluşturduğu periglasyal şekillerin daha da iyi anlaşılması amacıyla bilimsel çalışmalar altmışlı yıllarda başlamış olup, günümüzde de sürmektedir (Colucci vd., 2016; Drewes vd., 2018; Giardino ve Vick, 1987; Hamilton ve Whalley, 1995; Humlum, 1998; Knight vd., 2019; Wahrhaftig ve Cox, 1959; Whalley ve Martin, 1992).

Anadolu'nun yüksek dağlık bölümlerindeki periglasyal alanlar; Kaz Dağı (1774 m), Ilgaz Dağları (2587 m), Uludağ (2543 m), Honaz Dağı (2571 m), Davras Dağı (2637 m), Bolkar Dağları (3524 m), Aladağlar (3756 m), Erciyes Dağı (3917 m), Nurhak Dağları (3090 m), Munzur Dağları (3463 m), Karagöl Dağları (3036 m), Kaçkar Dağları (3932 m), Mescit Dağları (3239 m), Palandöken Dağları (3271 m), Karçal Dağları (3431 m) olarak sayılabilmektedir. Bu alanların içerisinde Kaz Dağı, Ilgaz Dağları, Honaz Dağı, Nurhak Dağları ile Palandöken Dağları'nda herhangi bir buzullaşma izi olmayıp sadece periglasyal şekiller bulunmaktadır (Bilgin, 1960; Biricik, 2010; Çakır ve Kopar, 2017; Erinç, 1955; Erinç vd., 1961).

Ilgaz Dağları'nın değerlendirildiği ilk çalışma Erinç ve arkadaşları tarafından 1961 yılında gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında Küçükhacet Tepe (2546 m) ile Büyükhacet Tepe'den (2587 m) oluşan Ilgaz Dağları'nın sadece batıda olan bölümü Küçükhacet Tepe incelenmiştir (Foto 1). Araştırma sonuçlarına göre çalışma alanında girlandlar, taş kümeleri, şeritli topraklar, taş halkaları ve nivasyon sirklerinin varlığı kayıt altına alınmıştır (Erinç vd., 1961). Bu şekiller içerisinde oluşan topraklar özellikle ana materyal, yükselti ve üzerinde yer alan bitki örtüsüne bağlı olarak farklı pedolojik gelişimler gösterebilmekte ve bu nedenle fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde farklılıklar olabilmektedir. Bu özelliklerden bir tanesi de oluşan toprakların erozyona karşı hassasiyet veya dirençleridir.



Foto 1. Çalışma alanının genel görünümü.

Toprak erozyonu konusunda erozyon risk durumunun belirlenmesi için birçok modelleme çalışması yapılmaktadır (Danacıoğlu ve Tağıl, 2017; Güney ve Turoğlu, 2018; Haidara vd., 2019; Kinnel, 2017;). Ayrıca toprak özelliklerinin erozyona karşı duyarlılıklarının belirlenmesinde birçok erozyon duyarlılık indisleri geliştirilmiştir. Kanar ve Dengiz (2015) Madendere Havzası (Kocaeli) topraklarından 0-20 cm derinlikten 71 adet toprak örneği analizinde erozyon oranı, dispersiyon oranı, erodobilite, agregat stabilitesi belirlenerek havza topraklarının erozyona hassaslıkları değerlendirilmiştir. Toprak agregatlarının stabilitesi suyun hareketi ve depolanması, biyolojik aktivite, bitkinin büyümesi ve toprağın erozyona direnme yeteneği gibi bazı toprakların fiziksel ve kimyasal süreçlerini etkileyebilir (An vd., 2008; Six vd., 2000; Zhang ve Miller, 1996;). Yüksek toprak agregat stabilitesi toprak erozyonunu en aza indirmek bakımından önemlidir (Cammeraat ve Imeson, 1998; Six ve Paustian, 2014; Zeng vd., 2018). Dou vd., (2020) yedi farklı bitki örtüsü üzerinde agregat stabilitesi ve erozyon duyarlılıklarını tespit etmişler ve bunlar arasındaki ilişkileri istatistik yöntemlerle açıklamışlardır. Erol vd., (2009) erodobilite indis değerleri için dispersiyon oranı, kil oranı, Kolloid-Nem Ekvivalanı Oranı, Erozyon oranı ve USLE'deki K faktörünü belirlemişlerdir. Bu erodobilite indislerini çalışma alanının arazi kullanım türlerine göre karşılaştırmışlardır. Ayrıca, Karagöktaş ve Yakupoğlu (2014) erodibilitenin belirlenmesinde, dispersiyon oranı (DO), erozyon oranı (EO), strüktür stabilite indeksi (SSI), Boekel oranları (BOE-I ve BOE-II), kil oranı (KO) ve toprak aşınım parametresi (USLE-K) göstergelerini kullanmışlardır. Bu göstergelerin bazı toprak özellikleri ile arasındaki ilişkileri istatistik olarak tartışmışlardır.

Dabral vd., (2016) farklı arazi kullanımları üzerinde dispersiyon ve erozyon oranını tahmin ederek erozyon değerlendirmesi çalışmasını yapmışlar ve erozyon oranı, dispersiyon oranı, organik karbon, pH, hacim ağırlık ve EC göstergelerini aralarındaki korelasyonlarını belirlemişlerdir.

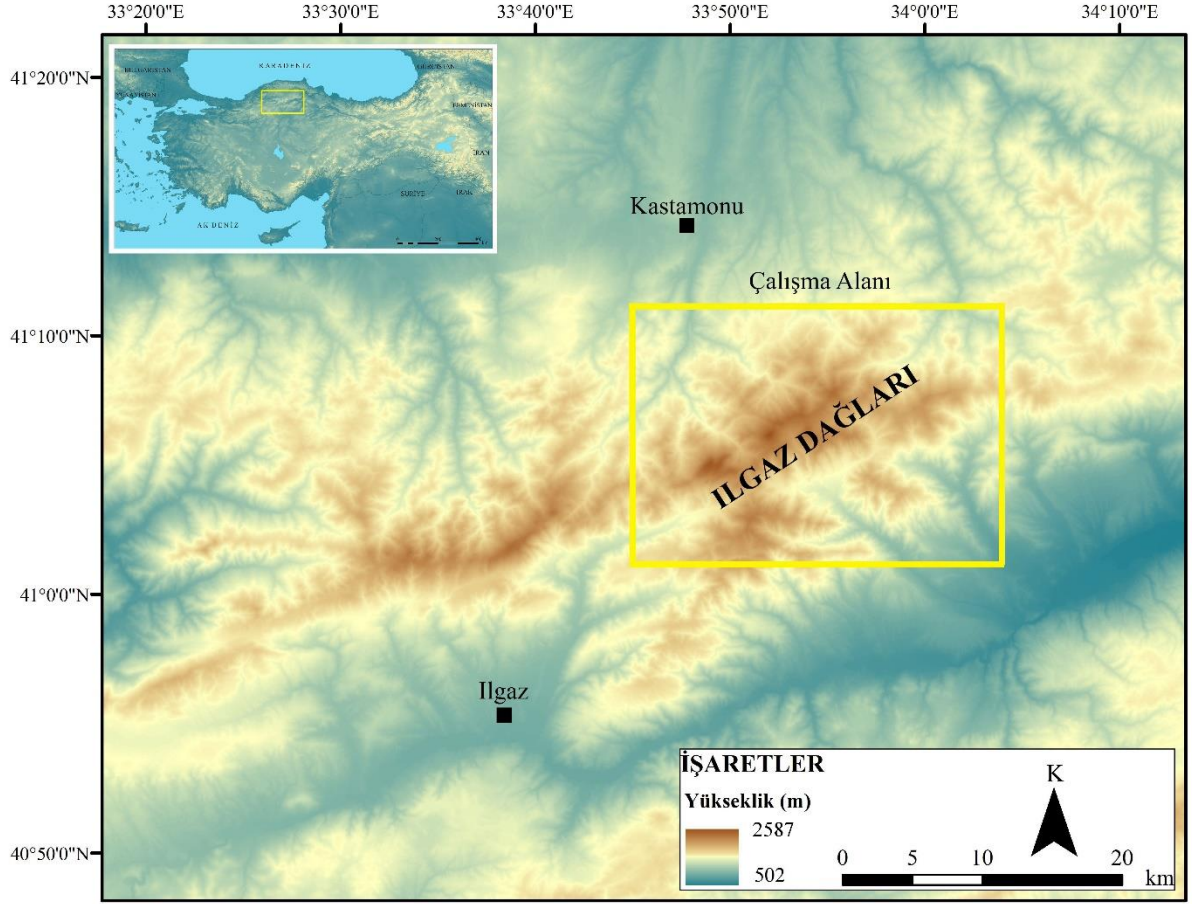
Toprak kabuk oluşumunun sızma ve toprak erozyon duyarlılık (erodobilite) üzerine önemli etkileri vardır. Bu vd., (2014) toprak kabuk oluşumu ve erozyon arasında ilişki üzerinde durmuşlardır. Çalışmada kabuk oluşumu infiltrasyonu 5-15 dakika geciktirdiği ve yağışın sızma miktarını da % 42,9 ile % 53,4 oranında azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Dispersiyon oranı ise toprak strüktüründe meydana gelen değişimin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup oran değeri % 15'den küçük olan toprakların erozyona karşı dayanıklı olduğu kabul edilir (Lal, 1988; Ngatunga, vd., 1984; Taysun, 1986). Bununla birlikte, kil oranı ile erozyon arasında da bir ilişki söz konusudur. Erozyona dayanıklı topraklarda bu oran 2'nin altında, dayanıksız topraklarda ise daha yüksektir (Bryan, 1968). Toprakların strüktür stabilite indeksi değeri % 40 altında olan topraklarda erozyona duyarlılığının yüksek olduğu kabul edilmiştir (Aşkın, 1997; Leo, 1963). Bu erozyon duyarlılık parametreleri kullanılarak bir çok çalışma yapılmıştır (Celilov ve Dengiz, 2019; Kara vd., 2018; Saygın vd., 2019; Yakupoğlu ve Demirci, 2013; Yönter, 2006).

