

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde artan nüfus ve gelişen endüstri tarım ürünlerine olan ihtiyacı giderek artırmakta ve tarım arazileri üzerinde yoğun bir talep oluşturmaktadır. Bu durum doğal kaynaklar (topraklar) üzerinde baskı yaratmakta, arazi bozulmasına neden olmakta ve erozyonu teşvik etmektedir. Erozyon sadece toprak ve su kaybından ibaret olmayıp aynı zamanda açlık ve çölleşme dahil bir dizi sosyal ve ekonomik çıkmazları beraberinde taşıyan çok tehlikeli bir olaydır. Erozyon ve toprak üretkenliğinin sürekli azalması ülkemiz topraklarının en önemli sorunlarından birisidir.

Türkiye’de erozyon etkin bir düzeyde olup her yıl yaklaşık 500 milyon ton toprağın su erozyonu ile denizlere taşındığı hesaplanmaktadır. Ülke topraklarının %58.74’ü şiddetli ve çok şiddetli aşınım zararına uğramış durumdadır. Yine ülke topraklarının %20.04’ünde orta düzeyde bir aşınım söz konusudur. Özetle topraklarımızın 4/5’inde (%78.78) aşınım oldukça yoğun ve etkindir. Bu toprakların önemli bir kısmının kullanımı ekonomik olmaktan bile çıkmış, üst toprağın nerede ise tamamı uzaklaşıp gitmiştir. Sadece toprak işlemeli tarım yapılan araziler incelendiğinde (27 milyon ha) bu arazilerin %60’ında ana sorunun erozyon olduğu görülmektedir (Özdemir, 2002a). Ülkemizde su ve rüzgar erozyonunun ulaşmış olduğu boyutlar erozyonun kontrol altına alınabilmesi için yapılacak bilimsel çalışmaların artırılmasını ve tarım arazilerinde bir takım tedbirlerin alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Erozyona karşı etkin önlemlerin alınabilmesi için oluşumunda etkili olan faktörlerin etki ya da katkı derecelerinin belirlenmesi gerekir. Erozyonun boyutu temelde toprağın erozyona uğrama eğilimi ile iklimin erozyon oluşturma gücüne bağlı olup diğer faktörler (topografya, toprak örtüsü ve insan) bunun yön ve derecesini belirlemektedir.

Toprakların erozyona uğrama eğilimleri, onların erozyona karşı duyarlılığı ya da uygunluğu olarak tanımlanabilmektedir. Topraklar çeşitli faktörlerin etkileri altında oluşmakta ve oluşumlarında etkin olan faktörlerin etkinlik derecelerine göre, özellikleri bakımından birbirlerinden önemli ölçüde farklılık göstermektedirler. Bu özelliklerden dolayı aynı iklim koşulları, farklı topraklarda farklı miktarda aşınma ve taşınmalara neden olabilmektedir. Yapılan arazi gözlemleri, benzer çevre koşullarında oluşan toprakların erozyona uğrama eğilimlerinin, birbirinden önemli ölçüde farklı olduğunu ortaya koymaktadır (Khorke ve Bertrand, 1959; Akalan,1983; Özdemir, 2002a).

Toprakların strüktürel dayanıklılıkları ve erozyona karşı duyarlılıkları ile mekaniksel kuvvetler karşısındaki davranışlarını değerlendirmek için çeşitli ölçütler, oranlar, indeksler ve faktörler geliştirilmiştir. Yapılan birçok çalışmada, toprakların kil içeriği, katyon değişim kapasitesi (KDK), organik madde içeriği, kireç, pH... gibi bazı pedolojik özellikleri ile strüktürel dayanıklılık ve erozyona karşı duyarlılık ölçütleri arasındaki ilişkiler incelenmiş ve bu ilişkilere dayanılarak bir yaklaşım değeri olarak toprakların aşınabilirlikleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma, Bafra ovası yüzey topraklarının strüktürel dayanıklılık ve erozyona karşı duyarlılıklarının belirlenmesi, önemli fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri ile erozyona duyarlılık ölçütleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Yurdumuzun işlenebilir tarım arazilerinin en önemli sorunlarından birisi toprak aşınımıdır. Toprakların strüktürel dayanıklılığı ve aşınmaya karşı duyarlılığı ile fiziksel-kimyasal özellikleri hem toprak yönetimi hem de bitki yetiştiriciliği açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle toprak işlemeli tarım arazileri için en uygun toprak, bitki ve arazi yönetimlerinin seçilebilmesinde toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri ile aşınımına karşı duyarlılıklarının bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Sönmez (1980), katyon değişim kapasitesi arttıkça, agregat stabilitesi değerinin ve erozyona dayanıklılığın arttığını, iki özellik arasında yüksek pozitif ilişkiler bulunduğunu tespit etmiştir. Katyon değişim kapasitesi yüksek toprakların, agregasyon değerinin de yüksek olduğunu, bunun da kil miktarı, kil tipi ve organik maddeye bağlı olarak farklılık gösterdiğini ileri sürmüştür. Ergene (1993) ve Sezen (1995), toprakların organik madde ve kil içeriği arttıkça, katyon değişim kapasitelerinin de arttığını belirtmişlerdir.

Ngatunga ve ark. (1984), erozyona karşı çok hassas olan topraklarda, aşınım duyarlılık (K) faktörü ile erozyon arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve toprakların erozyona uğrama eğilimlerini kil oranı, dispersiyon oranı ve erozyon oranı gibi ölçütler yardımıyla değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar dispersiyon oranı ile aşınım faktörü arasında önemli ilişkiler elde etmişlerdir.

Smith ve ark. (1985), mekaniksel özellikler arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapmış oldukları araştırmada, organik madde, kil içeriği, KDK, özgül yüzey alanı ve higroskopik su değerleri ile likit limit (LL), plastik limit (PL) ve doğrusal uzama katsayısı (COLE) değerleri arasında önemli pozitif ilişkiler saptamışlardır.

Miller ve Baharuddin (1986), yüzey toprağın dispersiyonunun erozyon üzerine yapacağı etkiyi incelemek amacıyla yürütmüş oldukları bir çalışmada, dispersiyon oranı ile aşınım değeri arasında önemli bir ilişki elde etmişlerdir.

Akalan ve ark. (1991), Orta Anadolu Bölgesi topraklarının bazı fiziksel özellikleri ile aşınım duyarlılık arasındaki ilişkileri belirlemek üzere, söz konusu bölgede yer alan beş büyük toprak grubundan alınan toprak örnekleri üzerinde yürüttükleri bir çalışmada; toprakların organik madde, bünye analizi, su geçirgenliği gibi bazı fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, elde ettikleri bu temel toprak özelliklerinden yararlanarak, bölgede yaygın olarak bulunan toprak gruplarına ilişkin toprak aşınım faktörü

değerlerini Wischmeier ve Smith (1978) tarafından geliştirilen abak yardımıyla belirlemişler ve toprakları aşınabilirlik yönünden sınıflandırmışlardır.

Lehrsch ve ark. (1991), farklı tekstür, organik madde ve minerolojik yapıya sahip altı toprak örneğinde, farklı sayıdaki donma ve çözülme ile nem içeriğinin agregat stabilitesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar toprağın içerdiği nem miktarına bağlı olarak donma ve çözülme sayısı arttıkça agregat stabilitesinin azaldığını saptamışlardır.

Özdemir (1991), toprağa ilave edilen çeşitli organik atıkların, toprağın bazı fiziksel ve mekaniksel özelliklerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmacı elde ettiği bulgular sonucunda, agregat stabilitesi, strüktür stabilite indeksi, dispersiyon oranı, geçirgenlik oranı, erozyon oranı, Boekel oranı ve toprak aşınım faktörü (K) parametreleri ile söz konusu toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin büyük bir çoğunluğunu istatistiksel bakımdan önemli olarak tespit etmiştir.

Canbolat (1992), 14 killi toprak üzerinde yaptığı bir laboratuvar çalışmasında, topraklara ahır gübresi ve buğday samanı uygulamasının, agregat stabilitesi ve kırılma değeri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmacı %0.5, 1.0, 2.0, 4.0 seviyelerinde ve 6 hafta süre ile yürüttüğü bu araştırma sonucunda, ilave edilen düzenleyici seviyelerine uygun olarak, toprakların kırılma değerlerinde bir azalma, agregat stabilitesi değerlerinde ise artış olduğunu saptamıştır.

Özden (1992), Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan bazı büyük toprak gruplarının aşınımına duyarlılığını ortaya koymak üzere yürüttüğü bir çalışmada, kil oranı, dispersiyon oranı, erozyon oranı ve geçirgenlik oranı gibi ölçütleri esas almış ve araştırma sonunda söz konusu ölçütler arasında saptadığı ilişkilerin istatistiksel açıdan önemli olduğunu bildirmiştir.

Shiralipour ve ark. (1992), yaptıkları bir çalışmada, topraklara kompost uygulamasının, toprak fiziksel özelliklerini geliştiren stabil organik madde sağladığını, aynı zamanda toplam gözeneklilik, agregat stabilitesi ve su tutma kapasitesi gibi özellikleri de iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

Özbek (1993), Doğu Anadolu Bölgesi topraklarının erozyona uğrama eğilimlerini ortaya koymak üzere gerçekleştirdiği bir araştırmada; kil oranı, strüktür stabilite indeksi, agregat stabilitesi, geçirgenlik oranı, dispersiyon oranı, erozyon oranı, Boekel oranı ve toprak aşınım faktörü gibi ölçütleri belirlemiş ve bu ölçüt değerlerine göre

alışmasına konu olan topraklarının tümünün, erozyona karşı dayanıksız olduğunu ifade etmiştir.

zdemir (1993), bitki mnavebesinin toprağın strüktürel dayanıklılığı ve erozyona duyarlılığı üzerine etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirdiği bir çalışmada, deneme konusu toprakları strüktürel dayanıklılık bakımından; strüktürel dayanıklılık ölçütü, hava geçirgenliğinin su geçirgenliğine oranı ve agregat stabilitesi değerlerini esas alarak birbirleri ile karşılaştırmış ve bir sıraya koymuştur. Erozyona dayanıklılık bakımından ise dispersiyon oranı, erozyon oranı ve toprak aşınım faktörü (K) değerlerini birer ölçüt olarak ele almıştır. Araştırıcı, gerek dispersiyon oranı ve gerekse erozyon oranı için verilen sınır değerlere göre çalışma konusu toprakların erozyona karşı dayanıksız olduğunu, münavebe sisteminin etkilerinin ise münavebede yer alan bitki çeşidi ile mnavebenin uygulanma şekline bağlı olarak değiştiğini söylemiştir.

Demiralay ve Aslan (1994), toprakların doygunluk yüzdesi ile likit limit değeri arasındaki farkın önemlilik durumunu ve başlangıç nem içeriğinin toprak macununun büzülmesine etkisini incelemek amacı ile bir çalışma yapmışlardır. Araştırıcılar denemede tın bünye ile killi arasında değişen bünyelere sahip beş toprak rneği kullanmışlardır. Yapılan analizler neticesinde, toprak örneklerindeki doygunluk yüzdesinin likit limitten önemli ($P<0.01$) derecede yüksek bulunduğu ve toprak büzülme testinde kullanılan macunun başlangıç nem içeriğinin (doygunluk yüzdesi veya likit limit) büzülme limitini etkilemediği ancak hacimsel büzülmeyi pozitif, büzülme sonu hacim ağırlılığını negatif yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

Sönmez (1994) ve Aksoy (1968), toprakta değişebilir kalsiyum ve magnezyum toplamları ile agregasyon arasında önemli pozitif ilişkiler elde etmişlerdir. Kil, organik madde, kalsiyum ve magnezyumun, toprakların strüktürel dayanıklılığını artırarak, erozyona uğrama eğilimlerini azalttığını ifade etmişlerdir. Akalan (1973), kalsiyumun toprak kolloidlerini floküle ederek, agregat stabilitesini ve erozyona dayanıklılığı arttırdığını tespit etmiştir. Araştırıcı kalsiyum ve magnezyumun hakim olduğu durumlarda potasyumun agregat stabilitesine etki etmediğini ileri srmştur.

Aşkın (1997), Ordu ili topraklarının erozyona uğrama eğilimlerini ortaya koymak amacıyla laboratuvar analizlerine dayalı olarak gerçekleştirdiği bir çalışmada, strüktür stabilite indeksi, agregat stabilitesi, kil oranı, geçirgenlik oranı, dispersiyon oranı, erozyon oranı ve toprak aşınım faktörü (K) gibi ltleri esas almış ve bu kriterlere göre

çalışmada söz konusu toprakların tamamına yakını “erozyona karşı dayanıksız” şeklinde nitelendirmiştir.