Bu çalışma ile farklı periglasyal şekiller üzerindeki toprakların bazı erozyon duyarlılık parametreleri (agregat stabilitesi-AS, dispersiyon oranı-DO, strüktür stabilite indeksi-SSI, kil oranı-KO ve kabuk oluşumu-CF) ile toprakların bazı fizikokimyasal özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesinin yanı sıra topografyanın yüksekliği ile ilişkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

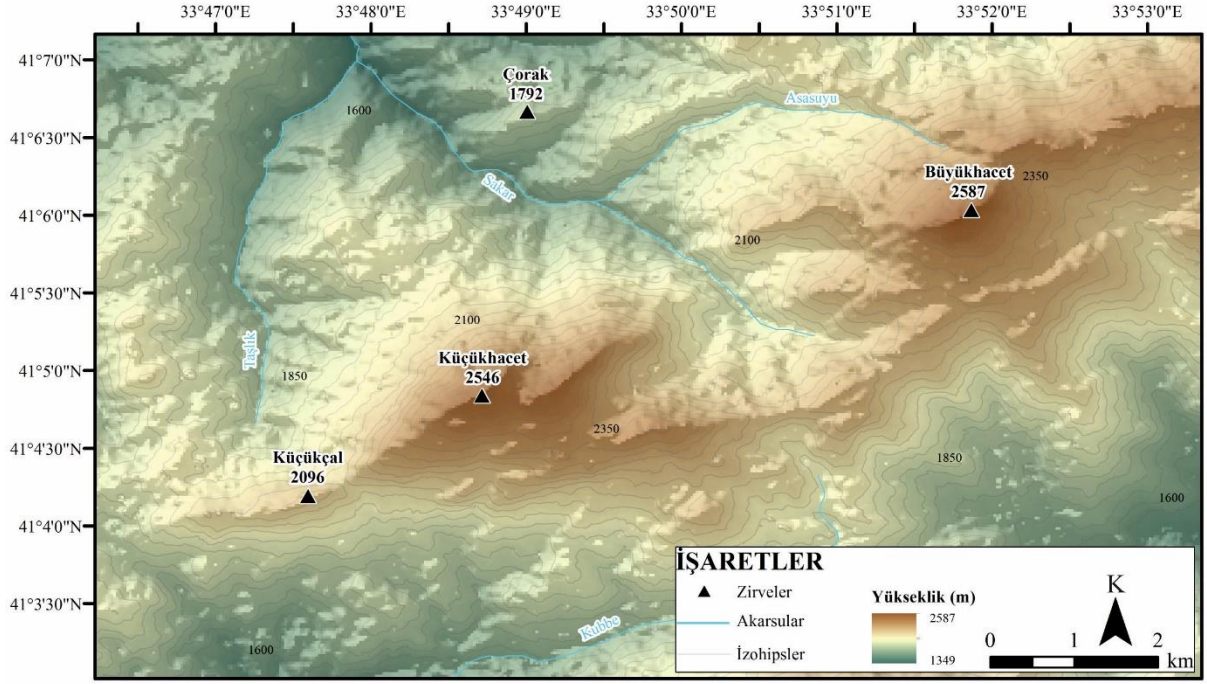
2.1 Çalışma Alanının Genel Özellikleri

İlgaz Dağları, Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde 41°03'-41°06' K enlemleri ile 33°46'-33°53' D boylamları arasında bulunmaktadır (Şekil 1).



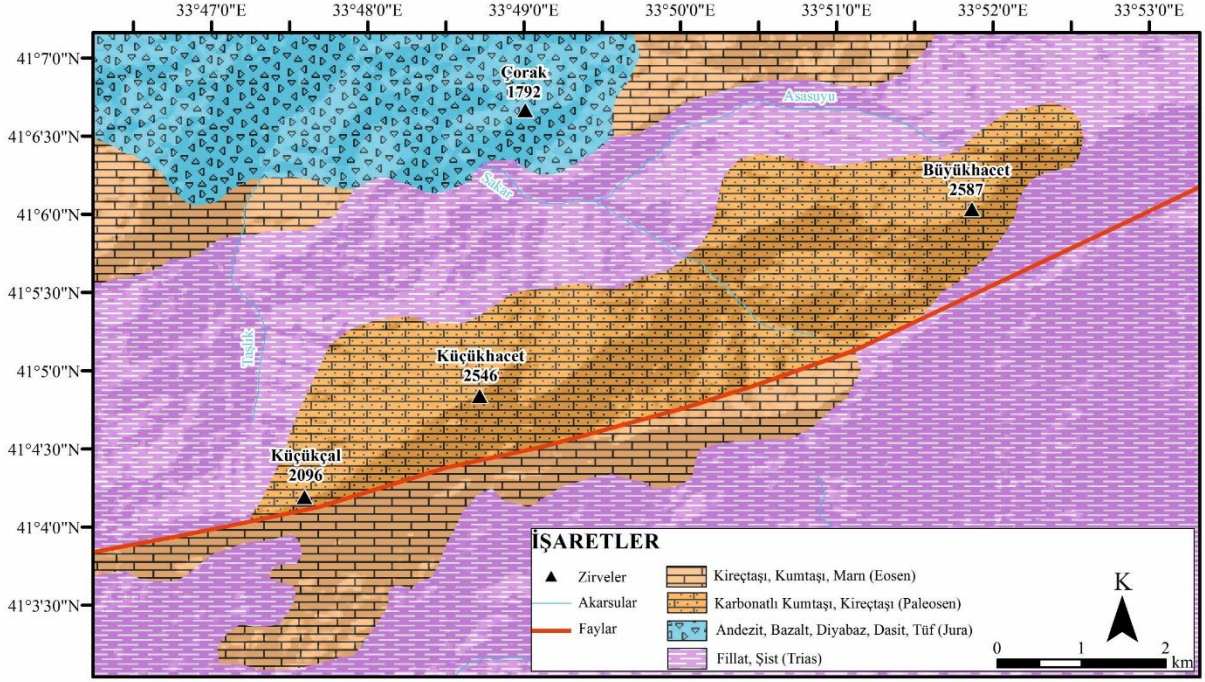
Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Çalışma alanı, batısında Küçükhacet Tepe (2546 m) ile doğusunda Büyükhacet Tepe (2587 m) olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Ilgaz Dağları güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda yaklaşık 10 km uzunluğa, kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda ise 2,5 km genişliğe sahiptir (Şekil 2). Küçükhacet Tepe'nin batısında diğer iki alana göre nispeten daha düşük yükseltide Küçükçal Tepe (2096 m) yer almaktadır. Bu alanlar aynı zamanda zirveler kuşağını da oluşturmaktadır. Küçükçal Tepe düz ve düze yakın alanlardan oluşurken, Küçükhacet Tepe daha engebeli karakterde bir görünüm arz etmektedir. Büyükhacet Tepe ise adeta bir koniyi andırmaktadır. Ilgaz Dağları'nın kuzeye bakan yamaçlarını batıdan doğuya doğru Taşlık, Sakar ve Asasuyu dereleri, güney yamaçlarını ise Kubbe deresi drene etmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanının topografya haritası.

Ilgaz Dağları'nın temelini metamorfikler, zirveler kuşağını ise sedimanter kayalar meydana getirmektedir. Zirveler kuşağının hemen güneyinde kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanış gösteren sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fayı (KAF) yer almaktadır. KAF, zirveler kuşağını oluşturan farklı dönemlerde meydana gelmiş kayaçları adeta ikiye ayırmaktadır. KAF'ın kuzeyinde bulunan zirveler kuşağında Paleosen yaşlı karbonatlı kumtaşı ve kireçtaşı hâkimken, güneyinde ise Eosen yaşlı kireçtaşı, kumtaşı ve marn bulunmaktadır (Şekil 3). Tüm bu sistemlerin temelinde ise Trias yaşlı fillat, şist ve metadiyabaz bulunmaktadır. Zirveler kuşağını tamamen kaplayan en geniş yayılıma sahip kayaç türleri ise karbonatlı kumtaşı ve kireçtaşıdır (Uğuz ve Sevin, 2011).



Şekil 3. Çalışma alanının jeoloji haritası.

Köppen-Geiger jenetik iklim sınıflandırmasına göre, nemli-ılıman orta enlem iklimlerinin egemen olduğu Kuzey Anadolu Dağları'nın Batı Karadeniz bölümünde bulunan Ilgaz Dağları'nda genel olarak nemli-soğuk bir orta enlem iklimi görülür (Türkeş, 2010, 2020). Ilgaz Dağları'nın yüksek bölümlerinde (genel olarak 1500-2000 m) ise, buradaki nemli ılıman orman vejetasyonunun oluşumunu da denetleyen çok nemli ve nemli iklim koşulları egemendir (Türkeş, 2003, 2015, 2020). Periglasyal jeomorfolojinin olduğu bölüm ise, hava sıcaklığının belirgin olarak daha düşük olduğu 1700 m'den daha yukarı seviyelerde yer alır. Ilgaz Dağları'nın yüksek yamaçlarında ve Alpin zirveler bölümünde, genel olarak aralık-mart döneminde donma, ocak ayında 29 gün ile tümüyle donma, ekim-kasım ve nisan-mayıs dönemlerinde esas olarak donma-çözülme, haziran-ekim döneminde ise donun etkili olmadığı ayrışma süreçleri egemendir.

2.2 Yöntem

Ilgaz Dağları zirvelerindeki periglasyal şekillerden 1943 m ile 2398 m yükseklikler arasındaki girdanlardan 9 adet, taş kümelerinden 6 adet, çemberlerden 4 adet, tufurlardan 5 adet ve konjelitürbasyon deposundan 3 adet olmak üzere toplamda 27 adet toprak örneği alınmıştır (Foto 2). Alınan toprak örneklerine, laboratuvarında 2 mm elekten geçirildikten sonra bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizler uygulanmıştır. Toprakların bünye analizi için (Bouyoucos, 1962), pH (1:2,5'lik toprak-su karışımında (Ülgen ve Yurtsever, 1995), EC (1:2,5'lik toprak-su karışımında (Ülgen ve Yurtsever, 1995), organik madde (Jackson, 1958), kireç analizi (Ülgen ve Yurtsever, 1995) ve agregat stabilitesi yoder tipi eleme setinde ıslak eleme yöntemine göre belirlenmiştir (Kemper ve Rosenau, 1986). Strüktür Stabilité İndeksi (SSI): Strüktür değeri, hidrometre ölçümlerine dayanılarak ve aşağıdaki *Eşitlik 1* kullanılarak bulunmuştur (Leo, 1963).



Foto 2. Çalışma alanındaki periglasyal şekillerin genel görünümü (A: Girland, B: Taş kümesi, C: Çember, D: Tufur, E: Konjelitürbasyon deposu).

$$SSI = \Sigma n - \Sigma b \quad (1)$$

Σn = Mekanik analizle elde edilen silt ve kil fraksiyonları toplamı

Σb = Agregatlardan süspansiyona dispers olan silt ve kil fraksiyonları toplamı

Dispersiyon oranı (DO): Süspansiyonda dispers edilmeden ölçülen silt+kil % değerinin, mekanik analizde ölçülen silt+kil % değerine oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Lal, 1988).

Topraklara ait kil oranı (KO) indeks değerlerinin hesaplanmasında *Eşitlik 2*'den yararlanılmıştır (Bouyoucos, 1935).

$$KO = (100 - \% \text{ Kil}) / \% \text{ Kil} \quad (2)$$

Kabuk tabakası farklı araştırmacılar tarafından kaymak tabakası oluşumu, kırıklı toprak tabakası gibi farklı biçimlerde isimlendirilmiştir. Toprak kabuk oluşması Pieri (1989)'a göre aşağıdaki *Eşitlik 3* yardımıyla hesaplanmaktadır. Sınıf aralıkları ise toprak kabuk indeksi 5'den küçük olduğunda çok şiddetli fiziksel bozulma, 5 ile 7 arasında şiddetli fiziksel bozulma, 7 ile 9 arasında düşük fiziksel bozulma ve 9'dan büyük durumda ise fiziksel bozulma yok şeklinde değerlendirilmektedir.

$$CF = OM (\%) * 100 / C (\%) + Si (\%) \quad (3)$$

CF : Toprak kabuk indeksi, OM : Organik madde, C : Kil, Si : Silt

Çalışma alanındaki farklı periglasyal şekillerden alınan örnekler üzerinde 9 fiziksel-kimyasal ve 4 erozyon duyarlılık özellikleri belirlenmiş ve tanımsal istatistik özellikleri yapılmıştır. Ayrıca toprak özellikleri ve erozyon duyarlılık indeksleri arasındaki ilişkiler Spearman korelasyon katsayısı (r_s) kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada toprakların erozyon duyarlılık parametrelerinden AS , DO , SSI , KO ve CF ile yükseklik arasındaki ilişkileri incelenmiş ve anlamlı düzeyde farklılık olup olmadığını test etmek için varyansların homojen olmaması ve verilerin normal dağılmaması gibi sebeplerle non-parametrik test olan Kruskal-Wallis testi yapılmıştır. Yükselti ile anlamlı farkın görüldüğü erozyon parametrelerinin hangi yükselti basamağı ile farklılaşma gösterdiğini bulmak için ise Post hoc testinden Tamhane's T_2 testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Toprakların Temel Fizikokimyasal Özellikleri ve Tanımlayıcı İstatistik Değerleri

Çalışma alanından girland, taş kümesi, çember, tufur ve konjelitürbasyon depolarından alınan farklı toprak örneğinde 14 farklı fiziksel ve kimyasal özellik ve erozyon duyarlılık parametreleri incelenmiş ve bu özelliklerin temel tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır (Çizelge 1). Normal dağılım simetrik bir dağılım olup, dağılımda simetrikliğin bozulma derecesine çarpıklık (skewness) denir. Dağılım sağa uzun kuyruklu ise sağa (pozitif) çarpık, sola uzun kuyruklu ise sola (negatif) çarpık olarak adlandırılır. Normal dağılım eğrisinin sivrilik veya yuvarlaklık derecesi ise basıklık (kurtosis) olarak adlandırılır (Yıldız vd., 1998). Çizelge 1 incelendiğinde, çarpıklık katsayıları girland şekli içerisinde oluşan toprakların kil, silt, kum, HA ve SSI değerleri, taş kümesi içerisinde yer alan toprakların EC, kil, silt, kum, HI, AS, KO ve CF, çember için OM, kil, silt, kum, HI, AS, tufur için pH, HA, AS, DO ve CF, konjelitürbasyon deposu için $CaCO_3$, kil, silt ve SSI normal dağılım özelliği sergilerken, diğer toprak özelliklerinin ise normal dağılımdan uzak oldukları belirlenmiştir. Normal dağılımdan uzak toprak özellikleri girland için pH, taş kümesi için pH ve $CaCO_3$, çember için pH, $CaCO_3$, KO ve SSI, tufur için kil ve SSI, konjelitürbasyon deposu için ise EC, HA ve AS negatif çarpıklığa sahipken, diğer normal dağılmayan toprak özellikleri pozitif çarpıklık göstermiş oldukları belirlenmiştir.

Wilding (1985), 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 vd., 1996). Çalışma alanında girland şekli içerisinde oluşmuş

toprakların pH, EC, OM, HA ve KO değerleri düşük, kil, silt, kum, SSI ve CF orta, CaCO₃ HI, AS ve DO yüksek değişkenliğe sahip oldukları belirlenmiştir. Taş kümesi içerisinde oluşmuş toprakların pH, EC, OM, HA ve KO ise düşük, HI, AS, DO ve SSI değerleri yüksek diğer özellikler orta değişkenlikte belirlenmiştir. Değişkenlik değişimleri çember şekilleri içerisinde oluşan topraklarda HI, DO ve SSI orta, diğer özellikler düşük olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, tufur şekillerinde oluşan topraklarda HI yüksek değişkenliğe sahipken, CaCO₃, kil, silt, DO ve SSI ait değerler orta, diğer özelliklere ait değerlerin düşük değişkenliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Son olarak konjelitürbasyon deposu içerisinde yer alan topraklarda ise bu değerler AS'de orta değişken iken, diğer özelliklerin düşük değişkenlikte olduğu saptanmıştır.

Çizelge 1. Periglasyal şekillerden alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin başlıca tanımlayıcı istatistikleri.

| Şekiller ve Parametreler | Ort. | SS | DK* | Varyans | EDD | EYD | Çarpıklık** | Basıklık | n |
|--------------------------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------------|----------|---|
| Girland | | | | | | | | | |
| pH | 7,06 | 0,32 | 1,05 | 0,10 | 6,26 | 7,31 | -2,27 | 5,59 | 9 |
| EC | 0,34 | 0,14 | 0,49 | 0,02 | 0,20 | 0,68 | 1,90 | 4,26 | 9 |
| OM | 6,46 | 3,18 | 10,84 | 10,11 | 1,88 | 12,72 | 0,74 | 0,83 | 9 |
| CaCO ₃ | 14,43 | 19,37 | 60,55 | 375,40 | 0,74 | 61,29 | 2,18 | 4,80 | 9 |
| Kil | 25,82 | 7,69 | 21,00 | 59,22 | 14,09 | 35,09 | -0,40 | -1,21 | 9 |
| Silt | 28,12 | 6,18 | 18,97 | 38,23 | 19,18 | 38,15 | 0,31 | -0,90 | 9 |
| Kum | 46,04 | 7,61 | 27,17 | 57,94 | 33,65 | 60,82 | 0,43 | 1,25 | 9 |
| HA | 1,27 | 0,12 | 0,45 | 0,01 | 1,05 | 1,50 | 0,14 | 1,58 | 9 |
| HI | 22,08 | 18,09 | 52,45 | 327,51 | 6,27 | 58,72 | 1,31 | 0,74 | 9 |
| AS | 44,71 | 21,47 | 55,56 | 461,16 | 23,20 | 78,76 | 0,74 | -1,26 | 9 |
| DO | 19,06 | 12,08 | 37,46 | 146,08 | 6,91 | 44,37 | 1,22 | 1,36 | 9 |
| SSI | 43,96 | 8,50 | 23,09 | 72,34 | 31,38 | 54,47 | -0,23 | -1,61 | 9 |
| KO | 3,26 | 1,53 | 4,25 | 2,35 | 1,85 | 6,10 | 1,08 | -0,12 | 9 |
| CF | 12,11 | 6,17 | 21,22 | 38,13 | 3,81 | 25,03 | 1,00 | 1,68 | 9 |
| Taş Kümesi | | | | | | | | | |
| pH | 7,01 | 0,35 | 1,07 | 0,12 | 6,39 | 7,46 | -1,04 | 2,56 | 6 |
| EC | 0,32 | 0,10 | 0,26 | 0,01 | 0,21 | 0,47 | 0,02 | -0,82 | 6 |
| OM | 8,03 | 3,72 | 10,21 | 13,87 | 2,03 | 12,24 | -0,69 | -0,08 | 6 |
| CaCO ₃ | 12,73 | 14,01 | 29,48 | 196,38 | 3,32 | 32,80 | 1,00 | -1,65 | 6 |
| Kil | 22,75 | 9,30 | 22,08 | 86,64 | 12,55 | 34,63 | 0,14 | -2,35 | 6 |
| Silt | 36,28 | 6,21 | 17,30 | 38,58 | 27,07 | 44,37 | -0,11 | -0,31 | 6 |
| Kum | 40,96 | 10,28 | 24,69 | 105,71 | 30,82 | 55,51 | 0,48 | -1,78 | 6 |
| HA | 1,15 | 0,14 | 0,44 | 0,02 | 0,98 | 1,42 | 1,35 | 3,07 | 6 |
| HI | 41,17 | 24,39 | 56,77 | 594,89 | 18,87 | 75,64 | 0,41 | -2,01 | 6 |
| AS | 31,54 | 15,96 | 43,62 | 254,84 | 10,18 | 53,80 | 0,07 | -0,84 | 6 |
| DO | 24,42 | 13,61 | 36,88 | 185,50 | 8,55 | 45,43 | 0,59 | -0,51 | 6 |
| SSI | 42,18 | 14,40 | 35,34 | 207,47 | 26,18 | 61,52 | 0,55 | -1,71 | 6 |
| KO | 4,11 | 2,14 | 5,08 | 4,61 | 1,89 | 6,97 | 0,35 | -2,17 | 6 |
| CF | 14,59 | 8,40 | 24,54 | 70,66 | 2,98 | 27,52 | 0,25 | 0,40 | 6 |
| Çember | | | | | | | | | |
| pH | 5,69 | 0,59 | 1,39 | 0,35 | 4,86 | 6,25 | -1,25 | 1,89 | 4 |
| EC | 0,24 | 0,13 | 0,28 | 0,01 | 0,16 | 0,44 | 1,87 | 3,54 | 4 |
| OM | 6,08 | 2,70 | 6,50 | 7,33 | 2,94 | 9,44 | 0,20 | 0,43 | 4 |
| CaCO ₃ | 2,12 | 0,93 | 2,02 | 0,87 | 0,74 | 2,76 | -1,88 | 3,62 | 4 |
| Kil | 17,78 | 1,36 | 2,89 | 1,87 | 16,30 | 19,19 | -0,07 | -4,17 | 4 |
| Silt | 30,15 | 4,38 | 8,15 | 19,25 | 25,96 | 34,11 | -0,02 | -5,80 | 4 |
| Kum | 52,06 | 4,69 | 10,17 | 22,05 | 47,57 | 57,74 | 0,44 | -2,82 | 4 |
| HA | 1,24 | 0,14 | 0,33 | 0,02 | 1,11 | 1,44 | 1,03 | 0,38 | 4 |
| HI | 36,72 | 8,25 | 15,35 | 68,18 | 28,78 | 44,13 | -0,03 | -5,78 | 4 |
| AS | 22,62 | 6,10 | 14,45 | 37,31 | 15,07 | 29,52 | -0,28 | -0,21 | 4 |
| DO | 17,74 | 13,63 | 29,37 | 186,01 | 8,56 | 37,93 | 1,84 | 3,45 | 4 |
| SSI | 39,13 | 8,62 | 19,74 | 74,47 | 26,60 | 46,34 | -1,61 | 3,00 | 4 |
| KO | 3,91 | 1,18 | 2,70 | 1,40 | 2,19 | 4,89 | -1,62 | 3,01 | 4 |
| CF | 12,33 | 6,26 | 14,93 | 39,19 | 5,62 | 20,55 | 0,65 | 0,83 | 4 |
| Tufur | | | | | | | | | |
| pH | 7,13 | 0,49 | 1,09 | 0,24 | 6,62 | 7,71 | -0,01 | -2,60 | 5 |
| EC | 0,39 | 0,15 | 0,42 | 0,02 | 0,20 | 0,63 | 0,56 | 0,41 | 5 |
| OM | 4,15 | 1,75 | 4,77 | 3,06 | 2,24 | 7,01 | 1,23 | 2,62 | 5 |