Candemir (1998), Çarşamba Ovası yüzey topraklarının erozyona uğrama eğilimlerini belirlemek üzere yapmış olduğu bir çalışmada, araştırma konusu toprakların kil, silt/kil, katyon değişim kapasitesi ve organik madde içeriği gibi temel özellikleri ile strüktürel dayanıklılığı ve erozyona karşı duyarlılığı ortaya koymada esas alınan ölçütlerden strüktür stabilite indeksi, kil oranı, dispersiyon oranı, erozyon oranı, toprak aşınım faktörü gibi ölçütler arasında istatistiksel bakımdan önemli ilişkiler olduğunu belirlemiştir.

Cihacek (1999), aşırı derecede erozyona uğramış alanlar üzerinde yürüttüğü bir çalışmada, yıllık bazda uygulanan çiftlik gübresinin, toprak kalitesinde dikkate değer bir iyileştirme sağlamadığını ancak fiziksel ve kimyasal özelliklerin iyileştirilmesi bakımından uygulamaların tekrarlanması gerektiğini ifade etmiştir. Araştırmacı, agregat stabilitesini esas alarak yaptığı değerlendirmelerde, fiziksel ve kimyasal özelliklerde, uzun süreli uygulamalar neticesinde önemli değişimler meydana geldiğini ve en iyi sonucun, yüksek dozdaki (15 ton/acre) uygulamasından sağlandığını belirtmiştir.

Oğuz ve Noyan (2000), eğimli bir arazide topografyaya bağlı olarak toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile erozyona uğramaya eğilimlerindeki değişimleri incelemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Toprak örneklerini iki farklı derinlikten (0–20 ve 20–40cm) alan araştırmacılar, deneme sonucunda arazinin tepe kısmına olan mesafenin artmasıyla toprakta tuz, kil, P_2O_5 içeriği ile solma noktasının yükseldiğini, pH değeri, $CaCO_3$ ve kum içeriğinin ise azaldığını belirtmişlerdir. Araştırmacıların açıkladığı bir diğer nokta da çalışma alanına ait toprağın erozyona uğrama eğiliminin, meyilli arazinin tepe kısmından etek kısmına doğru gidildikçe azaldığıdır.

Sidiras ve ark. (2001), bitki kök gelişiminin toprak özelliklerinden hacim ağırlığı, gözeneklilik, penetrasyon direnci ve ortalama ağırlıklı çap değerleriyle önemli ilişkiler içerisinde olduğunu belirtmişlerdir.

Gülser ve ark., (2002a), Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit Kampüsü topraklarının erozyona uğrama eğilimlerini ve strüktürel dayanıklılığını belirlemek üzere yaptıkları bir çalışmada, söz konusu alanı teşkil eden toprak serilerine ait örneklerde, toprak aşınım faktörü (K), strüktür stabilite indeksi, dispersiyon oranı, erozyon oranı gibi parametreleri belirlemişlerdir. Araştırmacılar, Ondokuz Mayıs

Üniversitesi Kurupelit Kampusü'nde yer alan beş adet toprak serisi üzerinde yürütülen bu çalışmanın sonucunda, İncesu, Kurupelit ve Oyumca serilerinin potansiyel erozyon riskini “orta düzeyde” olarak açıklamışlardır.

Gülser ve ark. (2002b), n değerinin toprakların strüktürel stabilitesinin bir göstergesi olarak kullanılıp kullanılmayacağını belirlemek üzere yürüttükleri bir araştırma sonucunda, 129 toprak örneğine ait n değerinin, toprak aşınım faktörü (K) ve erozyon oranı ile önemli derecede pozitif ilişki içerisinde olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, kil bünyeli sınıfa giren toprakların n değerinin, strüktür stabilite indeksi ile önemli derecede negatif ilişki içerisinde olduğunu ortaya koymuşlardır. Elde ettikleri veriler neticesinde ise n değerinin, strüktür stabilite indeksinin bir göstergesi olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Özdemir (2002b), ana materyal ve arazi kullanım şekillerinin toprak aşınabilirliği üzerine olan etkisini belirlemek üzere Erzurum yöresinde üç farklı kullanım şekli altındaki toprakları konu alan bir çalışma yürütmüştür. Dispersiyon oranı ve erozyon oranı kriterlerini esas alarak değerlendirmeler yapan araştırmacı, aşınabilirliğin ana materyalin çeşidi ve arazi kullanımından önemli ölçüde etkilendiğini belirlemiştir. Araştırmacı, toprak ana materyalinin erozyona duyarlılık üzerindeki etkilerinin az duyarlıdan duyarlıya doğru, Andezit<Bazalt<Allüviyal<Jips şeklinde sıralandığını ifade etmiş, arazi kullanım şekillerinin etkilerini ise mera<yonca<mısır şeklinde saptamıştır.

Toprak organik maddesi ile agregat stabilitesi arasında yakın bir ilişki vardır. Ancak toplam organik maddeden çok ilave olunan tam olarak ayrışmamış organik madde ile agregat stabilitesi daha yakın ilişki vermektedir (Shepherd ve ark., 2002).

Canbolat ve Kaya (2004), toprakların büzülme karakterlerinin değerlendirilmesinde sıkça kullanılan likit limit, plastik limit ve büzülme limitini esas alarak toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile söz konusu kıvam limitleri arasındaki ilişkileri ve strüktürde bozulmaya neden olmaksızın toprağın işlenmesinde uygun nem aralığının belirlenmesini araştırmışlardır. Araştırmacılar Casagrande, Cone penetrometresi, Casagrande tek nokta ve Cone penetrometrede tek nokta yöntemini esas alarak yaptıkları değerlendirme sonucunda strüktürde herhangi bir bozulmaya neden olmaksızın toprak işleme nem değerinin %25 olduğunu belirlemişlerdir.

Gülser ve Candemir (2004), farklı organik atıkların toprağın Atterberg limitleri üzerine etkilerini araştırmak üzere yürüttükleri bir çalışmada, çiftlik gübresi, fındık

zurufu, çay atığı ve tütün atığının dört faklı dozunu çalışma konusu topraklara uygulamışlardır. Deneme sonucunda atıkların uygulanma oranları (%) arttıkça, toprakların likit limit ve plastik limit değerlerinin yükseldiğini tespit etmişlerdir. Araştırıcılar, organik atık uygulamalarına göre, likit limit değerlerinin artış sırasını; çiftlik gübresi<tütün atığı<çay atığı<fındık zurufu şeklinde, plastik limit değerlerinin artış sırasını ise yine organik atık uygulamalarına göre; çay atığı<çiftlik gübresi<fındık zurufu<tütün atığı şeklinde belirtmişlerdir.

zdemir ve ark. (2004), asit toprağa ilave edilen zeolit, kireç, PAM ve biyokatı gibi organik ve inorganik düzenleyicilerin toprağın agregat stabilitesi değeri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırıcılar deneme sonucunda; ilave edilen düzenleyicilerin agregat stabilitesi değerini önemli ölçüde artırdığını ve artışın ilave edilen organik ya da inorganik düzenleyicilerin çeşit ve dozuna bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyaller

3.1.1. Bafra Ovası'nın Coğrafik Yeri

Araştırma alanı, ülkemizin Kuzeyinde Orta Karadeniz Bölgesi'nde 41° 28'-41° 45' kuzey enlemleri ve 35° 50'-36° 08' doğu boylamları arasında Kızılırmak ile yan derelerin oluşturduğu delta ovasında yer almaktadır. Bafra Ovası, Samsun ilinin 23km batısındaki Çakırlar mevkiinden başlayıp, batıda Yakakent mevkiine kadar uzanmaktadır. Ova güneyde Canik dağlarının uzantıları ile sınırlandırılmıştır.

Ovaya adını veren Bafra ilçesi Kızılırmak nehrinin kenarında yer almakta olup Samsun iline 50km uzaklıktadır. Ovanın sağ tarafında Derbent tepesi (240m), Kışla tepesi (231m), Çandır tepesi (177m), Keller tepesi (311m) ve Kavak tepe (237m) yükseltileri yer almaktadır. Ovanın su kaynaklarını Kızılırmak, Mera, Tatlı, Fındıklı, Dolap, Karaman, Tofurlar dereleri ve Engiz çayı oluşturmaktadır (Yüksel ve Dengiz.1996).

Bafra ilçesi 175000ha'lık bir arazi varlığına sahiptir. Mevcut arazinin %47'sini tarım arazileri, %37.2'sini orman ve fundalıklar, %5.5'ini de çayır ve mera araziler oluşturmaktadır. Arazilerin %10.3'ünü ise bataklıklar ve sel yatağı gibi elverişsiz alanlar teşkil etmektedir (Apan ve Köknar, 1988).

3.1.2. Topografya ve Jeolojik Durum

Araştırma alanı yaklaşık 80000ha taban ve yamaç pozisyonundaki arazilerden oluşmaktadır. Taban araziler IV. jeolojik zamana ait alüvyonlardan meydana gelmişlerdir. Bafra ovasındaki allüvyallerin büyük bir kısmı Dereköy, Muştı, Taşgedik, Gökçeboğaz ve Uluçay gibi yan derelerin taşıyıp getirdiği malzeme ile alt kısımda (2m) yer alan deniz ve göl sedimentlerinden ibarettir (Bayraklı ve Özdemir. 1988a.b).

Yamaç arazilerde neojen devre ait sedimentler kayalar (marn, kil taşı, silt taşı ve çakıllı seriler) ve eosen devrine ait flişler (kum taşı, kil taşı, marn ve kısmen de kireç taşları) yer almaktadır.

Mezozoik formasyonlar, araştırma alanının doğusunda gri renkte, ince ve orta tabakalanmalı kum taşı, kil taşı, marn katmanlarının sıralanmasıyla oluşmuştur. Kırıklı ve kıvrımlıdır. Eğim ve doğrultuları değişkendir.

Araştırma alanında, Derbent çayı yakın çevresinde görülen Eosen formasyonlarından bazalt ve andezitler konglomera, volkanik breş ve tüfler ayrışmalı, kırıklı ve parçalı yapıdadırlar. Bölgede yaygın olarak görülen Neojen kökenli oluşumlar Eosen yaşı, fliş serisi üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadırlar. Yüzeyde gri kahve renkli siltli kil, daha derinde silt taşı, marn ve konglomera seviyeleri görülmektedir.

Kuaterner formasyonu olarak, Allüvyon-Teras depozitleri, ovada eski ve yeni allüvyonlar olmak üzere geniş bir alanı kaplar (Yüksel ve Dengiz.1996). Akkan (1970)'e göre araştırma alanı jeomorfoloji yönünden 5 ana bölüme ayrılmıştır. Bunlar sırasıyla, delta düzlüğü ve dar kıyı ovaları, Kızılırmak eski deltası, eski kıyı aşınım yüzeyi, yamaçlar ve yüksek aşınım düzlükleridir. Bunlardan en yaygın olanları delta düzlüğü ve Kızılırmak eski deltasıdır.

3.1.3. İklim

Bafra ovasında Orta Karadeniz Bölgesi'nde görülen ılıman iklim özellikleri hakimdir. Yağışlar batıdan doğuya doğru artar. Ayrıca sahilden ova içine doğru yağışlarda bir miktar artış görülür. Bafra'ya hakim rüzgarlar havanın rutubetini azaltır. Yıllık ortalama yağış 796,5mm ve ortalama nispi nem ise %70'in üzerindedir (Çizelge 3.1). İlçede en soğuk aylar Ocak ve Şubat, en sıcak ay ise Ağustos'tur.

3.1.4. Toprak Örneklerinin Alındıkları Yerler

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri Bafra Ovasını temsil edecek şekilde harita üzerinde belirlenen noktalardan yararlanılarak alınmıştır. Toprak örnekleri 2005 yılı Haziran ayı içerisinde, yüzeyden ve 0-20cm derinlikten alınmıştır. Örneklerin alındıkları yerleri gösteren tanımlayıcı bilgiler Çizelge 3.2'de, ilgili köyleri gösteren harita ise Şekil 3.1'de verilmiştir.