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|---|
| CaCO ₃ | 12,02 | 12,29 | 29,27 | 151,11 | 2,81 | 32,08 | 1,44 | 1,65 | 5 |
| Kil | 23,64 | 7,94 | 19,84 | 63,08 | 12,32 | 32,16 | -0,69 | -0,88 | 5 |
| Silt | 34,47 | 5,80 | 15,67 | 33,70 | 28,44 | 44,11 | 1,42 | 2,97 | 5 |
| Kum | 41,88 | 5,40 | 14,25 | 29,17 | 33,74 | 47,99 | -0,79 | 0,59 | 5 |
| HA | 1,33 | 0,09 | 0,27 | 0,01 | 1,20 | 1,47 | 0,02 | 0,65 | 5 |
| HI | 19,42 | 13,93 | 35,49 | 194,11 | 7,18 | 42,67 | 1,53 | 2,65 | 5 |
| AS | 18,50 | 4,83 | 12,58 | 23,34 | 12,90 | 25,48 | 0,49 | -0,03 | 5 |
| DO | 25,86 | 12,96 | 32,16 | 168,17 | 9,58 | 41,74 | -0,18 | -1,56 | 5 |
| SSI | 41,83 | 13,41 | 34,27 | 179,88 | 20,35 | 54,62 | -1,27 | 1,39 | 5 |
| KO | 3,76 | 2,04 | 5,01 | 4,19 | 2,11 | 7,12 | 1,48 | 1,75 | 5 |
| CF | 8,23 | 5,08 | 12,08 | 25,90 | 2,39 | 14,47 | 0,30 | -2,20 | 5 |
| Konjelitürbasyon Deposu | | | | | | | | | |
| pH | 4,86 | 0,07 | 0,15 | 0,00 | 4,80 | 4,95 | 0,93 | | 3 |
| EC | 0,18 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,16 | 0,19 | -1,73 | | 3 |
| OM | 5,07 | 0,44 | 0,84 | 0,19 | 4,58 | 5,42 | -1,37 | | 3 |
| CaCO ₃ | 0,51 | 0,28 | 0,56 | 0,07 | 0,23 | 0,79 | -0,10 | | 3 |
| Kil | 27,23 | 4,73 | 9,45 | 22,45 | 22,72 | 32,17 | 0,39 | | 3 |
| Silt | 27,33 | 3,52 | 7,05 | 12,44 | 23,89 | 30,94 | 0,21 | | 3 |
| Kum | 45,43 | 4,15 | 7,89 | 17,22 | 42,23 | 50,12 | 1,40 | | 3 |
| HA | 1,31 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 1,30 | 1,33 | -0,93 | | 3 |
| HI | 14,26 | 6,50 | 12,89 | 42,37 | 8,35 | 21,24 | 0,71 | | 3 |
| AS | 35,56 | 7,68 | 15,09 | 59,06 | 27,17 | 42,26 | -0,94 | | 3 |
| DO | 14,49 | 2,77 | 5,21 | 7,72 | 12,45 | 17,66 | 1,51 | | 3 |
| SSI | 45,24 | 7,05 | 14,08 | 49,73 | 37,96 | 52,04 | -0,30 | | 3 |
| KO | 4,21 | 2,60 | 5,01 | 6,76 | 2,11 | 7,12 | 1,26 | | 3 |
| CF | 11,55 | 2,63 | 5,14 | 6,96 | 9,33 | 14,47 | 1,10 | | 3 |

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, DK: Değişkenlik Katsayısı, EDD: En Düşük Değer, EYD: En Yüksek Değer, n: Örnek sayısı, EC: Elektriksel İletkenlik, OM: Organik Madde, HA: Hacim Ağırlığı, HI: Hidrolik İletkenlik, AS: Agregat Stabilitesi, DO: Dispersiyon Oranı, SSI: Strüktür Stabilite İndeksi, KO: Kil Oranı, CF: Kabuk Oluşumu.

*Değişkenlik Katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik

**Çarpıklık: < | ±0,5 | = Normal Dağılım, 0,5- 1,0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır. ÇK > 1,0 → Logaritma dönüşümü uygulanır.

3.2 Toprak Özellikleri İle Erozyon Duyarlılık Parametreleri Arasında İstatistiksel İlişkiler

Toprakların erozyon duyarlılık parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkileri istatistiksel olarak gösterebilmek amacıyla yapılan korelasyon analizlerinin sonuçları (Spearman korelasyon katsayısı (r_s)) Çizelge 2, 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, gırland içerisinde yer alan topraklarda 12, taş kümesine ait topraklarda 8, çember şekli içerisinde oluşan topraklarda 7, tufur içerisinde 7 ve konjelitürbasyon deposunda oluşan topraklarda ise 15 adet istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$; $p<0,01$) ilişki belirlenmiştir.

Gırland içerisinde yer alan topraklar diğer şekiller içerisinde oluşmuş topraklara göre en yüksek kil ve AS değerine sahiptirler. Bu şekil içerisinde oluşmuş toprakların AS içerikleri ile OM (0,817**) arasında % 1 seviyesinde pozitif bir ilişki varken, HA ile (-0,770*) ile % 5 seviyesinde negatif bir ilişki belirlenmiştir. Bu durum toprakların agregat stabiliteelerinin artışı ile organik madde ve kil içerikleri ile yakın ilişkili olduğu birçok çalışmalarda belirtilmiş (Dengiz, 2007; Gümüş vd., 2016; Şimşek vd., 2013) ve elde edilen sonuçların bu çalışmalar ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumu destekleyen diğer bir özellik de toprakların disperse (dağılıma) özellikleridir ki dispersiyon oranı ile organik madde arasında (-0,800**) % 1 seviyesinde negatif bir ilişki olduğu bulunmuştur. Diğer bir değişle, organik maddenin artışı, toprak tanelerinin dizilim ve bağlanmalarında (agregat oluşum) ve parçalanmaya karşı direnç oluşumunda etkili bir unsur olması nedeniyle, azalması durumunda DO da artma veya tersi olması söz konusu olmaktadır. Lal (1998) DO değeri yağışın etkisi ile toprak strüktüründe meydana gelen değişimin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup oran değeri % 15'den küçük olan toprakların erozyona karşı dayanıklı olduğunu belirtir. Celilov ve Dengiz (2019) Ilgaz Dağları Milli Parkı sınırları içerisinde dağılım gösteren toprakların dispersiyon oranları ile toprak organik maddesi

arasında % 5 ($p < 0,05$) anlamlılık düzeyinde negatif bir ilişki olduğunu belirlemiştir. Buna karşın, Karagöktaş ve Yakupoğlu (2014) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Yerleşkesi içerisinde yaptıkları çalışmada DO'nun organik madde ile arasında istatistiksel bir ilişki olmadığını ve kil ile $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde ilişki olduğunu belirlemiştir. Strüktür stabilite indeksi değeri ise toprak reaksiyonu ile (0,787*) % 5 anlamlılık düzeyinde pozitif bir ilişki olduğu, ayrıca kil ile arasındaki ilişki ise yine (0,800**) % 5 anlamlılık düzeyinde pozitif olduğu belirlenmiştir. SSI ve kum arasında ise (-0,867**) % 1 anlamlılık düzeyinde negatif bir ilişki mevcuttur.

Kil oranı ile toprakların bazı fizikokimyasal özellikleri arasındaki ilişkide ise; toprakların pH değerleri ile (-0,695*) % 5 anlamlılık düzeyinde negatif, kil ile (-1,0**) % 1 anlamlılık düzeyinde negatif ve hidrolik iletkenlik ile (0,800**) % 1 anlamlılık düzeyinde pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Toprakta kabuk oluşumu, özellikle organik maddece fakir ince kum ve siltçe zengin tınlı bünyeye sahip yüzeydeki toprak tanelerinin yeniden istiflenmesi sonucunda oluşan sert bir yüzey tabakasıdır (Tunçay vd., 2017). Son yıllarda yapılan araştırmalar, toprakların fiziksel özellikleri üzerinde organik maddenin toplam miktarından çok humuslaşma derecesinin daha önemli olduğunu ortaya koymuştur (Hussian vd., 1985). Ayrıca Şeker ve Karakaplan (1999) yaptıkları çalışmada sadece toplam organik madde miktarı belirlendiğinden, toprak organik madde miktarı ile kabuk oluşumu arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif ilişki bulunmuştur. Nuttal (1982), kabuk direnci ve penetrasyon direncinin silt yüzdesiyle pozitif, organik madde içeriğiyle negatif ilişki verdiğini ve sürgün çıkışının bunlara bağlı olarak değiştiğini bildirmektedir. Ayrıca, araştırmacı kil içeriğinin kabuk direnci ve penetrasyon direnciyle bazı topraklarda negatif, bazı topraklarda da pozitif ilişki verdiğini belirlemiştir. Bu sonuç yapılan çalışma ile de paralellik göstermekte olup, çalışmada kullanılan kabuk oluşum indisi (CF) yaklaşımında organik madde artışı veya azalışı ile doğrusallık göstermekte olup toprakların silt içerikleri arasında ise bu durum tersidir. Dolayısıyla, çalışma alanı içerisinde kabuk oluşumu ile OM arasında (0,917**) % 1 anlamlılık düzeyinde pozitif bir ilişki varken, HA ile (-0,728*) % 5 seviyesinde negatif bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Girland içerisinde yer alan toprakların erozyon duyarlılık parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları ve istatistiksel anlamlılık düzeyleri.

| Parametreler | AS | DO | SSI | KO | CF |
|-------------------|---------|----------|----------|----------|---------|
| pH | 0,586 | -0,050 | 0,787* | -0,695* | 0,159 |
| EC | -0,167 | -0,100 | -0,050 | 0,450 | 0,167 |
| OM | 0,817** | -0,800** | 0,267 | -0,017 | 0,917** |
| CaCO ₃ | 0,183 | 0,367 | 0,283 | -0,267 | -0,150 |
| Kil | 0,550 | -0,067 | 0,800** | -1,000** | -0,033 |
| Silt | -0,050 | 0,217 | 0,083 | 0,333 | -0,017 |
| Kum | -0,467 | -0,017 | -0,867** | 0,700* | 0,100 |
| HA | -0,770* | 0,636 | -0,385 | 0,008 | -0,728* |
| HI | -0,100 | -0,250 | -0,483 | 0,800** | 0,483 |

OM: Organik Madde, HA: Hacim Ağırlığı, HI: Hidrolik İletkenlik, AS: Agregat Stabilitesi, DO: Dispersiyon Oranı, SSI: Strüktür Stabilite İndeksi, KO: Kil Oranı, CF: Kabuk Oluşumu.

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$

Taş kümesi içerisinde oluşmuş toprakların erozyon duyarlılık parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkisi Çizelge 3'te verilmiştir. Taş kümesi içerisindeki toprakların AS ve DO içerikleri ile diğer toprak özellikleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Buna karşın, SSI ile EC arasında (0,943**) % 1 anlamlılık düzeyinde pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. KO ile kil (-1,000**) ve HA (-0,886*) arasında negatif yani kil oranındaki artış hacim ağırlığında doğal olarak azalmaya neden

olmakta fakat KO ile geçirgenlik arasında (0,943**) % 1 anlamlılık düzeyinde pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. KO formülünden de dikkat edileceği üzere kil oranındaki artış kil yüzdesindeki azalış anlamına gelmekte (tersi durumda geçerli) ve kil oranı yüksek topraklarda kum içeriklerinin de yüksek olduğu buda toprak içerisinde iri gözenekler oluşturması nedeniyle geçirgenliği artırmaktadır. Elde edilen bu sonuç Schnachtschabel vd., (1999) tarafından da desteklenmekte olup, araştırmacılar toprakta kum miktarının fazla olması toprağın havalanma ve geçirgenliğini artırmaktadır, ancak su tutma kapasitesini ve kohezyonu düşürmekte olduğunu, buna karşılık ağır bünyeli (killi) topraklar yüksek su tutma kapasitesine sahip olmalarına karşın havalanma ve geçirgenlikleri iyi olmadığını belirtmişlerdir.

CF ile pH (-0,829*), CaCO₃ (-0,829*) ve HA özellikleriyle (-0,886*) % 5 anlamlılık düzeyinde negatif, OM ile (1,000**) % 1 anlamlılık düzeyinde pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Simansky vd., (2014) farklı iklim ve toprak çeşitlerine sahip Slovakya'nın Dražovce, Bučany ve Jacovce bölgelerden alınan toprak örneklerinde ahır gübresi uygulamasının topraklarda kabuk oluşumunu azalttığını, agregasyonu ise artırdığını bu durumun toprak çeşitlerinde ise sırasıyla Calcaric Chernozem > Stagni-Haplic Luvisol > Rendzic Leptosol > Mollic Fluvisol topraklarda olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca kabuk oluşumuna toprakların tuz (Na iyonu) ve kireç (Ca iyonu) içerikleri de önemli etki yaptığını ve % 60'dan fazla kum içeren topraklarda kabuk oluşumunun meydana gelmediğini belirtmişlerdir.

Çizelge 3. Taş kümesi içerisinde yer alan toprakların erozyon duyarlılık parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları ve istatistiksel anlamlılık düzeyleri.

| Parametreler | AS | DO | SSI | KO | CF |
|-------------------|--------|--------|---------|----------|---------|
| pH | -0,429 | 0,200 | -0,429 | -0,543 | -0,829* |
| EC | 0,714 | -0,543 | 0,943** | 0,086 | 0,143 |
| OM | 0,257 | -0,029 | 0,086 | 0,600 | 1,000** |
| CaCO ₃ | -0,543 | 0,371 | -0,429 | -0,257 | -0,829* |
| Kil | 0,314 | -0,600 | 0,143 | -1,000** | -0,600 |
| Silt | -0,029 | 0,257 | 0,371 | 0,543 | -0,086 |
| Kum | -0,314 | 0,429 | -0,543 | 0,600 | 0,771 |
| HA | 0,086 | -0,371 | 0,086 | -0,886* | -0,886* |
| HI | -0,543 | 0,771 | -0,314 | 0,943** | 0,429 |

OM: Organik Madde, HA: Hacim Ağırlığı, HI: Hidrolik İletkenlik, AS: Agregata Stabilitesi, DO: Dispersiyon Oranı, SSI: Strüktür Stabilite İndeksi, KO: Kil Oranı, CF: Kabuk Oluşumu.

*: p<0,05; **: p<0,01

Çember içerisinde oluşmuş toprakların erozyon duyarlılık parametreleri ile toprak özellikleri arasındaki istatistiksel ilişki Çizelge 4'te verilmiştir. Çemberlerdeki toprakların AS değerleri ile organik madde içerikleri arasında en yüksek pozitif ilişki belirlenirken, HA değerleri ile de en yüksek negatif bir ilişki ortaya konulmuştur. Diğer bir değişle, bu durum birçok çalışmalarla da belirtildiği üzere toprakların OM içeriklerindeki artış AS değerlerini artırırken, HA değerinin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, DO ile EC ve kil arasında % 1 anlamlılık düzeyinde negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Fakat SSI ile diğer toprak özellikleri arasında anlamlı bir ilişkiye rastlanmamıştır. Kil oranı ile silt arasında mükemmel düzeyde (1,000**) pozitif, kabuk oluşumu ile organik madde arasında pozitif, buna karşın kabuk oluşumu ile hacim ağırlığı arasında ise en yüksek değerde negatif bir ilişki tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Çember içerisinde yer alan toprakların erozyon duyarlılık parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları ve istatistiksel anlamlılık düzeyleri.

| Parametreler | AS | DO | SSI | KO | CF |
|-------------------|----------|----------|--------|---------|----------|
| pH | -0,200 | 0,400 | -0,800 | -0,800 | -0,200 |
| EC | 0,800 | -1,000** | 0,800 | 0,200 | 0,800 |
| OM | 1,000** | -0,800 | 0,400 | 0,400 | 1,000** |
| CaCO ₃ | -0,200 | 0,400 | -0,800 | -0,800 | -0,200 |
| Kil | 0,800 | -1,000** | 0,800 | 0,200 | 0,800 |
| Silt | 0,400 | -0,200 | 0,400 | 1,000** | 0,400 |
| Kum | -0,200 | 0,400 | -0,800 | -0,800 | -0,200 |
| HA | -1,000** | 0,800 | -0,400 | -0,400 | -1,000** |
| HI | 0,800 | -0,400 | 0,200 | 0,800 | 0,800 |

OM: Organik Madde, HA: Hacim Ağırlığı, HI: Hidrolik İletkenlik, AS: Agregat Stabilitesi, DO: Dispersiyon Oranı, SSI: Strüktür Stabilite İndeksi, KO: Kil Oranı, CF: Kabuk Oluşumu.

*: p<0,05; **: p<0,01

Tufur içerisinde oluşmuş toprakların erozyon duyarlılık parametreleri ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkisi Çizelge 5'te verilmiştir. Tufur içerisinde oluşan topraklarda ise agregat stabilitesi ile organik madde arasında % 5 seviyesinde (0,900*) pozitif; CaCO₃ arasında % 1 seviyesinde (-1,000**) negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Dispersiyon oranı ile EC arasında (-0,900*) çember içerisinde oluşmuş topraklarda olduğu gibi % 5 seviyesinde negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Strüktür stabilite indeksi ile toprak özellikleri arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir. Buna karşın kil oranı ile kil arasında negatif, hidrolik iletkenlik arasında ise (0,900*) pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca CF ile pH arasında ise % 1 seviyesinde negatif bir ilişki tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Tufur içerisinde yer alan toprakların erozyon duyarlılık parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar ve anlamlılık düzeyleri.

| Parametreler | AS | DO | SSI | KO | CF |
|-------------------|----------|---------|--------|----------|----------|
| pH | -0,800 | 0,300 | -0,100 | -0,400 | -1,000** |
| EC | 0,600 | -0,900* | 0,700 | -0,200 | 0,600 |
| OM | 0,900* | -0,500 | 0,200 | 0,200 | 0,900* |
| CaCO ₃ | -1,000** | 0,300 | 0,100 | -0,500 | -0,800 |
| Kil | -0,500 | -0,600 | 0,800 | -1,000** | -0,400 |
| Silt | -0,400 | 0,600 | -0,300 | 0,300 | 0,100 |
| Kum | 0,400 | 0,500 | -0,800 | 0,700 | -0,100 |
| HA | -0,700 | 0,300 | -0,100 | -0,100 | -0,800 |
| HI | 0,800 | 0,300 | -0,600 | 0,900* | 0,700 |

OM: Organik Madde, HA: Hacim Ağırlığı, HI: Hidrolik İletkenlik, AS: Agregat Stabilitesi, DO: Dispersiyon Oranı, SSI: Strüktür Stabilite İndeksi, KO: Kil Oranı, CF: Kabuk Oluşumu.

*: p<0,05; **: p<0,01

Konjelitürbasyon deposu içerisinde oluşmuş toprakların erozyon duyarlılık parametreleri ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkisi Çizelge 6'da verilmiştir. Konjelitürbasyon deposu şekilleri içerisinde oluşmuş toprakların erozyon duyarlılık parametreleri olan AS, KO ve CF ile toprakların pH, CaCO₃ ve silt içerikleri arasında % 1 seviyesinde pozitif, buna karşın DO ve SSI ile pH, CaCO₃ ve silt içerikleri arasında % 1 seviyesinde negatif bir ilişki tespit edilmiştir.

Çizelge 6. Konjelitürbasyon deposu içerisinde yer alan toprakların erozyon duyarlılık parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki korelasyonlar ve anlamlılık düzeyleri.

| Parametreler | AS | DO | SSI | KO | CF |
|-------------------|---------|----------|----------|---------|---------|
| pH | 1,000** | -1,000** | -1,000** | 1,000** | 1,000** |
| EC | -0,500 | 0,500 | 0,500 | -0,500 | -0,500 |
| OM | -0,500 | 0,500 | 0,500 | -0,500 | -0,500 |
| CaCO ₃ | 1,000** | -1,000** | -1,000** | 1,000** | 1,000** |
| Kil | -0,500 | 0,500 | 0,500 | -0,500 | -0,500 |
| Silt | 1,000** | -1,000** | -1,000** | 1,000** | 1,000** |
| Kum | -0,500 | 0,500 | 0,500 | -0,500 | -0,500 |
| HA | -0,500 | 0,500 | 0,500 | -0,500 | -0,500 |
| HI | 0,500 | -0,500 | -0,500 | 0,500 | 0,500 |

OM: Organik Madde, HA: Hacim Ağırlığı, HI: Hidrolik İletkenlik, AS: Agregat Stabilitesi, DO: Dispersiyon Oranı, SSI: Strüktür Stabilite İndeksi, KO: Kil Oranı, CF: Kabuk Oluşumu.

*: p<0,05; **: p<0,01

Ayrıca yapılan bu çalışmada toprakların erozyon duyarlılık parametrelerinden AS, DO, SSI, KO ve CF ile yükselti basamakları dağılımlarının rasgele olup olmadığını belirlebilmesi amacıyla Kruskal-Wallis testi yapılmıştır (Çizelge 7). Çizelge 7’den de görüldüğü gibi yükseklik değişkenine göre Ki-kare puanları AS göstergesi için 8,646 (P: 0,013, p<0,05), DO için 8.229 (P: 0,016, p<0,05), SSI için 0,483 (P: 0,785, p>0,05), KO için 2,924 (P: 0,232, p>0,05), CF için ise 13,507 (P: 0,001, p<0,05) bulunmuştur. Bu sonuca göre yükseklik ile AS, DO ve CF arasında anlamlı farklılaştırma olduğu belirlenmiştir. Ancak yükseklik ile SSI ve KO arasında anlamlı farklılaştırma göstermediği tespit edilmiştir.

Çizelge 7. Toprakların erozyon duyarlılık parametrelerinin yükseltiye göre Kruskal-Wallis testi puanları.

| Duyarlılık parametreleri | Yükselti basamakları | N | Kruskal-Wallis Ki-Kare | P |
|--------------------------------|----------------------|----|------------------------|-------|
| Agregat Stabilitesi-AS | 1: < 2000 | 4 | 8,646 | 0,013 |
| | 2: 2000-2200 | 11 | | |
| | 3: 2200-2400 | 12 | | |
| Dispersiyon Oranı-DO | 1: < 2000 | 4 | 8,229 | 0,016 |
| | 2: 2000-2200 | 11 | | |
| | 3: 2200-2400 | 12 | | |
| Strüktür Stabilite İndeksi-SSI | 1: < 2000 | 4 | 0,483 | 0,785 |
| | 2: 2000-2200 | 11 | | |
| | 3: 2200-2400 | 12 | | |
| Kil Oranı-KO | 1: < 2000 | 4 | 2,924 | 0,232 |
| | 2: 2000-2200 | 11 | | |
| | 3: 2200-2400 | 12 | | |
| Kabuk oluşumu-CF | 1: < 2000 | 4 | 13,507 | 0,001 |
| | 2: 2000-2200 | 11 | | |
| | 3: 2200-2400 | 12 | | |

Yükseklik değerine göre anlamlı farkın görüldüğü AS, DO ve CF göstergelerinin hangi yükselti basamağı ile farklılaşma gösterdiğini bulmak için ise Post hoc testinden Tamhane’s T2 testi uygulanmış ve elde edilen değerler Çizelge 8’de verilmiştir. Buna göre AS ve yükselti basamaklarının azalıp artmasına bağlı değişimde belirgin bir fark bulunmamaktadır. 2200-2400 m yüksekliklere çıkınca DO bakımından daha yüksek değerler vermiştir. 2000-2200 m’lerden 2200-2400 m’lere çıkıldığında ise CF bakımından ise bir azalma söz konusudur.