3.2. Yöntemler

3.2.1. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Araziden alınan toprak örnekleri polietilen torbalara konulup etiketlenerek laboratuara getirilmiştir. Havada kurutulan toprak örnekleri 2mm'lik elekten elenmiş ve

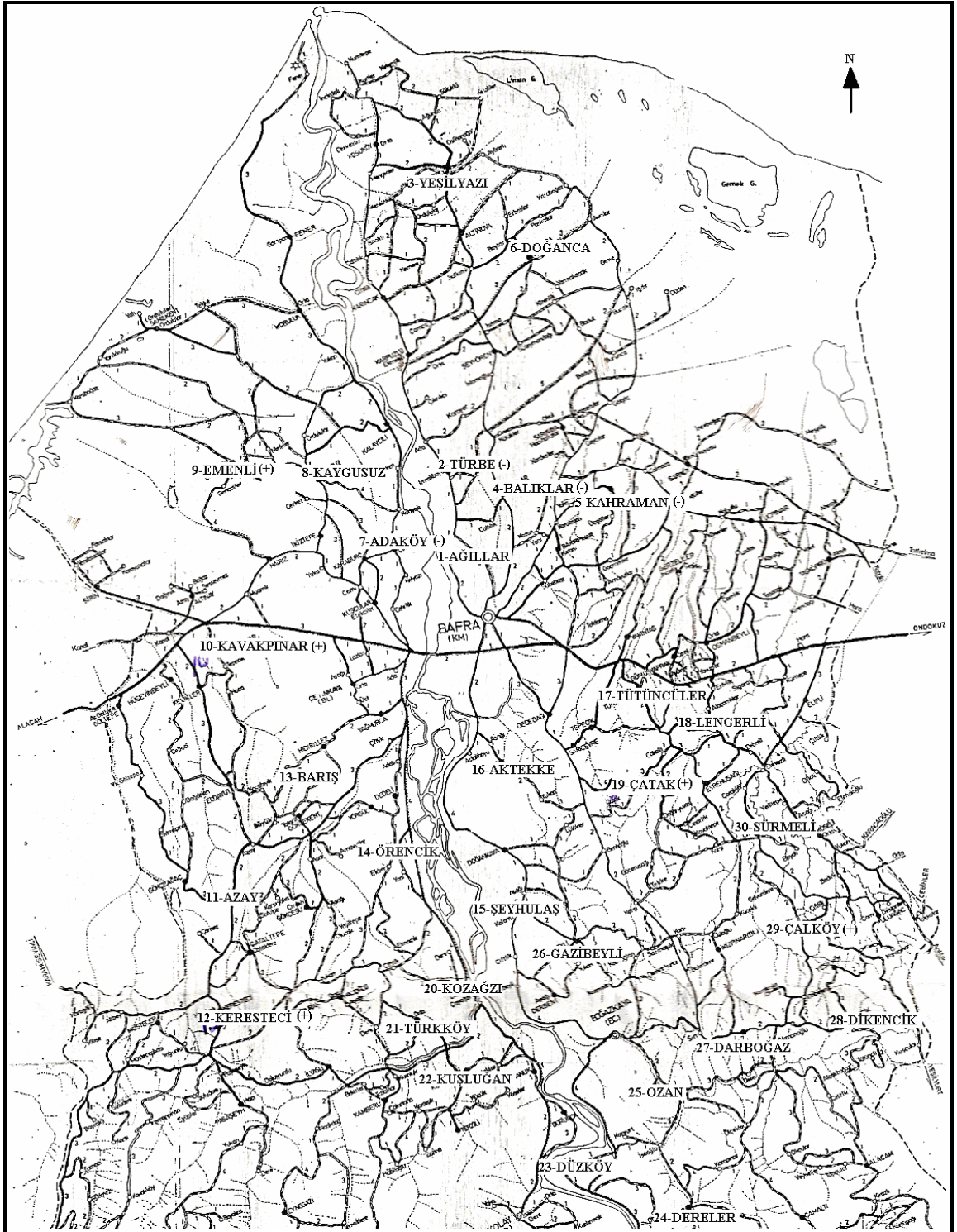
elenen kısımlar polietilen torbalara konulduktan sonra fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmak üzere muhafaza edilmiştir (Rowell,1996).

Çizelge 3.1. Araştırma alanına ait 1988–2005 yılları arası aylık ve yıllık ortalama meteoroloji verileri (Anonim 2005)

Aylar	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)	Nisbi Nem (%)	Buharlaşma (mm)
	Max.	Min.	Ort.			
Ocak	8.5	3.3	5.6	75.7	75.2	-
Şubat	9.2	2.6	5.5	60.0	74.8	-
Mart	11.6	4.2	7.3	58.2	77.2	-
Nisan	15.7	7.8	11.0	57.9	79.7	2.7
Mayıs	19.5	11.5	15.1	55.0	79.0	3.5
Haziran	24.2	16.1	19.7	48.4	76.0	4.8
Temmuz	27.2	18.8	22.9	24.4	73.9	7.5
Ağustos	27.5	19.3	23.1	36.4	75.1	7.2
Eylül	23.8	15.6	19.2	69.0	77.6	3.6
Ekim	19.7	12.3	15.4	109.0	78.5	2.2
Kasım	15.2	8.1	11.0	103.5	73.6	1.7
Aralık	10.5	5.3	7.5	99.0	73.8	1.7
Yıllık toplam	212.6	124.9	163.3	796.5	914.4	34.9
Yıllık ort.	17.7	10.4	13.6	66.5	76.2	3.5

Çizelge 3.2. Toprak örneklerinin alındıkları yerlere ait koordinat ve yükseklik değerleri

Köy No	Rakım (m)	Koordinatlar	
		Kuzey	Doğu
1	15	41° 35' 408"	35° 54' 522"
2	4	41° 37' 297"	35° 56' 210"
3	6	41° 42' 055"	35° 58' 250"
4	8	41° 36' 248"	35° 56' 239"
5	53	41° 35' 586"	05° 57' 386"
6	6	41° 36' 824"	36° 00' 213"
7	15	41° 35' 359"	35° 53' 183"
8	16	41° 37' 284"	35° 52' 355"
9	15	41° 38' 347"	35° 51' 174"
10	11	41° 35' 991"	35° 48' 947"
11	172	41° 32' 357"	35° 46' 613"
12	278	41° 30' 518"	35° 44' 814"
13	86	41° 32' 452"	35° 47' 943"
14	39	41° 31' 013"	35° 49' 785"
15	37	41° 29' 826"	35° 52' 093"
16	31	41° 32' 456"	35° 52' 678"
17	68	41° 32' 270"	35° 56' 298"
18	107	41° 31' 442"	35° 56' 854"
19	67	41° 29' 958"	36° 00' 284"
20	55	41° 29' 775"	35° 49' 897"
21	62	41° 28' 205"	35° 48' 575"
22	60	41° 27' 604"	35° 46' 693"
23	65	41° 25' 060"	35° 50' 362"
24	68	41° 25' 220"	35° 52' 251"
25	44	41° 26' 086"	35° 52' 366"
26	30	41° 28' 963"	35° 52' 121"
27	334	41° 26' 031"	35° 54' 478"
28	410	41° 25' 174"	35° 56' 694"
29	147	41° 27' 127"	35° 56' 968"
30	94	41° 28' 371"	35° 57' 098"



Şekil 3.1. Çalışmaya konu olan toprak örneklerinin alındıkları yerler

3.2.2. Laboratuvar Analiz Yöntemleri

Mekanik Analiz

Toprakların bünye tayininde “Bouyoucos Hidrometre Yöntemi” uygulanmıştır (Gee ve Bauder, 1986).

Organik Madde

Toprak organik maddesi, “Walkley-Black” yaş yakma yöntemi kullanılarak titrimetrik olarak belirlenmiş ve % şeklinde ifade edilmiştir (Kacar, 1994).

Reaksiyon (pH)

Toprakların pH değerleri 1:1 toprak-su süspansiyonunda cam elektrotlu pH-metre ile ölçülmüştür (Bayraklı, 1987).

Elektriksel İletkenlik (EC)

Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri, 1:1 toprak-su süspansiyonunda, cam elektrotlu elektriksel iletkenlik aleti kullanılarak ölçülmüştür (Bayraklı, 1987).

Kireç (CaCO_3)

Toprakların kireç miktarı, “Scheibler Kalsimetresi” ile hacimsel olarak belirlenmiştir (Kacar, 1994).

Azot (N)

Toprak örnekleri Kjeldhal yaş yakma yöntemine göre konsantre H_2SO_4 ile yakıldıktan sonra azot destile edilmiş ve titrimetrik olarak toplam azot miktarı belirlenmiştir (Kacar, 1994).

Tarla Kapasitesi (TK) ve Solma Noktası (SN)

Örneklerin tarla kapasitesi (1/3 atmosfer) ve solma noktasındaki (15 atmosfer) nem yüzdeleri basınçlı tabla aleti kullanılarak tayin edilmiştir (Black, 1965).

pF 2 Değeri

Örneklerin pF 2 değerleri (0.1 atmosfer) basınçlı tabla aleti kullanılarak tayin edilmiştir (Black, 1965).

Dane Yoğunluğu

Toprak örneklerinin dane yoğunluğu değerleri piknometre yöntemi ile belirlenmiştir (Demiralay, 1993).

Kasyon Değişim Kapasitesi (KDK)

Örneklerin katyon değişim kapasiteleri “Bower” yöntemine göre belirlenmiştir. Değişim kompleksleri önce sodyum ve sonra da amonyum ile doyurulmuş ve açığa çıkan sodyum miktarı atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (AAS) okunmuştur (U.S. Salinity Lab. Staff., 1954).

Değişebilir Katyonlar

Değişebilir Na, K, Ca ve Mg miktarları Richards (1954), tarafından bildirildiği şekilde toprak örnekleri 1.0 N Amonyum Asetat (pH=7) ile ekstrakte edilmiştir. Ekstrakta Na ve K, AAS’de , Ca ve Mg ise EDTA titrasyonu yolu ile tayin edilmiştir.

Agregat Stabilitesi (AS)

Toprak örneklerinin agregat stabilitesi değerlerinin tayininde, “Islak Eleme” yöntemi kullanılmıştır. Çap büyüklükleri 1-2mm arasında olan toprak fraksiyonları, 0.250mm’lik elek üzerine aktarılmış, 5 dakika su içerisinde ıslatılmış ve 5 dakika da su içerisinde “Yoder” tipi ıslak eleme aleti kullanılarak elenmiştir. Eleklerin dalış uzunluğu 5.5cm ve dalış sıklığı da 30devir.dakika⁻¹ olarak seçilmiştir. Agregat stabilitesi değeri aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmış ve yüzde olarak ifade edilmiştir (Demiralay, 1993).

$$AS = \frac{(\text{Stabil agregatlar} + \text{kum ağırlığı}) - \text{kum ağırlığı}}{\text{Toprak örneği ağırlığı} - \text{kum ağırlığı}} \times 100$$

Dispersiyon Oranı (DO)

Bu oran toprağın su içerisinde dispers edilmesinden önce ve sonra silt+kil fraksiyonlarının hidrometre ile ölçülmesi ve aşağıdaki eşitliğin kullanılması ile belirlenmiştir (Bryan, 1968).

$$DO = \frac{\text{Süspansiyonda ölçülen toplam (silt+kil)}}{\text{Mekanik analizde ölçülen toplam (silt+kil)}} \times 100$$

Likit Limit (LL)

Toprakların likit limit değerleri, “Casagrande” aleti kullanılarak belirlenmiştir (Sowers, 1965).

Plastik Limit (PL)

Nemli toprağın 3mm’lik iplikler haline getirilmesi esnasında dağılmaya başladığı anda sahip olduğu nem miktarına göre belirlenmiştir (Sowers, 1965).

Erozyon Oranı (EO)

Toprakların erozyon oranı değerleri toprağın su içerisinde dispers edilmesinden önce ve kalgonla dispers edildikten sonra silt+kil fraksiyonlarının hidrometre ile ölçülmesi, kil içerikleri ve tarla kapasitesi değerlerinden yararlanılarak aşağıdaki eşitliğin kullanılması ile belirlenmiştir (Ngatunga ve ark.,1984).

$$EO = \frac{\text{Süspansiyonda ölçülen toplam (silt+kil)}}{\text{Mekanik analizde ölçülen toplam (silt+kil)}} \times \frac{\text{Nem eşdeğeri}}{\text{Kil, \%}} \times 100$$

Toprak aşınım Faktörü(K)

Topraklara ilişkin aşınım faktörü değerleri (Üniversal Toprak Kayıp Denklemi'ndeki K parametresi), toprakların bazı fiziksel özelliklerinden yararlanılarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Wischmeier ve Smith, 1978).

$$K = 2.8 \times 10^{-7} \times M^{1.14} \times (12 - a) + 4.3 \times 10^{-3} (b - 2) + 3.3(c - 3) \times 10^{-3}$$

Burada:

M: Zerre irilik parametresi,

a: Organik madde içeriği (%),

b: Strüktür tipi ve sınıfı kodu,

c: Su geçirgenliği sınıfı kodudur.