Çizelge 8. AS, DO ve CF parametrelerinin yükselti basamaklarına göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek üzere yapılan Tamhane's T2 testi değerleri.

| Duyarlılık parametreleri | Yükselti basamakları | | Ortalama fark | P |
|--------------------------|----------------------|---|---------------|-------|
| Agregat Stabilitesi-AS | 1 | 2 | 26,822 | 0,319 |
| | | 3 | 36,799 | 0,163 |
| | 2 | 1 | -26,822 | 0,319 |
| | | 3 | 9,979 | 0,074 |
| | 3 | 1 | -36,799 | 0,163 |
| | | 3 | -9,979 | 0,074 |
| Dispersiyon Oranı-DO | 1 | 2 | -8,158 | 0,111 |
| | | 3 | -16,814* | 0,003 |
| | 2 | 1 | 8,158 | 0,111 |
| | | 3 | -8,655 | 0,220 |
| | 3 | 1 | 16,814* | 0,003 |
| | | 3 | 8,655 | 0,220 |
| Kabuk oluşumu- CF | 1 | 2 | 2,114 | 0,914 |
| | | 3 | 9,305 | 0,120 |
| | 2 | 1 | -2,114 | 0,914 |
| | | 3 | 7,190* | 0,008 |
| | 3 | 1 | -9,305 | 0,120 |
| | | 3 | -7,190* | 0,008 |

1: < 2000 m, 2: 2000 m-2200 m, 3: 2200 m-2400 m *:Ortalama fark 0,05 düzeyinde anlamlıdır.

4. Sonuç

Toprak oluşumu sırasında topografya (eğim, bakı, yükseklik vb.), yer şekilleri ve özellikle yerel koşullarda toprak solumunun kalınlığı, profilin ıslaklığı, rengi, horizon farklılaşmasının derecesi, yüzey horizonunun organik madde miktarı, çözünebilir tuz miktarı, toprak reaksiyonu gibi çok sayıda etmen üzerine aktif rol oynadığı bilinmektedir (Tunçay ve Dengiz, 2017). Bu durum aynı zamanda toprak tanelerinin bir araya gelmesi ile oluşan agregat ve/veya strüktür gibi yapısal değişimler üzerinde de etkilidir. Bu çalışmada, İlgaz Dağları'nın zirve kuşağında farklı yüksekliklerde gelişmiş periglasyal şekillerden girland, taş kümesi, çember ve tufurlar ile konjelitürbasyon depoları içerisinde oluşmuş toprakların farklı fizikokimyasal özellikleri ile erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki ilişkinin belirlenmesinin yanı sıra, yükselti ile ilişkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışma alanı, batısında Küçükhacet Tepe (2546 m) ile doğusunda Büyükhacet Tepe (2587 m) olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Bölgenin temelini metamorfikler, zirveler kuşağını ise sedimenter kayalar meydana getirmektedir. Alanda periglasyal şekiller 1943 m ile 2398 m yükseklikler arasındadır. Bu yükseltilerde girlandlardan 9 adet, taş kümelerinden 6 adet, çemberlerden 4 adet, tufurlardan 5 adet ve konjelitürbasyon deposundan 3 adet olmak üzere toplamda 27 adet toprak örneği alınmıştır ve toprakların bünye, pH, EC, organik madde, kireç, hacim ağırlığı, hidrolik geçirgenlik özellikleri belirlenmiştir. Her bir periglasyal şekilden toprak örneklerine ait belirtilen fiziko kimyasal özelliklerin betimleyici istatistiksel özellikleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak, çember ve konjelitürbasyon depolarından alınan toprak örnekleri asit reaksiyon gösterirken, diğerlerinde toprak reaksiyonu hafif alkali ve tüm topraklar tuzsuz olarak belirlenmiştir. Kireç oranının ise tüm şekillere ait toprakların içerikleri üzerinde oldukça yüksek değişkenliğe sahip olduğu açığa çıkarılmıştır. Toprakların organik madde düzeyleri % 3'ün üzerindedir; yükseklik arttıkça bu oranda artış olduğu ortaya konulmuştur. En yüksek ortalama kil değeri konjelitürbasyon deposunda oluşmuş topraklarda belirlenirken, en yüksek ortalama kum değeri ise çember şekilleri içerisinde oluşmuş topraklarda saptanmıştır. Ayrıca erozyon duyarlılık parametrelerinden agregat stabilitesi (AS), dispersiyon oranı (DO), strüktür stabilitesi indeksi

(SSI), kil oranı (KO) ve kabuk oluşumu (CF) özellikleri belirlenerek toprakların fizikokimyasal özellikleri ve erozyon duyarlılık parametreleri arasında önemli ilişkilerin olduğu belirlenmiştir. Yükseklik ile AS, DO ve CF arasında anlamlı farklılaştırma olduğu görülürken, yükseklik ile SSI ve KO anlamlı farklılaştırma göstermediği belirlenmiştir.

Teşekkür

Yazarlar, çalışmayı 2019-001 numaralı proje ile destekleyen Ardahan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne içtenlikle teşekkür eder.



Determination of Some Relationships Between Soil Erodibility Properties and Physicochemical of Soils Formed on Various Periglacial Landforms in Ilgaz Mountains

Volkan Dede^a, Orhan Dengiz^b, İnci Demirağ Turan^{*c}, Murat Türkeş^d, Caner Gökçe^b, Soner Serin^e

Submitted: 16.02.2020

Accepted: 09.04.2020

EXTENDED ABSTRACT

1. INTRODUCTION

Periglacial areas correspond to the regions where cold climate systems occur. As a general they are the areas that freezing and disintegration cases are dominant whereas glaciation is not totally happened. "Periglacial" was used first time as a term while consideration of physical weathering on Carpathian Mountains by Walery Von Lozinski for the purpose of determination of areas has cold climate systems around glaciers (Lozinski, 1909). Examination of periglacial shapes is important both in terms of conditions when they occurred and while consideration of differences with nowadays climate systems. In order to understand detail about periglacial shapes formed by periglacial process, scientific studies were initiated about sixties and these type of research have been currently carried out (Colucci et al., 2016; Drewes et al., 2018; Giardino and Vick, 1987; Hamilton and Whalley, 1995; Humlum, 1998; Knight et al., 2019; Wahrhaftig and Cox, 1959; Whalley and Martin, 1992). As a result of these researches, garlands, stone cluster, striped soils, stone rings and cirque of nivation were found and are recorded in the study areas (Erinç et al., 1961). Soils formed within these shapes especially because of parent material, elevation and vegetation show different pedological progress and therefore their physical, chemical and biological features also differ. One of these features is the sensitivity and the resistance of soils to erosion.

Lots of modeling studies of erosion were done to determinate erosion risk status (Danacıoğlu and Tağıl, 2017; Güney and Turoğlu, 2018; Haidara et al., 2019; Kinnel, 2017). Moreover, erosion sensitivity indexes have been developed in order to determine erodibility of soils to erosion.

In this study, it was aimed to determine relationship between some erosion sensitivity parameters (aggregate stabilities (AS), dispersion ratio (DR), structure stability index (SSI), clay ratio

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: dmrginci@gmail.com

^aArdahan University, Department of Geography, Ardahan. <http://orcid.org/0000-0003-4523-1390>.

^bOndokuz Mayıs University, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Samsun. <http://orcid.org/0000-0002-0458-6016>.

^cSamsun University, Geography Department, Samsun. <http://orcid.org/0000-0002-5810-6591>.

^dBoğaziçi University, Center for Climate Change and Policy Studies (iklimBU), İstanbul. <http://orcid.org/0000-0002-9637-4044>.

^eOndokuz Mayıs University, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Samsun. <http://orcid.org/0000-0001-9600-6674>.

^fÇal High School, Denizli. <http://orcid.org/0000-0003-2902-1051>.

(CR), crust formation (CF) of soils formed on various periglacial shapes and physico-chemical features of soils and elevation, too.

2. METHODOLOGY

Ilgaz Mountains are located between 41°03'-41°06' N latitudes and 33°46'-33°53' E longitudes in the West Black Sea Section of Black Sea Region. Ilgaz Mountains as a part of North Anatolian Mountains dominated by humid-temperate mid-latitudes climate, are located in the West Black Sea Section have a clammy mid-latitudes climate according to Köppen-Geiger genetic climate classification (Türkeş, 2010, 2020). In the high parts of Ilgaz Mountains (generally 1500-2000m), very humid and humid climate conditions are common which also control the formation of humid temperate forest vegetation.

A total of 27 soil samples were collected, including 9 garlands, 6 cluster of stones, 4 circle, 5 thufur and 3 samples from congeliturbation from periglacial landforms at the peaks of Ilgaz Mountains from 1943m to 2398m. Texture, pH, EC, organic matters, lime content, bulk density, hydraulic conductivity of soils features of soil were analyzed and relationships between some of erosion erodibility parameters that are aggregate stabilities (AS), dispersion ratio (DR), structure stability index (SSI), clay ratio (CR), crust formation (CF) were investigated. Moreover, relationships between soil features and erodibility indexes were analyzed by using Spearman correlation coefficient (r_s). In this study, relationships between erodibility (AS, DR, SSI, CR and CF) and elevation was analyzed and tested whether there is a significant difference between them or not, Krustal-Wallis test which is a non-parametric test was performed due to the some reasons such as non-homogeneous variance and abnormal distribution of data. Moreover, Tamhane's T2 test which is one of the Post hoc test was applied to find that the erosion parameters with significant difference with the elevation differ with which amplitude step.

3. RESULT

Fourteen different physical and chemical properties and erodibility parameters were analyzed in different soil samples taken from garland, stone clusters, circle, thufur and congeliturbation in the study area and basic descriptive statistical calculations of these properties were done. The skewness coefficients of clay, silt, sand, bulk density (BD) and structure stability index (SSI) values of the soils formed in the form of garland, EC, clay, silt, sand, hydraulic conductivity of soils, aggregate stability (AS), clay ratio (CR) and crust formation (CF) of the soils in the stone cluster, OM, clay, silt, sand, hydraulic conductivity of soils, AS for circle, pH, BD, AS, dispersion ratio (DR), and CF for thufur, CaCO₃, clay, silt and SSI for congeliturbation have normal distribution, while other soil properties showed far from normal distribution.