Strüktür Stabilité İndeksi (SSI)

Bu değer, hidrometre okumalarına dayanılarak ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Leo, 1963).

$$SSI = \sum a - \sum b$$

Burada:

$\sum a$: Mekanik analizde ölçülen (silt+kil) fraksiyonları toplamı, %

$\sum b$: Agregatlardan süspansiyona dispers olan (silt+kil) fraksiyonları toplamı, %

Boekel Oranı (BO)

Bu oran likit limit ve plastik limit sınırındaki nem içeriği değerlerinin pF 2'deki nem yüzdesine ayrı ayrı oranlanması ile hesaplanmıştır (Boekel, 1956).

Kil Oranı

Mekanik analizde elde edilen verilerden yararlanılarak ve aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$KO_1 = \frac{\text{Toplam(kum + silt),\%}}{\text{Toplam(kil),\%}} \text{ (Chandra ve De, 1978)}$$

$$KO_2 = \frac{\text{Toplam(kil),\%}}{\text{Toplam(kum + silt),\%}} \text{ (Römkens, 1985)}$$

$$KO_3 = \frac{\text{Toplam(kum),\%}}{\text{Toplam(kil + silt),\%}} \text{ (Ngatunga ve ark., 1984)}$$

Aşınabilirlik İndeksi (E)

Toprak örneklerin aşınabilirlik indeksi değerleri, dispersiyon oranı, tarla kapasitesi ve agregat stabilitesi verilerinden yararlanılarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Vosnesensky ve ark., 1940).

$$E = \frac{\text{Dispersiyon oranı} \times \text{Tarla kapasitesi}}{\text{Agregat stabilitesi}}$$

İstatistiksel Yöntem

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde TARİST bilgisayar paket programından yararlanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Araştırma konusu toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Bu çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere araştırma konusu toprakların kil içerikleri %20.57–57.99, silt içerikleri %21.43–43.45, kum içerikleri ise %16.35–55.39 arasında değişmekte olup topraklar genellikle ince (16 örnek) ve orta derecede ince (12 örnek) tekstürlüdürler. Toprakların pH değerleri (1:1 toprak-su süspansiyonu) 7.10–8.15 arasında değişmekte olup topraklar çoğunlukla “hafif derecede alkalın” bir reaksiyona sahiptirler. Toprakların organik madde içerikleri %0.92–3.25 arasında değişmekte olup genel itibariyle topraklar orta derecede (%2–3) ve az (%1–2) organik madde içeriğine sahiptirler. Topraklarda serbest kireç içeriği değerleri %0.31–44.87 arasında değişmekte olup kireç içeriği yönünden topraklar değişkenlik göstermektedirler. Toprakların toplam azot içerikleri %0.080–0.195 arasında değişmekte olup genelde yeterli düzeyde N ihtiva etmektedirler. Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri tuzlu topraklar için verilen sınır değerlerin (2.0 dS/m) altında olup topraklarda tuzluluk problemi bulunmamaktadır (Soil Survey Man., 1993).

Araştırma konusu toprakların değişebilir Ca içerikleri 11.167–51.833 me/100gr, değişebilir Mg içerikleri 2.833–9.833 me/100gr, değişebilir Na içerikleri 0.563–2.372 me/100gr, değişebilir K içerikleri 0.179–1.761 me/100gr, toplam değişebilir katyon değerleri 17.496–57.821 me/100gr, pF 2'deki nem içerikleri %26.16–49.53, tarla kapasitesi değerleri %19.00–42.20, solma noktası değerleri %9.16–29.58, likit limit değerleri %28.60–70.80, plastik limit değerleri %19.94–39.53, plastiklik indeksi değerleri %4.98–36.71 ve özgül ağırlık değerleri 2.008–2.459 gr/cm³ arasında değişmektedir.

Çizelge 4.1. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

No	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür sınıfı	pH	EC _{25°C} (dS/m)	OM (%)	N (%)
1	18.53	40.37	41.10	SİC	7.65	0.265	2.27	0.165
2	41.15	26.57	32.18	CL	7.70	0.415	1.40	0.099
3	41.41	24.17	34.42	CL	7.55	0.190	2.24	0.180
4	31.08	43.45	25.47	L	7.35	0.215	1.92	0.140
5	28.30	41.98	29.72	CL	7.30	0.265	1.63	0.110
6	25.31	35.64	39.05	CL	7.60	0.265	2.93	0.195
7	40.40	30.69	28.91	CL	7.90	0.250	1.95	0.097
8	16.72	29.53	53.75	C	7.50	0.215	3.00	0.195
9	16.35	27.43	56.22	C	7.60	0.440	2.90	0.190
10	21.41	34.27	44.32	C	7.30	0.440	2.04	0.130
11	19.90	23.44	56.66	C	7.60	0.300	2.69	0.155
12	21.65	32.08	46.27	C	7.30	0.340	2.75	0.180
13	27.20	29.81	42.99	C	7.65	0.795	2.58	0.105
14	18.98	27.87	53.15	C	7.25	0.435	2.06	0.090
15	40.45	37.90	21.65	L	7.60	0.240	1.02	0.085
16	33.48	34.22	32.30	CL	7.50	0.240	1.50	0.095
17	26.66	31.65	41.69	C	7.70	0.170	0.92	0.080
18	27.75	35.50	36.75	CL	7.60	0.215	2.68	0.140
19	20.55	25.21	54.24	C	7.80	0.170	2.13	0.125
20	31.73	27.32	40.95	C	7.70	0.390	2.16	0.165
21	28.10	25.56	46.34	C	7.40	0.290	2.69	0.165
22	41.49	27.15	31.36	CL	7.50	0.390	1.97	0.135
23	28.88	30.05	41.07	C	8.15	0.190	3.00	0.160
24	30.01	28.57	41.42	C	7.25	0.410	1.29	0.090
25	55.39	24.04	20.57	SCL	7.50	0.215	1.83	0.100
26	35.54	26.36	38.10	CL	8.10	0.190	2.03	0.115
27	51.50	21.43	27.07	SCL	7.50	0.220	1.56	0.098
28	50.02	27.45	22.53	SCL	7.10	0.415	3.25	0.170
29	23.16	27.49	49.35	C	7.20	0.465	2.54	0.135
30	18.20	23.81	57.99	C	7.65	0.800	2.25	0.150
max	55.39	43.45	57.99	-	8.15	0.800	3.25	0.195
min	16.35	21.43	20.57	-	7.10	0.170	0.92	0.080
ort	30.38	30.03	39.59	-	7.55	0.330	2.17	0.130

Çizelge 4.1. (Devamı) Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

No	CaCO ₃ (%)	Ca (me/100g)	Mg (me/100g)	Na (me/100g)	K (me/100g)	KDK (me/100gr)
1	9.02	26.667	7.333	1.500	0.691	36.191
2	11.11	23.167	6.666	1.312	0.199	31.344
3	1.28	17.500	9.667	2.372	0.726	30.265
4	0.61	11.167	5.000	0.873	0.456	17.496
5	0.56	13.167	7.000	0.664	0.179	21.010
6	0.97	20.833	7.500	1.145	1.230	30.708
7	11.93	21.833	6.500	0.664	0.323	29.320
8	3.94	29.667	9.833	1.312	1.432	42.244
9	5.33	31.333	9.167	1.198	1.031	42.729
10	0.31	25.167	6.500	0.769	0.264	32.700
11	6.71	49.833	6.167	0.740	0.514	57.254
12	12.24	37.500	3.833	0.687	0.561	42.581
13	18.44	51.833	4.834	0.740	0.414	57.821
14	44.87	29.167	3.833	0.769	0.348	34.117
15	13.47	21.000	5.333	0.687	0.743	27.763
16	11.99	27.000	4.833	1.435	0.514	33.782
17	15.67	32.167	4.333	0.576	0.298	37.374
18	0.97	21.000	7.167	0.625	0.576	29.368
19	21.51	33.833	3.834	0.740	0.323	38.730
20	17.21	36.500	4.167	0.609	0.779	42.055
21	19.06	34.667	3.166	0.584	0.562	38.979
22	15.57	26.167	2.833	0.565	0.414	29.979
23	19.47	28.333	2.834	0.563	0.514	32.244
24	1.23	25.500	3.667	0.596	0.348	30.111
25	4.61	27.167	3.333	0.563	0.428	31.491
26	3.79	27.833	4.500	0.954	0.624	33.911
27	1.43	18.333	5.667	0.643	0.499	25.142
28	1.23	25.500	7.667	0.567	1.761	35.495
29	3.59	38.000	6.667	0.569	0.691	45.927
30	0.92	35.167	5.000	0.625	0.625	41.417
max	44.87	51.833	9.833	2.372	1.761	57.821
min	0.31	11.167	2.833	0.563	0.179	17.496
ort	9.30	28.233	5.628	0.855	0.602	35.318

Çizelge 4.1. (Devamı) Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

No	pF 2 (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	SN (%)	TK (%)	Özgül ağırlık (gr/cm ³)
1	40.49	45.50	27.28	18.23	19.64	33.78	2.378
2	33.40	31.40	21.46	9.95	12.78	27.14	2.459
3	38.20	39.50	23.38	16.13	16.89	31.05	2.335
4	33.51	30.15	20.77	9.38	9.89	25.40	2.439
5	34.09	32.55	19.94	12.61	11.61	26.81	2.386
6	43.94	47.00	25.00	22.00	21.43	36.02	2.250
7	32.43	32.00	22.30	9.71	10.54	25.79	2.432
8	49.53	63.00	33.70	29.30	24.69	42.20	2.180
9	40.67	64.40	31.33	33.07	23.33	33.41	2.156
10	33.85	48.95	26.56	22.40	18.62	26.63	2.209
11	45.85	70.80	34.10	36.71	29.08	38.54	2.057
12	39.02	56.40	31.41	24.99	21.63	31.77	2.131
13	45.79	66.40	39.53	26.87	29.58	38.49	2.008
14	35.72	45.60	26.85	18.76	18.32	28.50	2.382
15	26.16	28.60	23.63	4.98	9.16	19.00	2.420
16	31.25	37.00	22.10	14.91	15.83	24.06	2.402
17	36.02	44.05	23.95	20.10	18.05	28.79	2.309
18	37.79	41.00	24.80	16.20	18.48	30.55	2.320
19	39.15	49.85	27.81	22.04	19.27	31.90	2.199
20	42.55	51.20	28.81	22.40	22.77	35.27	2.248
21	38.73	49.90	27.92	21.98	19.63	31.48	2.274
22	31.54	34.90	23.19	11.71	12.35	24.34	2.453
23	35.61	41.25	25.80	15.46	15.02	28.38	2.382
24	35.69	41.65	23.53	18.13	16.30	28.46	2.308
25	29.95	34.70	25.83	8.88	11.00	22.77	2.362
26	36.98	41.70	23.83	17.88	15.85	29.74	2.318
27	34.21	41.80	27.68	14.13	13.87	26.99	2.299
28	36.42	44.15	30.10	14.05	16.85	29.19	2.267
29	44.74	56.45	33.79	22.66	24.69	37.44	2.171
30	45.54	58.65	30.65	28.00	24.25	38.24	2.167
max	49.53	70.80	39.53	36.71	29.58	42.20	2.459
min	26.16	28.60	19.94	4.98	9.16	19.00	2.008
ort	37.63	45.68	26.90	18.79	18.05	30.40	2.290

4.2. Toprakların Aşınabilirliklerine İlişkin Parametreler

Toprakların strüktürel dayanıklılık ve erozyona karşı duyarlılıklarının değerlendirilmesinde yapısal stabilite, su tutma ve su taşıma özellikleri ile Boekel oranı gibi laboratuvar koşullarında ölçülebilen yaklaşımlar içerisinde yer alan indeksler esas alınmıştır.

4.2.1. Yapısal Stabilitayı Esas Alan İndeksler

4.2.1.1. Dispersiyon Oranı

Araştırma konusu topraklarda, toprağın dispers olabilir durumdaki silt ve kil fraksiyonları toplamının, toplam silt ve kil fonksiyonlarına oranlanması ile elde edilen dispersiyon oranı değerleri Çizelge 4.2’de ve bu oran değeri ile diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ise Çizelge 4.3’de verilmiştir. Bu verilerin incelenmesinden de görüleceği üzere topraklarda söz konusu oran değerleri %11.85 (10 numaralı örnek) ile %54.05 (15 numaralı örnek) arasında değişmektedir.

Araştırma konusu örneklerde, dispersiyon oranı değerleri ile toprakların kum içeriği ($r=0.68^{**}$) ve özgül ağırlık ($r=0.77^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; kil içeriği ($r=-0.82^{**}$), katyon değişim kapasitesi ($r=-0.68^{**}$), silt+kil içeriği ($r=-0.68^{**}$), tarla kapasitesi ($r=-0.66^{**}$), değişebilir Ca ($r=-0.66^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=-0.68^{**}$), pF 2’deki nem içeriği ($r=-0.66^{**}$), solma noktası ($r=-0.78^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; EC ($r=-0.43^{*}$) ve organik madde ($r=-0.45^{*}$) değerleri arasında % 5 düzeyinde önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların silt içeriği, pH, kireç, değişebilir Na, K ve Mg kapsamı ile dispersiyon oranı değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenmemiştir.

Dispersiyon oranı değeri yağışın etkisi ile toprak strüktüründe meydana gelen değişimin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup oran değeri %15’den küçük olan topraklar erozyona karşı dayanıklıdır (Ngatunga ve ark., 1984; Lal, 1988). Bu değerlendirme esas alındığında araştırma konusu toprak örneklerinden 9, 10, 12 ve 29 numaralı örnekler dayanıklı, diğerleri ise dayanıksız olarak nitelendirilebilirler. Dispersiyon oranı sınır değeri esas alınarak yapılan değerlendirmede topraklar arasında

dayanıklı, dayanıksız ayrımı yapılmakta ancak dayanıklılık veya dayanıksızlığın kendi içerisinde herhangi bir ayrımı yapılamamaktadır.

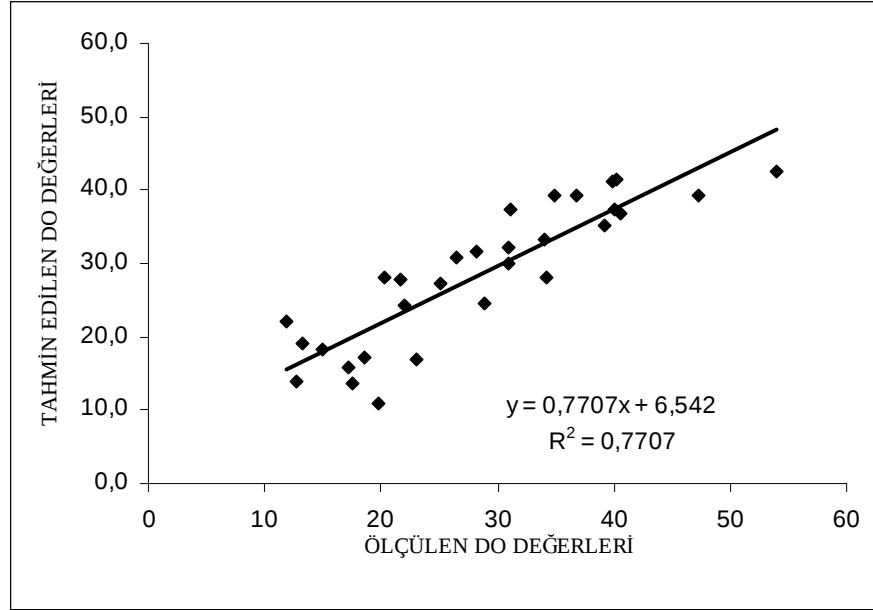
Toprakların dispersiyon oranı değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanışları, bir başka ifade ile erozyona karşı dayanıklılık bakımından dayanıklıdan daha az dayanıklıya doğru dizilişleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere dispersiyon oranı değeri düşük olan ve ilk sıralarda yer alan örneklerin, organik madde, kil içeriği ve KDK değerleri yüksek, sıralamada son sıralarda yer alan ve oran değeri yüksek olan örneklerin ise organik madde, kil içeriği ve KDK değerleri düşüktür. Bu durum muhtemelen söz konusu bileşenlerin agregasyonu teşvik etmiş olmasından kaynaklanmaktadır.

Ergene (1993), toprakların organik madde ve kil içeriği arttıkça, katyon değişim kapasitelerinin de arttığını belirtmiştir. Sönmez (1980), katyon değişim kapasitesi yüksek toprakların, erozyona karşı dayanıklılıklarının yüksek olduğunu, bunun da kil miktarı, kil tipi ve organik maddeye bağlı olarak farklılık gösterdiğini ileri sürmüştür.

Toprakların dispersiyon oranı değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; kil oranı₁ ($r=0.81^{**}$), kil oranı₃ ($r=0.62^{**}$), aşınabilirlik indeksi ($r=0.83^{**}$), erozyon oranı ($r=0.94^{**}$) ve toprak aşınım faktörü ($r=0.81^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; kil oranı₂ ($r=-0.78^{**}$), agregat stabilitesi ($r=-0.91^{**}$), plastiklik indeksi ($r=-0.83^{**}$), Boekel oranı₁ ($r=-0.76^{**}$), likit limit ($r=-0.81^{**}$), plastik limit ($r=-0.66^{**}$) ve strüktür stabilite indeksi ($r=-0.92^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif ilişkiler elde edilmiştir. Toprakların Boekel oranı₂ değerleri ile dispersiyon oranı değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Araştırma konusu örneklere ait genel toprak özellikleri ile toprakların strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametreler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayıları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Bu analiz sonuçlarından ve kil içeriği, organik madde kapsamı, elektriksel iletkenlik, KDK gibi temel toprak analizlerine ilişkin verilerden yararlanılarak toprakların erozyona karşı duyarlılıkları “ $y = -58.276 - [(kil$

içeriği $\times 0.608$)+(özgül ağırlık $\times 45.948$)-(solma noktası $\times 0.312$)]” denklemi yardımıyla tahmin edilebilir (Şekil 4.1) .



Şekil 4.1. Ölçülen ve çoklu ilişki (kil içeriği, özgül ağırlık ve solma noktası) ile tahmin edilen DO değerleri arasındaki ilişki

Çizelge 4.2. Toprakların strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılık ölçütlerine ilişkin değerler

No	DO (%)	AS (%)	EO (%)	K faktörü	SSI (%)	Kil oranı ₁	Kil oranı ₂	Kil oranı ₃	BO ₁	BO ₂	E
1	30.99	17.74	25.46	0.035	56.23	1.433	0.698	0.227	1.124	0.674	59.01
2	36.79	10.39	31.02	0.038	37.11	2.104	0.475	0.700	0.940	0.643	96.08
3	33.98	27.44	30.65	0.031	38.69	1.905	0.525	0.707	1.034	0.612	38.45
4	40.16	12.08	40.05	0.040	41.45	2.926	0.342	0.451	0.900	0.620	84.44
5	40.62	12.83	36.64	0.034	42.57	2.365	0.423	0.395	0.955	0.585	84.87
6	34.18	34.86	31.52	0.028	49.17	1.561	0.641	0.339	1.070	0.569	35.31
7	47.25	6.98	42.15	0.029	31.44	2.459	0.407	0.678	0.987	0.688	120.58
8	22.99	56.07	18.05	0.021	64.14	0.860	1.162	0.201	1.272	0.680	17.30
9	12.79	75.78	7.60	0.016	72.96	0.779	1.284	0.195	1.583	0.770	5.64
10	11.85	74.36	7.12	0.020	69.27	1.256	0.796	0.272	1.446	0.785	4.24
11	19.75	76.90	13.43	0.015	64.27	0.765	1.307	0.248	1.544	0.744	9.90
12	15.02	71.47	10.31	0.021	65.88	1.161	0.861	0.276	1.445	0.805	6.68
13	18.65	73.83	16.70	0.022	59.24	1.326	0.754	0.374	1.450	0.863	9.72
14	28.93	31.37	15.51	0.025	57.59	0.881	1.134	0.234	1.276	0.752	26.28
15	54.05	9.79	47.44	0.044	27.33	3.619	0.276	0.679	1.093	0.653	104.92
16	40.08	20.65	29.85	0.036	39.86	2.096	0.477	0.503	1.184	0.707	46.69
17	20.24	60.19	13.97	0.026	58.50	1.399	0.715	0.364	1.223	0.665	9.68
18	28.27	49.73	23.50	0.027	51.81	1.721	0.581	0.384	1.085	0.656	17.37
19	17.13	71.38	10.07	0.017	65.85	0.844	1.185	0.259	1.273	0.710	7.65
20	25.10	54.85	21.62	0.028	51.14	1.442	0.693	0.465	1.203	0.677	16.14
21	22.03	61.98	14.97	0.019	56.07	1.158	0.864	0.391	1.288	0.721	11.19
22	34.95	15.14	27.13	0.032	38.06	2.189	0.457	0.709	1.107	0.735	56.19
23	26.48	41.42	18.29	0.025	52.30	1.435	0.697	0.406	1.158	0.725	18.14
24	21.62	53.30	14.85	0.029	54.86	1.414	0.707	0.429	1.167	0.659	11.54
25	39.88	39.14	44.14	0.027	26.82	3.861	0.259	1.242	1.159	0.862	23.20
26	30.98	50.22	24.18	0.032	44.49	1.625	0.616	0.551	1.128	0.644	18.35
27	39.15	43.49	39.04	0.023	29.52	2.694	0.371	1.062	1.222	0.809	24.30
28	31.09	38.65	40.27	0.030	34.44	3.439	0.291	1.001	1.212	0.827	23.48
29	13.20	76.52	10.01	0.018	66.70	1.026	0.974	0.301	1.262	0.755	6.46
30	17.47	75.04	11.52	0.015	67.51	0.724	1.380	0.222	1.288	0.673	8.90
max	54.05	76.90	47.44	0.044	72.96	3.861	1.38	1.242	1.583	0.863	120.58
min	11.85	6.98	7.12	0.015	26.82	0.724	0.259	0.195	0.900	0.569	4.24
ort	28.52	44.79	23.90	0.027	50.51	1.749	0.712	0.476	1.203	0.709	33.42

Çizelge 4.3. Toprak özellikleri ile seçilen ölçütler arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları

	DO%	AS%	EO%	K	SSI	KO ₁	KO ₂	KO ₃	BO ₁	BO ₂	E
Kum%	0.68**	-0.52**	0.79**	0.50**	-0.91**	0.86**	-0.83**	0.98**	-0.49**	ns	0.383*
Silt%	ns	-0.45*	ns	0.56**	ns	ns	ns	ns	-0.40*	-0.44*	0.483**
Kil%	-0.82**	0.74**	-0.91**	-0.78**	0.93**	-0.96**	0.98**	-0.82**	0.68**	ns	-0.625**
Silt+Kil	-0.68**	0.52**	-0.79**	-0.50**	0.91**	-0.86**	0.83**	-0.98**	0.49**	ns	-0.384*
pH	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
EC	-0.43*	0.39*	-0.37*	ns	0.38*	ns	0.37*	ns	0.42*	ns	ns
OM	-0.45*	0.41*	ns	-0.52**	0.42*	-0.36*	0.40*	ns	0.40*	ns	-0.443*
Kireç	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DO,%	1.000	-0.91**	0.94**	0.81**	-0.92**	0.81**	-0.78**	0.62**	-0.76**	ns	0.832**
AS,%	-0.91**	1.000	-0.81**	-0.88**	0.79**	-0.66**	0.73**	-0.45*	0.84**	0.44*	-0.884**
TK,%	-0.66**	0.64**	-0.60**	-0.65**	0.70**	-0.73**	0.72**	-0.58**	0.48**	ns	-0.549**
SN,%	-0.78**	0.79**	-0.73**	-0.73**	0.79**	-0.77**	0.77**	-0.61**	0.75**	ns	-0.695**
pF 2	-0.66**	0.65**	-0.59**	-0.65**	0.70**	-0.72**	0.72**	-0.59**	0.48**	ns	-0.561**
LL, %	-0.81**	0.85**	-0.74**	-0.82**	0.80**	-0.74**	0.82**	-0.57**	0.86**	0.38*	-0.720**
PL,%	-0.66**	0.75**	-0.53**	-0.71**	0.59**	-0.48**	0.61**	ns	0.79**	0.61**	-0.625**
PI,%	-0.83**	0.83**	-0.80**	-0.81**	0.86**	-0.83**	0.88**	-0.67**	0.82**	ns	-0.710**
Özgül ağırlık	0.77**	-0.89**	0.65**	0.79**	-0.71**	0.59**	-0.67**	0.44*	-0.82**	-0.43*	0.719**
Ca+Mg	-0.68**	0.74**	-0.65**	-0.67**	0.63**	-0.60**	0.67**	-0.42*	0.79**	0.48**	-0.582**
Mg	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ca	-0.66**	0.73**	-0.65**	-0.65**	0.60**	-0.58**	0.63**	-0.38*	0.77**	0.52**	-0.593**
Na	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0.36*	ns
K	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
KDK	-0.68**	0.73**	-0.64**	-0.66**	0.63**	-0.61**	0.67**	-0.42*	0.78**	0.46*	-0.581**
EO,%	0.94**	-0.81**	1.000	0.75**	-0.94**	0.92**	-0.85**	0.76**	-0.71**	ns	0.739**
BO ₁	-0.76**	0.84**	-0.71**	-0.79**	0.71**	-0.57**	0.70**	-0.40*	1.000	0.65**	-0.731**
BO ₂	ns	0.44*	ns	-0.47**	ns	ns	ns	ns	0.65**	1.000	-0.443*
KO ₁	0.81**	-0.66**	0.92**	0.69**	-0.90**	1.000	-0.89**	0.85**	-0.57**	ns	0.585**
KO ₂	-0.78**	0.73**	-0.85**	-0.79**	0.89**	-0.89**	1.000	-0.76**	0.70**	ns	-0.596**
KO ₃	0.62**	-0.45*	0.76**	0.41*	-0.87	0.85**	-0.76**	1.000	-0.40*	ns	ns
SSI	-0.92**	0.79**	-0.94**	-0.74**	1.000	-0.91**	0.89**	-0.87**	0.71**	ns	-0.666**
K Aşınım	0.81**	-0.88**	0.75**	1.000	-0.74**	0.69**	-0.79**	0.41*	-0.79**	-0.46**	0.771**