Soil properties showed not normal distribution have negative coefficient of pH for garland, pH and CaCO₃ for stone cluster, pH, CaCO₃, CR and SSI for circle, clay and SSI for thufur, EC, BD and AS for congeliturbation, while positive coefficient of other properties far from normal distribution was found out. In addition it has been determined that the variable of pH, EC, OM, BD and CR has low, the variability of clay, silt, sand, SSI and CF has medium, the variable of CaCO₃, hydraulic conductivity of

soils, AS and DR has high the garland in the study area. The variable of pH, EC, OM, BD and KR of the soils formed in the stone cluster are low, while the variable of hydraulic conductivity of soils, AS, DR and SSI values are high and other properties are determined in medium. The variable of hydraulic conductivity of soils, DR and SSI are medium and other characteristics are low in soils in circle formed. Also, while the variable of BD has high in thufur, the variable of CaCO₃, clay, silt, DR and SSI values are medium, values of other properties have low coefficient of variability. Finally, it was found that the variable of AS was moderately while the other properties were in low coefficient of variability in congeliturbation.

Correlation analyzes were carried out in order to show statistically the relations between soil erodibility parameters and some soil properties. According to the results of the correlation analysis, 12 on the soil of garland, 8 on the soil of the stone cluster, 7 on the soil formed in circle, 7 on the thufur and 15 on the congeliturbation ($p < 0.05$; $p < 0, 01$) statistical relationships have been determined.

Soils in garland have the highest clay and AS value compared to the soils formed in other shapes. While there is a positive relationship between AS and OM (0.817 **) at the level of 1% in this shape, negative relationship was determined between AS and BD (-0.770 *) at the level of 5%.

No significant relation was found between AS with DO and other soil properties in the stone cluster. However, a positive relationship was found between SSI and EC (0.943 **) at 1% significance level. Negative relationship between CR and clay (-1,000 **) and BD (-0,886 *) was that is an increase in in clay rate naturally causes a decrease in bulk density. However, a positive relationship was found between CR and hydraulic conductivity of soils (0.943 **) at 1% significance level.

A negative relationship between CF with pH (-0.829 *), CaCO₃ an BD with features (-0.829 *) was detected at 5% significance level, and a positive relationship was detected between CaCO₃ and OM (1,000 **) at 1% significance level.

While the highest positive relationship was determined between the AS and organic matter contents of the soils in the circles, BD was found with the highest negative relationship.

It was determined positive relationship between aggregate stability and organic matter (0,900 *) at the level of 5% in the thufur. Negative relationship at the level of 1% was detected between AS and CaCO₃ (-1,000 **). A negative relationship was determined between the dispersion rate and EC (-0,900 *) at the level of 5% as in the circle.

Positive relationship was determined between AS and CR-CF, between pH and CaCO₃–silts at the level of 1% erodoblity in the congeliturbation deposit. However, a negative relationship was found between DR and SSI and pH and CaCO₃ silt contents at the level of 1%.

Also, in this study, Kruskal-Wallis test was carried out in order to determine whether the erosion susceptibility parameters of the soils are random among the AS, DR, SSI, CR and CF and elevation steps distributions (Table 1). As can be seen from Table 1 Chi-square scores according to the elevation variable are 8,646 (P: 0,013, $p < 0,05$) for AS indicator, 8,229 (P: 0,016, $p < 0,05$) for DR, 0,483 (P for SSI). : 0,785, $p > 0,05$), 2,924 (P: 0,232, $p > 0,05$) for CR, 13,507 (P: 0,001, $p < 0,05$) for CF. According

to this result, there was a significant difference between elevation and AS, DO and CF. However, it was found that there was no significant difference between elevation and SSI and CR.

Table 1. Kruskal-Wallis test scores of erosion sensitivity parameters of soils according to the elevation.

| Sensitivity parameters | Elevation | N | Kruskal-Wallis Chi-Square | P |
|----------------------------------|--------------|----|---------------------------|-------|
| Aggregate Stability -AS | 1: < 2000 | 4 | 8,646 | 0,013 |
| | 2: 2000-2200 | 11 | | |
| | 3: 2200-2400 | 12 | | |
| Dispersion Rate -DR | 1: < 2000 | 4 | 8,229 | 0,016 |
| | 2: 2000-2200 | 11 | | |
| | 3: 2200-2400 | 12 | | |
| Structural Stability Index - SSI | 1: < 2000 | 4 | 0,483 | 0,785 |
| | 2: 2000-2200 | 11 | | |
| | 3: 2200-2400 | 12 | | |
| Clay Rate -CR | 1: < 2000 | 4 | 2,924 | 0,232 |
| | 2: 2000-2200 | 11 | | |
| | 3: 2200-2400 | 12 | | |
| Crust formation -CF | 1: < 2000 | 4 | 13,507 | 0,001 |
| | 2: 2000-2200 | 11 | | |
| | 3: 2200-2400 | 12 | | |

Tamhane's T2 test from Post hoc test was applied to find out which elevation step the AS, DR and CF indicators differed according to the elevation value. Accordingly, there is no significant difference in the change due to the decrease and increase of the AS and elevation steps. When it reached 2200-2400 m elevation, higher values was given in terms of DR. There is a decrease in terms of CF when it rises from 2000-2200 m to 2200-2400 m.

CONCLUSIONS

It is known that topography (slope, aspect, elevation, etc.), landforms, especially in local conditions, the thickness of solum, wetness, color of the profile, developing of horizon formation, the amount of organic matter of the surface horizon, the amount of soluble salt, the soil reaction have an active role during soil formation (Tunçay and Dengiz, 2017). This situation has also an effect on structural changes such by aggregating soil particles. The aim of this current study is to determine some relationships between some soil erodibility properties and physicochemical of soils formed on various periglacial landforms which are garland, stone cluster, circle, congeliturbation and thufur in Ilgaz Mountains.

As a result, while soil samples taken from the circle and congeliturbation were shown an acid reaction, in others the soil reaction is determined as slightly alkaline and all soils are salt-free. It is revealed that the lime rate has a very high variability on the contents of soils of all landforms. Organic matter levels of the soils are over 3%; It has been demonstrated that this rate increases as elevation increases. While the highest average clay value was determined in the soils formed in the congeliturbation, the highest average sand value was determined in the soils formed in the circle landforms. In addition, aggregate stability (AS), dispersion ratio (DR), structure stability index (SSI),

clay ratio (CR) and crust formation (CF) properties were determined and there were significant relationships between the physicochemical properties and erosion sensitivity parameters of the soil. It was determined that there was a significant difference between elevation and AS, DR and CF, while between elevation and SSI and CR did not show significant differentiation.

Acknowledgment

The authors sincerely thank to Coordination of Scientific Research Projects at the Ardahan University which supported the study with project number 2019-001.

References

- An, S. S., Huang, Y. M., Zheng, F. Li., Yang, J. G. (2008). Aggregate Characteristics During Natural Revegetation on the Loess Plateau. *Pedosphere*, 18, 809-816. doi: 10.1016/S1002-0160(08)60077-6.
- Aşkın, T. (1997). *Ordu İli Topraklarının Strüktürel Dayanıklılığının ve Aşınımaya Duyarlılığının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Bilgin, T. (1960). Kaz Dağı ve Üzerindeki Periglasyal Şekiller Hakkında. *Türk Coğrafya Dergisi*, 20, 114-123. 01.10.2019 tarihinde <http://dergipark.org.tr/tr/pub/tcd/issue/21265/228296> adresinden alındı.
- Biricik, A., S. (2010). Nurhak Dağlarında Glasyal ve Periglasyal Rölyef. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu (Prof. Dr. Oğuz Erol Anısına) Bildiriler Kitabı*, 220-242, Afyonkarahisar.
- Bouyoucos, G. J. (1935). The Clay Ratio as a Criterion of Soils to Erosion. *Journal of the American Society of Agronomy*, 27, 738-751. 04.01.2020 tarihinde <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301776020> adresinden alındı.
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils 1, *Agronomy Journal*, 54 (5), 464-465. doi: 10.2134/agronj1962.00021962005400050028x.
- Bryan, R. B. (1968). The Development, Use and Efficiency of Indices of Soil Erodibility. *Geoderma*, 2, 5-25. doi: 10.1016/0016-7061(68)90002-5.
- Bu, C. F., Wu, S. F., Yang, K. B. (2014). Effects of Physical Soil Crusts On Infiltration and Splash Erosion in Three Typical Chinese Soils. *International Journal of Sediment Research*, 29, 491-501.
- Cammeraat, L. H., Imeson, A. C. (1998). Deriving Indicators of Soil Degradation from Soil Aggregation Studies in Southeastern Spain and Southern France. *Geomorphology*, 23, 307-321. doi: 10.1016/S0169-555X(98)00012-9.
- Celilov, C., Dengiz, O. (2019). Erozyon Duyarlılık Parametrelerinin Farklı Enterpolasyon Yöntemleriyle Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz Dağları Milli Park Toprakları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6 (3), 242-256. doi: 10.19159/tutad.502457.
- Colucci, R. R., Boccali, C., Zebre, M., Guglielmin, M. (2016). Rock Glaciers, Protalus Ramparts and Pronival Ramparts in the South-eastern Alps. *Geomorphology*, 269, 112-121. doi: 10.1016/j.geomorph.2016.06.039.
- Çakır, Ç., Kopar, İ. (2017). Palandöken Dağları'nda Tufurlar ve Doğal Ortam Özelliklerinin Tufurların Oluşumu Üzerindeki Etkisi. *Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu, 12-14 Ekim 2017, Bildiriler Kitabı*, 103-110, Elazığ.
- Dabral, P. P., Choudhury, A., Barman, M., Pandey, P. K. (2016). Determination of Erodibility under Different Landuses in the Vicinity of Nirjuli, Arunachal Pradesh. *Journal of Soil and Water Conservation*, 15 (4) 292-295. doi: 10.5958/2455-7145.2016.00018.7.
- Danacıoğlu, Ş., Tağıl, Ş. (2017). Bakırçay Havzası'nda Rusle Modeli Kullanarak Erozyon Riskinin Değerlendirmesi, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20 (37), 1-18 . doi: 10.31795/baunsobed.645168.
- Dengiz, O. (2007). Assessment of Soil Productivity and Erosion Status for the Ankara-Soğulca Catchment Using GIS. *International Journal of Soil Science*, 2 (1), 15-28. doi: 10.3923/ijss.2007.15.28.
- Dou, Y., Yang, Y., Ana, S., Zhua, Z. (2020). Effects of Different Vegetation Restoration Measures on Soil Aggregate Stability and Erodibility on the Loess Plateau, China. *Catena*, 185, 1-9. doi: 10.1016/j.catena.2019.104294.
- Drewes, J., Moreiras, S., Korup, O. (2018). Permafrost Activity and Atmospheric Warming in the Argentinian Andes. *Geomorphology*, 323, 13-24. doi: 10.1016/j.geomorph.2018.09.005.