** : % 1 düzeyinde önemli, * : % 5 düzeyinde önemli, ns : önemsiz

Çizelge 4.4. Toprakların strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılık ölçütlerine göre sıralanışları-1

Örnek No	DO %	Örnek No	AS %	Örnek No	SSI %	Örnek No	Kil Oranı ₁	Örnek No	Kil Oranı ₂
10	11.85	11	76.90	9	72.955	30	0.724	30	1.380
9	12.79	29	76.52	10	69.270	11	0.765	11	1.307
29	13.20	9	75.78	30	67.510	9	0.779	9	1.284
12	15.02	30	75.04	29	66.700	19	0.844	19	1.185
19	17.13	10	74.36	12	65.880	8	0.860	8	1.162
30	17.47	13	73.83	19	65.845	14	0.881	14	1.134
13	18.65	12	71.47	11	64.270	29	1.026	29	0.974
11	19.75	19	71.38	8	64.135	21	1.158	21	0.864
17	20.24	21	61.98	13	59.235	12	1.161	12	0.861
24	21.62	17	60.19	17	58.500	10	1.256	10	0.796
21	22.03	8	56.07	14	57.590	13	1.326	13	0.754
8	22.99	20	54.85	1	56.230	17	1.399	17	0.715
20	25.10	24	53.3	21	56.065	24	1.414	24	0.707
23	26.48	26	50.22	24	54.860	1	1.433	1	0.698
18	28.27	18	49.73	23	52.295	23	1.435	23	0.697
14	28.93	27	43.49	18	51.810	20	1.442	20	0.693
26	30.98	23	41.42	20	51.135	6	1.561	6	0.641
1	30.99	25	39.14	6	49.170	26	1.625	26	0.616
28	31.09	28	38.65	26	44.490	18	1.721	18	0.581
3	33.98	6	34.86	5	42.570	3	1.905	3	0.525
6	34.18	14	31.37	4	41.450	16	2.096	16	0.477
22	34.95	3	27.44	16	39.860	2	2.104	2	0.475
2	36.79	16	20.65	3	38.685	22	2.189	22	0.457
27	39.15	1	17.75	22	38.060	5	2.365	5	0.423
25	39.88	22	15.14	2	37.110	7	2.459	7	0.407
16	40.08	5	12.83	28	34.440	27	2.694	27	0.371
4	40.16	4	12.08	7	31.440	4	2.926	4	0.342
5	40.62	2	10.39	27	29.520	28	3.439	28	0.291
7	47.25	15	9.79	15	27.325	15	3.619	15	0.276
15	54.05	7	6.98	25	26.820	25	3.861	25	0.259

4.2.1.2. Agregat Stabilitesi (AS)

Araştırma konusu toprakların agregat stabilitesi değerleri Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Bu verilerin incelenmesinden de görüleceği üzere stabilite değerleri %6.98–76.90 arasında değişmektedir. AS değeri, toprağın yapısal dayanıklılığını ifade eden bir parametre olup stabilite değeri arttıkça toprakların erozyona karşı dayanıklılıkları artmaktadır. Bu parametre yardımı ile yapılan tarımsal uygulama ve işlemlerin toprağın erozyona karşı dayanıklılıklarını ne ölçüde etkiledikleri değerlendirilebilmektedir (Özdemir ve Aşkın, 2003).

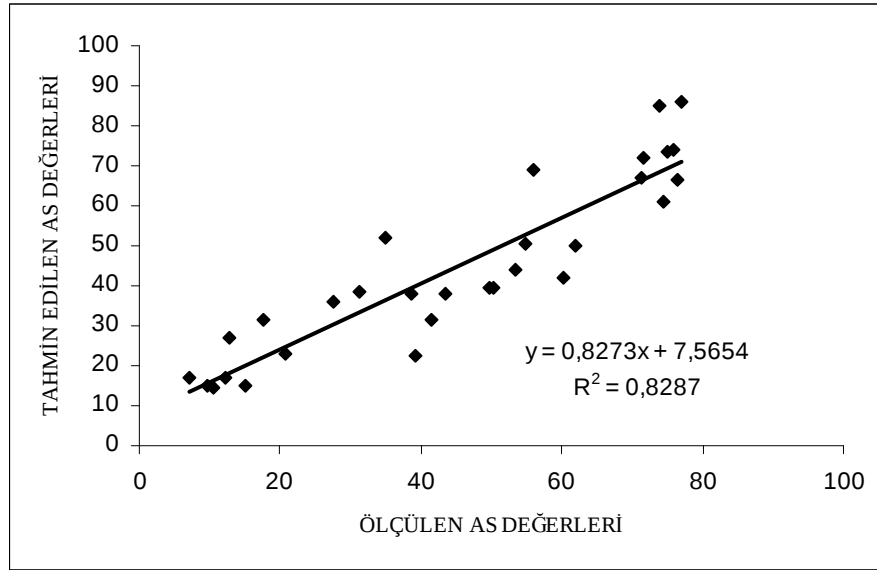
Araştırma konusu örneklerde, agregat stabilitesi değerleri ile toprakların kil içeriği ($r=0.74^{**}$), silt+kil içeriği ($r=0.52^{**}$), tarla kapasitesi ($r=0.64^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=0.74^{**}$), değişebilir Ca ($r=0.73^{**}$), katyon değişim kapasitesi ($r=0.73^{**}$), solma noktası ($r=0.79^{**}$), pF 2’deki nem içeriği ($r=0.65^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; kum içeriği ($r=-0.52^{**}$) ve özgül ağırlık ($r=-0.89^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; silt içeriği ($r=-0.45^{*}$) değeri ile % 5 düzeyinde önemli negatif; EC ($r=0.39^{*}$) ve organik madde ($r=0.41^{*}$) değerleri ile % 5 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların pH, kireç, değişebilir Na, K ve Mg kapsamaları ile agregat stabilitesi değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenmemiştir.

Toprakların agregat stabilitesi değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanışları, bir başka ifade ile erozyona karşı duyarlılık bakımından dizilişleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere stabilite değeri yüksek olan ve ilk sıralarda yer alan örneklerin, organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin yüksek, sıralamada son sıralarda yer alan ve agregat stabilitesi değeri düşük olan örneklerin ise organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir.

Toprakların agregat stabilitesi değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; likit limit ($r=0.85^{**}$), plastik limit ($r=0.75^{**}$), plastiklik indeksi ($r=0.83^{**}$), Boekel oranı₁ ($r=0.84^{**}$), kil oranı₂ ($r=0.73^{**}$), strüktür stabilite indeksi ($r=0.79^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; dispersiyon oranı ($r=-0.91^{**}$), erozyon oranı ($r=-0.81^{**}$), kil oranı₁ ($r=-0.66^{**}$), toprak aşınım faktörü ($r=-0.88^{**}$), aşınabilirlik indeksi ($r=-0.88^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; Boekel oranı₂ ($r=0.44^{*}$) değeri ile % 5 düzeyinde önemli pozitif; kil oranı₃ ($r=-0.45^{*}$) değeri ile % 5 düzeyinde önemli negatif ilişkiler elde edilmiştir.

Araştırma konusu örneklerin agregat stabilitesi değerleri ile toprakların genel özelliklerinden kil içeriği, özgül ağırlık ve değişebilir Ca+Mg kapsamı arasında istatistiksel bakımdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Bu analiz sonuçlarından ve toprakların strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametreler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayılarından yararlanılarak toprakların agregat stabilitesi değerleri “ $y = 392.628 + [(kil\ içeriği \times 0.61) - (özgül\ ağırlık \times 158.52) - (değişebilir\ Ca+Mg \times 0.27)]$ ” denklemi yardımıyla tahmin edilebilir (Şekil 4.2).

Akalan (1973), kalsiyumun toprak kolloidlerini floküle ederek, agregat stabilitesini ve erozyona dayanıklılığı arttırdığını tespit etmiştir. Araştırmacı kalsiyum ve magnezyumun hakim olduğu durumlarda potasyumun agregat stabilitesine etki etmediğini ileri sürmüştür.



Şekil 4.2. Ölçülen ve çoklu ilişki (kil içeriği, özgül ağırlık ve değişebilir Ca+Mg) ile tahmin edilen AS değerleri arasındaki ilişki

4.2.1.3. Strüktür Stabilité İndeksi

Araştırma konusu toprakların strüktürel dayanıklılık durumlarını ortaya koymak amacıyla geliştirilmiş olan ve hidrometre ölçümlerine dayanan strüktür stabilite indeksi

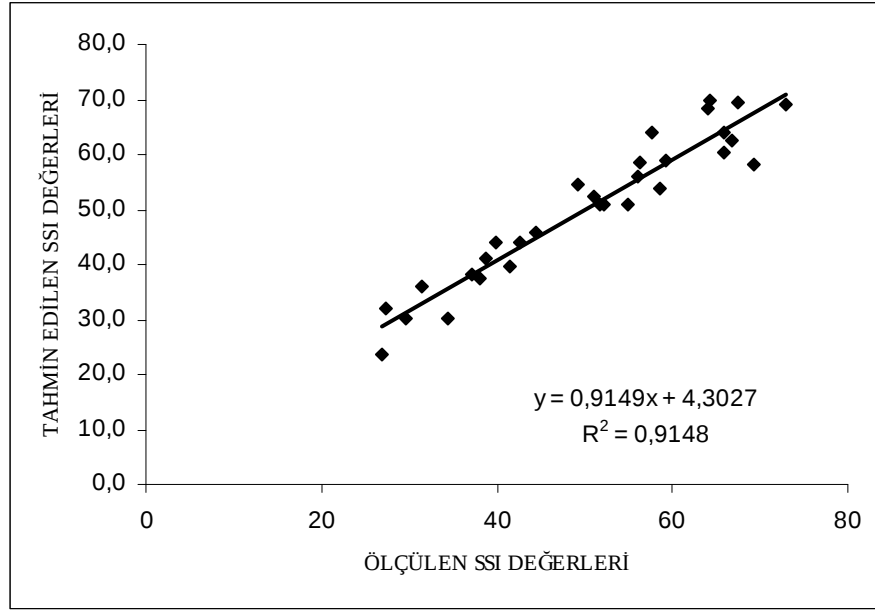
değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere örneklerin strüktür stabilite indeksi değerleri %26.82–72.96 arasında değişmektedir.