- Erinç, S. (1955). Glasyal ve Periglasyal Jeomorfoloji Bakımından Honaz ve Bozdağ. *Türk Coğrafya Dergisi*, 13-14, 24-44.
- Erinç, S., Bilgin, T., Bener, M. (1961). Ilgaz Üzerinde Periglasyal Şekiller. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 12, 90-99.
- Erol, A., Babalık, A. A., Sönmez, K., Serin, N. (2009). Isparta-Darıderesi Havzası Topraklarında Erozyona Duyarlılığın Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Değişimi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A (2), 21-36. 04.12.2019 tarihinde <http://static.dergipark.org.tr:8080/article-download/imported/1089001455/1089001528.pdf?> adresinden alındı.
- Giardino, J., Vick, S. (1987). *Geologic Engineering Aspects of Rock Glaciers*, In: Giardino, J., Shroder, J., Vitek, J., (Eds.), Rock Glaciers, Allen and Unwin, London, 265-287.
- Gümüş, İ., Şeker, C., Neğiş, H., Özatekin, H. H., Karaaslan, E., Çetin, Ü. (2016). Buğday Ekili Alanlarda Agregat Stabilitesine Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, TARGİD Özel Sayısı*, 236-242. doi: 10.17100/nevbittek.210996.
- Güney, Y., Turoğlu, H. (2018). Çok Ölçütlü Karar Analizi ile Erozyon Duyarlılık Çalışmalarında Erozyon Yüzeyleri Envanter Verisinin Kullanımı: Selendi Çayı Havzası Örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16 (1), 105-119. doi: 10.1501/Cogbil_0000000193
- Haidaraa, I., Tahrib, M., Maananc, M., Hakdaouia, M. (2019). Efficiency of Fuzzy Analytic Hierarchy Process to Detect Soil Erosion Vulnerability. *Geoderma*, 354, 113853. doi: 10.1016/j.geoderma.2019.07.011.
- Hamilton, S., Whalley, W. (1995). Rock Glacier Nomenclature: a Reassessment. *Geomorphology*, 14, 73-80. doi: 10.1016/0169-555X(95)00036-5.
- Humlum, O. (1998). The Climatic Significance of Rock Glaciers. *Permafrost and Periglacial Processes*, 9, 375-395. doi: 10.1002/(SICI)1099-1530(199810/12)9:4<375::AID-PPP301>3.0.CO;2-0.
- 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. doi: 10.1016/0167-1987(85)90011-X.
- Jackson, M. L. (1958). *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc.: Englewood Cliffs.
- Kanar, E., Dengiz, O. (2015). Madendere Havzası Topraklarında Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü ile Bazı Erozyon Duyarlılık İndeksleri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2, 15-27. doi: 10.19159/tutad.74524.
- Kara, Z., Yakupoğlu, T., Ballı, E., Saltalı, K. (2018). Relationship Between Some Soil Properties and Erodibility of Agricultural Lands Close the Suphan Mountain. *I. International Gap Agriculture & Livestock Congress*, 25-27 April 2018, Şanlıurfa.
- Karagöktaş, D., Yakupoğlu, T. (2014). Erozyon Araştırma Sahasına Dönüştürülmesi Planlanan Bir Alanda Aşınabilirlik ve Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2 (1) 6-12. 04.12.2019 tarihinde <http://dergi.toprak.org.tr/download/arsiv/EM5066CN.pdf> adresinden alındı.
- Kemper, W. D., Rosenau, R. C. (1986). *Aggregate Stability and Size Distribution*, Klute, A. (Ed.), In *Methods of Soil Analysis, Part I-Physical and Mineralocigal Methods (2nd Edition)* (425-442). SSSA Book Series No: 5, SSA and ASA, Madison, Wisconsin.
- Kinnell, P. I. A. (2017). A Comparison of the Abilities of the USLE-M, RUSLE2 and WEPP to Model Event Erosion from Bare Fallow Areas. *Science of the Total Environment*, 596-597, 32-42. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.046.
- Knight, J., Harrison, S., Jones, D. B. (2019). Rock Glaciers and the Geomorphological Evolution of Deglaciating Mountains. *Geomorphology*, 324, 14-24. doi: 10.1016/j.geomorph.2018.09.020.
- Lal, R. (1988). *Soil Erosion Reseach Methods*. Soil and Water Concervation Society, CRC Press.
- Leo, W. M. (1963). A Rapid Method for Estimating Structural Stability of Soils. *Soil Science*, 96:342-346. doi: 10.1097/00010694-196311000-00010.
- Lozinski, von W. (1909). Über die Mechanische Vermitterung der Sandsteine im Gemassigten Klima. *Bulletin International de l'Academie des Sciences de Cracovie class des Sciences Mathematique et Naturalles*, 1, 1-25.
- 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.
- Ngatunga, E. N., Lal, R., Singer, M. J. (1984). Effect of Surface Management on Runoff and Soil Erosion from Some Plot Milangano. *Geoderma*, 33, 1-12.

- Nuttal, W. F. (1982). The Effect of Seedling Depth, Soil Moisture Regime And Crust Strength On Emergence of Rape Cultivars. *Agronomy Journal*, 74, 1018-1022. doi: 10.2134/agronj1982.00021962007400060020x.
- Pieri, C. (1989). *Fertilité des Terres de Savane, Bilan de Trente Années de Recherche et de Développement Agricole au sud du Sahara*, IRAT, Paris.
- Saygın, F., Dengiz, O., İç, S. (2019). Mikro Havza Ölçeğinde Erozyona Duyarlılık Parametreleri ile Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi, *Toprak Su Dergisi*, (Özel Sayı), 15-23. doi: 10.21657/topraksu.654768.
- Schnachtschabel, P., Blume, P., Brümmer, G., Hartge, K.H., Schwertmann, U. (1999). *Toprak Bilimi*, Çev: Özbek, H.- Kaya, Z.- Gök, M- Kaptan, H., Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yay. No:73, Ders Kitapları Yay. No: A-16, Adana.
- Simansky, V., Pollakova, N., Halmon, S. (2014). Soil Crust in Agricultural Land. *Acta Fytotechn. zootechn.*, 17 (4), 109-114. doi: 10.15414/afz.2014.17.04.109-114.
- Six, J., Elliott, E. T., Paustian, K. (2000). Soil Macro-Aggregate Turnover and Micro-Aggregate Formation: A Mechanism for C Sequestration under No-Tillage Agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 2099-2103. doi: 10.1016/S0038-0717(00)00179-6.
- Six, J., Paustian, K. (2014). Aggregate-Associated Soil Organic Matter as an Ecosystem Property and a Measurement Tool. *Soil Biology and Biochemistry*, 68, 4-9. doi: 10.1016/j.soilbio.2013.06.014.
- Şeker, C., Karakaplan, S. (1999). Konya Ovasında Toprak Özellikleri İle Kırılma Değerleri Arasındaki İlişkiler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 183-190. 04.12.2019 tarihinde <http://static.dergipark.org.tr:8080/article-download/imported/5000030677/5000030913.pdf?> adresinden alındı.
- Şimşek, U., Karaoğlu, M., Tohumcu, F., Gökmen, F., Erdel, E. (2013). Kurak Zonda Ağaçlandırmanın Toprak Organik Maddesi ve Agregat Stabilitesi Üzerine Etkisi, *III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi 22-24 Ekim 2013*, 373-377.
- Taysun, A. (1986). *Gediz Havzası'nda Rendzina Tarım Topraklarında Yapay Yağmurlayıcı Yardımıyla Taşlar, Bitki Artıkları ve Polivinilalkol'ün (PVA) Toprak Özellikleri İle Birlikte Erozyona Etkileri Üzerinde Araştırmalar*, E.Ü.Z.F. Yayın No: 474.
- Tunçay, T., Dengiz, O. (2017). Yarı Nemli Ilıman İklim Koşullarında Farklı Eğim ve Farklı Arazi Örtüsü Altında Toprak Gelişimi ve Agregat Stabilitesi Değişimi. *Toprak Su Dergisi*, 6 (1), 36-43. doi: 10.21657/topraksu.305715.
- Tunçay, T., Dengiz, O., Başkan, O., Bayramin, İ., Kılıç, Ş. (2017). Altınova Tarım İşletmesi Topraklarının Kabuk Oluşumu ve Erozyon Duyarlılık Durumlarının Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi, *V. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi*, Kırklareli, 2017, 669-680.
- Türkeş, M. (2003). Spatial and temporal variations in precipitation and aridity index series of Turkey. In: Mediterranean Climate-Variability and Trends, Bolle, H.J. (ed.), (181-213). In *Regional Climate Studies*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji*, (Birinci Baskı). Kriter Yayınevi, Yayın No: 63, Fiziki Coğrafya Serisi No. 1: İstanbul.
- Türkeş, M. (2015). *Biyocoğrafya: Bir Paleocoğrafya ve Ekoloji Yaklaşımı*, (Gözden Geçirilmiş İkinci Basım). Kriter Yayınevi Fiziki Coğrafya Serisi No: 3, Sonçağ Yayıncılık Matbaacılık Reklam ve Sanayi Tic. Ltd. Şti: Ankara.
- Türkeş, M. (2020). Climate and Drought in Turkey, Chapter 4. In Harmancioglu, N. B., Altinbilek, D. (Eds.), *Water Resources of Turkey. World Water Resources*, vol 2. Springer, Cham, pp 85-125. doi: 10.1007/978-3-030-11729-04.
- Uğuz, M. F., Sevin, M. (2011). *1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları*, Kastamonu F-31 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 145, Ankara.
- Ülgen, A. N., Yurtsever, N. (1995). *Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi*, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü: Ankara.
- Wahrhaftig, C., Cox, A. (1959). Rock Glaciers in the Alaska Range. *Geological Society of American Bulletin*, 70, 383-436. doi: 10.1130/0016-7606(1959)70[383:RGITAR]2.0.CO;2.
- Whalley, W. B., Martin, H. E. (1992). Rock Glaciers: II Models and Mechanism. *Progress in Physical Geography*, 16 (2), 127-186. doi: 10.1177/030913339201600201.
- 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) (166-194). The Netherlands: Pudoc, Wageningen.

- Yakupoğlu, T., Demirci, D. (2013). Kahramanmaraş-Narlı Ovası Topraklarının Erozyona Duyarlılıkları ile Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28 (1), 33-38. 04.12.2019 tarihinde <http://dergipark.org.tr/tr/pub/omuanajas/issue/20216/214184> adresinden alındı.
- Yıldız, N., Akbulut, Ö., Bircan, H. (1998). *İstatistiğe Giriş*. Erzurum: Şafak Yayınevi.
- Yönter, G. (2016). Laboratuvar Koşulları Altında Yağış Yoğunlukları, Kaymak Tabakası Oluşumu ve Su Erozyonu Arasındaki İlişkiler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43 (1), 109-119. 01.12.2019 tarihinde <http://static.dergipark.org.tr:8080/article-download/imported/5000154216/5000139525.pdf?> adresinden alındı.
- Zeng, Q. C., Frederic, D., Cheng, M., Zhu, Z.L., An, S. S. (2018). Soil Aggregate Stability under Different Rain Conditions for Three Vegetation Types on the Loess Plateau (China), *Catena*, 167, 276-283. 01.12.2019 tarihinde <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01914415/document> adresinden alındı.
- Zhang, X. C., Miller, W. P. (1996). Polyacrylamide Effect on Information and Erosion in Furrows. *Soil Science Society of America Journal*, 60, 866-872. doi: 10.2136/sssaj1996.03615995006000030027x.