Araştırma konusu örneklerde, strüktür stabilite indeksi değerleri ile toprakların kil içeriği ($r=0.93^{**}$), silt+kil içeriği ($r=0.91^{**}$), tarla kapasitesi ($r=0.70^{**}$), solma noktası ($r=0.79^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=0.63^{**}$), değişebilir Ca ($r=0.60^{**}$), pF 2’deki nem içeriği ($r=0.70^{**}$), katyon değişim kapasitesi ($r=0.63^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; kum içeriği ($r=-0.91^{**}$) ve özgül ağırlık ($r=-0.71^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; elektriksel iletkenlik ($r=0.38^{*}$) ve organik madde ($r=0.42^{*}$) değerleri ile % 5 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların pH, kireç, silt içeriği, değişebilir Na, K ve Mg kapsamaları ile strüktür stabilite indeksi değerleri arasında ise herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Toprakların strüktür stabilite indeksi değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanışları, bir başka ifade ile erozyona uğrama eğilimi bakımından dayanıklıdan daha az dayanıklıya doğru sıralanışları Çizelge 4.4’te verilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere stabilite değeri yüksek olan ve ilk sıralarda yer alan örneklerin organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin yüksek, sıralamada son sıralarda yer alan ve indeks değeri düşük olan örneklerin ise organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin de düşük olduğu belirlenmiştir. Leo (1963), tekstürü killi ile kumlu arasında değişen beş toprak üzerinde yapmış olduğu bir araştırmada, toprağın strüktürel dayanıklılık ölçütünün sıfıra yaklaşmasının toprağın erozyona uğrama eğilimini artırdığının bir göstergesi olduğunu bildirmiştir.

Toprakların strüktür stabilite indeksi değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; agregat stabilitesi ($r=0.79^{**}$), likit limit ($r=0.80^{**}$), plastik limit ($r=0.59^{**}$), plastiklik indeksi ($r=0.86^{**}$), Boekel oranı₁ ($r=0.71^{**}$), kil oranı₂ ($r=0.89^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; dispersiyon oranı ($r=-0.92^{**}$), erozyon oranı ($r=-0.94^{**}$), kil oranı₁ ($r=-0.90^{**}$), kil oranı₃ ($r=-0.87^{**}$), toprak aşınım faktörü ($r=-0.74^{**}$) ve aşınabilirlik indeksi ($r=-0.67^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif ilişkiler elde edilmiştir. Toprakların Boekel oranı₂ değerleri ile strüktür stabilite indeksi değerleri arasında herhangi bir ilişki saptanamamıştır.

Araştırma konusu örneklerin strüktür stabilite indeksi değerleriyle toprakların genel özelliklerinden kum içeriği, kil içeriği ve solma noktası değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Korelasyon ilişkileri ve bu temel analiz sonuçlarından yararlanılarak toprakların strüktür stabilite indeksi “ $y = 40.059 - [(kum\ içeriği \times 0.571) - (solma\ noktası \times 0.426) - (kil\ içeriği \times 0.508)]$ ” denklemi yardımı ile tahmin edilebilir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Ölçülen ve çoklu ilişki (kil içeriği, kum içeriği ve solma noktası) ile tahmin edilen SSI değerleri arasındaki ilişki

4.2.1.4. Kil Oranı (KO)

Topraklarda mekanik analiz sonucu elde edilen kum, silt ve kil fraksiyonlarının yüzde değerleri yardımıyla belirlenen kil oranı (KO) değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılabacağı üzere araştırma konusu toprakların kil oranı₁ değerleri %0.724–3.861, kil oranı₂ değerleri %0.259–1.380 ve kil oranı₃ değerleri ise %0.195–1.242 arasında yer almaktadır.

Araştırma konusu örneklerde, kil oranı₁ değerleri ile toprakların kum içeriği ($r=0.86^{**}$) ve özgül ağırlık ($r=0.59^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; pF 2’deki nem içeriği ($r=-0.72^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=-0.60^{**}$), değişebilir Ca ($r=-0.58^{**}$), katyon değişim kapasitesi ($r=-0.61^{**}$), silt+kil içeriği ($r=-0.86^{**}$), kil içeriği

($r=-0.96^{**}$), tarla kapasitesi ($r=-0.73^{**}$) ve solma noktası ($r=-0.77^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; organik madde ($r=-0.36^{*}$) değeriyle % 5 düzeyinde önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların silt içeriği, pH, EC, kireç, değişebilir Mg, Na ve K kapsamaları ile kil oranı₁ değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

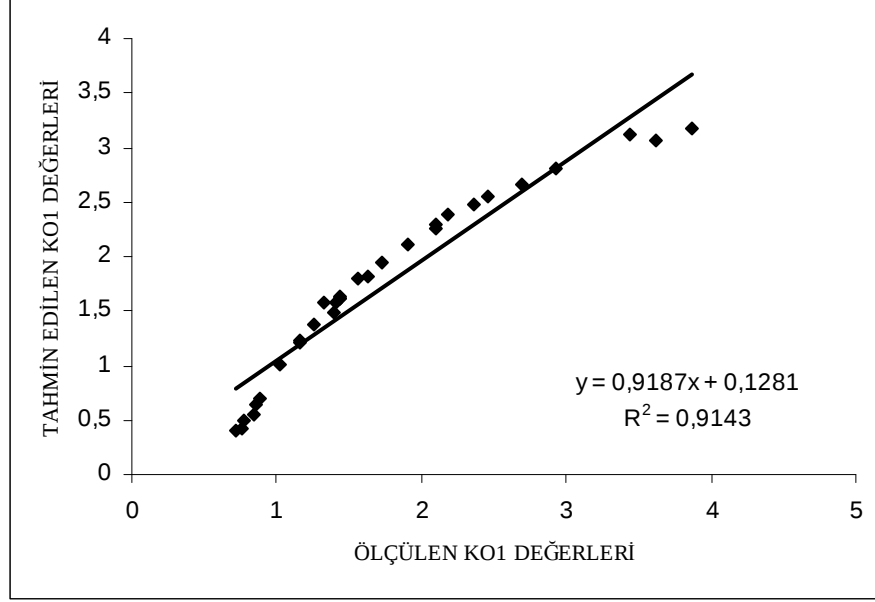
Toprakların kil oranı azaldıkça (kil yüzdeleri arttıkça) erozyona karşı dayanıklılıkları artmakta, oran değeri büyüdükçe ise dayanıklılıkları azalmaktadır. Kil içeriği yüksek olan toprakların aşınmalarının güç, taşınmalarının kolay, siltli toprakların ise erozyona karşı dayanıksız oldukları belirlenmiştir (Özdemir 2002a). Bryan (1968), yapmış olduğu bir çalışmada, kil oranı₁ değerini esas almış ve erozyona dayanıklı topraklarda bu oranın 2'nin altında olduğunu, dayanıksız topraklarda ise 10'a vardığını belirlemiştir.

Topraklar kil oranı₁ değerlerine göre küçükten büyüğe doğru, bir başka ifade ile erozyona karşı dayanıklılıkları bakımından duyarlıdan daha duyarlıya doğru sıraya konulmuşlardır (Çizelge 4.4). Bu çizelgeden de görüleceği üzere kil oranı₁ değerleri düşük olan ve ilk sıralarda yer alan örneklerin, organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin yüksek, kum ve silt içeriklerinin düşük, sıralamada son sıralarda yer alan ve oran değeri yüksek olan örneklerin ise organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin düşük, kum ve silt içeriklerinin yüksek olduğu saptanmıştır.

Toprakların kil oranı₁ değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; dispersiyon oranı ($r=0.81^{**}$), erozyon oranı ($r=0.92^{**}$), toprak aşınım faktörü ($r=0.69^{**}$), kil oranı₃ ($r=0.85^{**}$), aşınabilirlik indeksi ($r=0.59^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; agregat stabilitesi ($r=-0.66^{**}$), likit limit ($r=-0.74^{**}$), plastik limit ($r=-0.48^{**}$), plastiklik indeksi ($r=-0.83^{**}$), kil oranı₂ ($r=-0.89^{**}$), Boekel oranı₁ ($r=-0.57^{**}$) ve strüktür stabilite indeksi ($r=-0.91^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif ilişkiler elde edilmiştir. Toprakların kil oranı₁ değerleriyle Boekel oranı₂ değerleri arasında herhangi bir ilişki elde edilememiştir.

Araştırma konusu örneklerin kil oranı₁ değerleri ile toprakların genel özelliklerinden kil içeriği, OM ve EC değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Korelasyon ilişkileri ve bu temel analiz sonuçlarından yararlanılarak toprakların kil oranı₁ değerleri $y = 4.675 - [(kil\ içeriği \times 0.078) - (organik$

madde $\times 0.038$)-(elektriksel iletkenlik $\times 0.198$)]” denklemi yardımıyla tahmin edilebilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Ölçülen ve çoklu ilişki (kil içeriği, OM ve EC) ile tahmin edilen KO_1 değerleri arasındaki ilişki

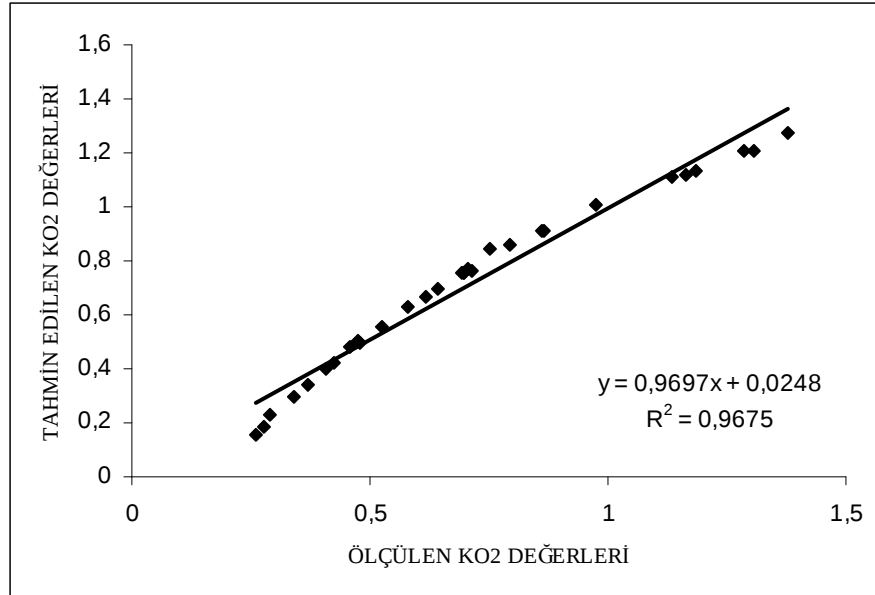
Araştırma konusu örneklerde, kil oranı₂ değerleri ile toprakların silt+kil içeriği ($r=0.83^{**}$), kil içeriği ($r=0.98^{**}$), tarla kapasitesi ($r=0.72^{**}$), pF 2deki nem içeriği ($r=0.72^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=0.67^{**}$), değişebilir Ca ($r=0.63^{**}$), kation değişim kapasitesi ($r=0.67^{**}$), solma noktası ($r=0.77^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; özgül ağırlık ($r=-0.67^{**}$) ve kum içeriği ($r=-0.83^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; organik madde ($r=0.40^*$) ve EC ($r=0.37^*$) değerleri ile arasında % 5 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların silt içeriği, pH, kireç, değişebilir Mg, Na ve K kapsamaları ile kil oranı₂ değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Topraklar kil oranı₂ değerlerine göre büyükten küçüğe doğru, bir başka ifade ile erozyona karşı duyarlılıkları bakımından duyarlıdan daha az duyarlıya doğru sıraya konulmuşlardır (Çizelge 4.4). Bu çizelgeden de görüleceği üzere kil oranı₂ değerleri düşük olan ve ilk sıralarda yer alan örneklerin organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin yüksek, kum ve silt içeriklerinin düşük, sıralamada son sıralarda yer alan

ve oran değeri yüksek olan örneklerin ise organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin düşük, kum ve silt içeriklerinin yüksek olduğu saptanmıştır.

Toprakların kil oranı₂ değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; agregat stabilitesi ($r=0.73^{**}$), likit limit ($r=0.82^{**}$), plastik limit ($r=0.61^{**}$), plastiklik indeksi ($r=0.88^{**}$), Boekel oranı₁ ($r=0.70^{**}$), strüktür stabilite indeksi ($r=0.89^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; erozyon oranı ($r=-0.85^{**}$), dispersiyon oranı ($r=-0.78^{**}$), kil oranı₁ ($r=-0.89^{**}$), kil oranı₃ ($r=-0.76^{**}$), aşınabilirlik indeksi ($r=-0.60^{**}$) ve toprak aşınım faktörü ($r=-0.79^{**}$) değerleri ile arasında % 1 düzeyinde önemli negatif ilişkiler elde edilmiştir. Toprakların kil oranı₂ değeriyle Boekel oranı₂ değerleri arasında herhangi bir ilişki elde edilememiştir.

Araştırma konusu örneklerin kil oranı₂ değerleri ile toprakların genel özelliklerinden kil içeriği, OM ve EC değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Korelasyon ilişkileri ve bu temel analiz sonuçlarından yararlanılarak toprakların kil oranı₂ değerleri “ $y = -0.458 + [(kil\ içeriği \times 0.029) + (organik\ maddex0.003) + (elektriksel\ iletkenlik \times 0.056)]$ ” denklemi yardımıyla tahmin edilebilir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Ölçülen ve çoklu ilişki (kil içeriği, OM ve EC) ile tahmin edilen KO₂ değerleri arasındaki ilişki

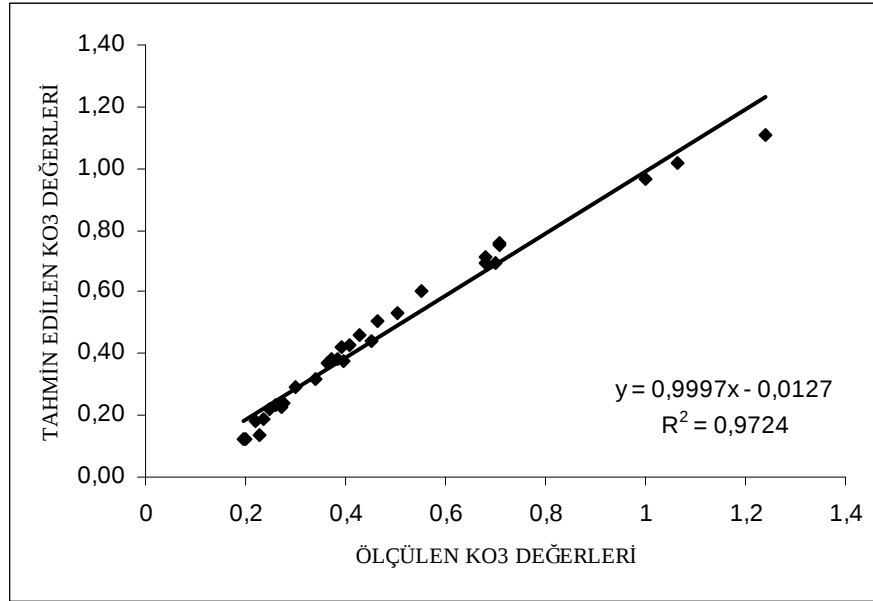
Araştırma konusu örneklerde, kil oranı₃ değerleri ile toprakların kum içeriği ($r=0.98^{**}$) arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; pF 2deki nem içeriği ($r=-0.59^{**}$), silt+kil içeriği ($r=-0.98^{**}$), kil içeriği ($r=-0.82^{**}$), tarla kapasitesi ($r=-0.58^{**}$) ve solma noktası ($r=-0.61^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; özgül ağırlık ($r=0.44^*$) değeriyle arasında % 5 düzeyinde önemli pozitif; katyon değişim kapasitesi ($r=-0.42^*$), değişebilir Ca+Mg ($r=-0.42^*$) ve değişebilir Ca ($r=-0.38^*$) değerleriyle arasında % 5 düzeyinde önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların silt içeriği, pH, kireç, EC, OM içeriği, plastik limit, değişebilir Mg, Na ve K kapsamaları ile kil oranı₃ değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Topraklar kil oranı₃ değerlerine göre küçükten büyüğe doğru, bir başka ifade ile erozyona karşı duyarlılıkları bakımından dayanıklıdan daha az dayanıklıya doğru sıraya konulmuşlardır (Çizelge 4.5). Bu çizelgeden de görüleceği üzere kil oranı₃ değerleri düşük olan ve ilk sıralarda yer alan örneklerin organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin yüksek, kum içeriklerinin düşük, sıralamada son sıralarda yer alan ve oran değeri yüksek olan örneklerin ise organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin düşük, kum içeriklerinin yüksek olduğu saptanmıştır.

Toprakların kil oranı₃ değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; dispersiyon oranı ($r=0.62^{**}$), erozyon oranı ($r=0.76^{**}$), kil oranı₁ ($r=0.85^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; likit limit ($r=-0.57^{**}$), plastiklik indeksi ($r=-0.67^{**}$), kil oranı₂ ($r=-0.76^{**}$), strüktür stabilite indeksi ($r=-0.87^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif ilişkiler elde edilmiştir. Kil oranı₃ ile agregat stabilitesi ($r=-0.45^*$) ve Boekel oranı₁ ($r=-0.40^*$) değerleri arasında % 5 düzeyinde önemli negatif; toprak aşınım faktörü ($r=0.41^*$) değeri ile % 5 düzeyinde önemli pozitif ilişkiler elde edilmiştir. Toprakların kil oranı₃ değerleriyle Boekel oranı₂ ve aşınabilirlik indeksi değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Aşkın (1997), Ordu ili topraklarının aşınımına duyarlılığını ortaya koymak üzere yürüttüğü bir çalışmada kil oranı parametresi ile toprakların çeşitli fiziksel, kimyasal özellikleri ve erozyona karşı duyarlılığı değerlendirmede kullanılan parametreler arasındaki ilişkileri araştırmıştır. Araştırmacı sonuçta söz konusu ölçütler arasında saptadığı ilişkilerin istatistiksel açıdan önemli olduğunu bildirmiştir.

Araştırma konusu örneklerin kil oranı₃ değerleri ile toprakların genel özelliklerinden silt+kil, kil ve kum içerikleri arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Korelasyon ilişkileri ve bu temel analiz sonuçlarından yararlanılarak toprakların kil oranı₃ değerleri “ $y = -50.005 + [(silt+kil \text{ içeriği} \times 0.495) + (kil \text{ içeriği} \times 0.003) + (kum \text{ içeriği} \times 0.523)]$ ” denklemi yardımıyla tahmin edilebilir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Ölçülen ve çoklu ilişki (silt+kil, kil ve kum içerikleri) ile tahmin edilen KO₃ değerleri arasındaki ilişki.

Çizelge 4.5. Toprakların strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılık ölçütlerine göre sıralanışları-2

Örnek No	Kil Oran ₁₃	Örnek No	EO %	Örnek No	K Faktörü	Örnek No	E	Örnek No	BO ₁	Örnek No	BO ₂
9	0.195	10	7.12	30	0.015	10	4.24	9	1.583	25	0.863
8	0.201	9	7.60	11	0.015	9	5.64	11	1.544	27	0.862
30	0.222	29	10.01	9	0.016	29	6.46	13	1.450	28	0.827
1	0.227	19	10.07	19	0.017	12	6.68	10	1.446	29	0.809
14	0.234	12	10.31	8	0.018	19	7.65	12	1.445	22	0.805
11	0.248	30	11.52	14	0.019	30	8.9	21	1.288	23	0.785
19	0.259	11	13.43	29	0.020	17	9.68	30	1.288	19	0.770
10	0.272	17	13.97	21	0.021	13	9.72	14	1.276	21	0.755
12	0.276	24	14.85	12	0.021	11	9.9	19	1.273	26	0.752
29	0.301	21	14.97	10	0.022	21	11.19	8	1.272	30	0.744
6	0.339	14	15.51	13	0.023	24	11.54	29	1.262	24	0.735
17	0.364	13	16.70	17	0.025	20	16.14	17	1.223	17	0.725
13	0.374	8	18.05	24	0.025	8	17.3	27	1.222	20	0.721
18	0.384	23	18.29	1	0.026	18	17.37	28	1.212	18	0.710
21	0.391	20	21.62	23	0.027	23	18.14	20	1.203	13	0.707
5	0.395	18	23.50	20	0.027	26	18.35	16	1.184	16	0.688
23	0.406	26	24.18	6	0.028	25	23.2	24	1.167	10	0.680
24	0.429	1	25.46	26	0.028	28	23.48	25	1.159	15	0.677
4	0.451	22	27.13	18	0.029	27	24.3	23	1.158	7	0.674
20	0.465	16	29.85	3	0.029	14	26.28	26	1.128	9	0.673
16	0.503	3	30.65	16	0.030	6	35.31	1	1.124	1	0.665
26	0.551	2	31.02	2	0.031	3	38.45	22	1.107	12	0.659
7	0.678	6	31.52	22	0.032	16	46.69	15	1.093	14	0.656
15	0.679	5	36.64	5	0.032	22	56.19	18	1.085	8	0.653
2	0.700	27	39.04	7	0.034	1	59.01	6	1.070	2	0.644
3	0.707	4	40.05	27	0.035	4	84.44	3	1.034	4	0.643
22	0.709	28	40.27	4	0.036	5	84.87	7	0.987	3	0.620
28	1.001	7	42.15	28	0.038	2	96.08	5	0.955	11	0.612
27	1.062	25	44.14	15	0.040	15	104.92	2	0.940	5	0.585
25	1.242	15	47.44	25	0.044	7	120.58	4	0.900	6	0.569

4.2.2. Su Taşımın Özelliklerini Esas Alan İndeksler

4.2.2.1. Erozyon Oranı

Araştırma konusu topraklarda, dispersiyon oranı, kil içeriği ve tarla kapasitesi değerlerinden yararlanılarak hesaplanan erozyon oranı değerleri Çizelge 4.2’de ve bu oranla diğer özellikler arasındaki ilişkiler ise Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de görüleceği üzere topraklarda söz konusu oran değerleri %7.12 (10 numaralı örnek) ile %47.44 (15 numaralı örnek) arasında değişmektedir.

Araştırma konusu örneklerde, erozyon oranı değerleri ile toprakların kum içeriği ($r=0.79^{**}$) ve özgül ağırlık ($r=0.65^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; kil içeriği ($r=-0.91^{**}$), katyon değişim kapasitesi ($r=-0.64^{**}$), silt+kil içeriği ($r=-0.79^{**}$), tarla kapasitesi ($r=-0.60^{**}$), değişebilir Ca ($r=-0.65^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=-0.65^{**}$), solma noktası ($r=-0.73^{**}$), pF 2’deki nem içeriği ($r=-0.59^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; EC ($r=-0.37^{*}$) değeri ile arasında % 5 düzeyinde önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların silt içeriği, pH, OM içeriği, kireç, değişebilir Na, K ve Mg kapsamaları ile erozyon oranı değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

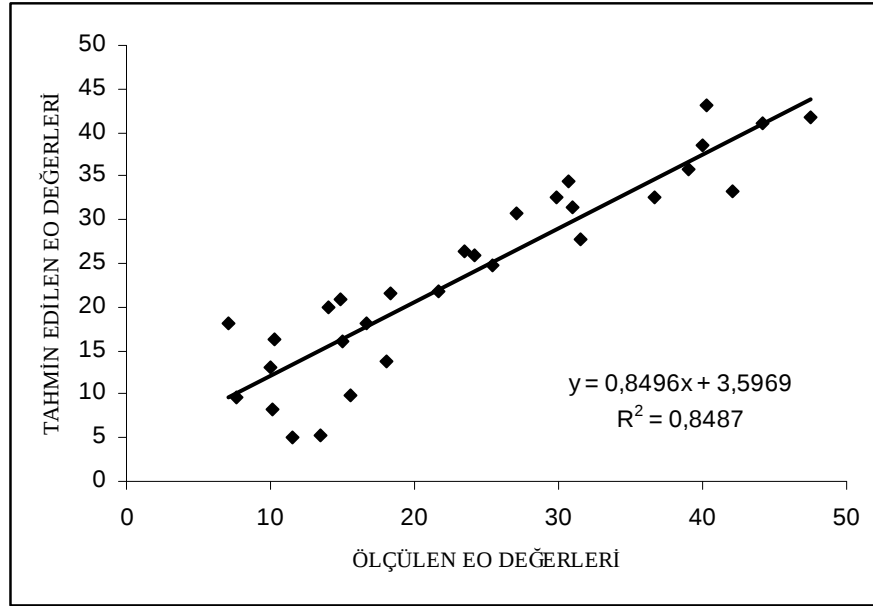
Topraklar dispersiyon oranı değerlerinde olduğu gibi erozyon oranı değerlerine göre de küçükten büyüğe doğru, bir başka ifade ile erozyona karşı duyarlılıkları bakımından duyarlıdan daha duyarlıya doğru sıraya konulmuşlardır (Çizelge 4.5). Bu çizelgeden de görüleceği üzere erozyon oranı değerleri düşük olan ve ilk sıralarda yer alan örneklerin, organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin yüksek, sıralamada son sıralarda yer alan ve oran değeri yüksek olan örneklerin ise organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin düşük olduğu saptanmıştır.

Toprakların erozyon oranı değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; dispersiyon oranı ($r=0.94^{**}$), kil oranı₁ ($r=0.92^{**}$), kil oranı₃ ($r=0.76^{**}$), toprak aşınım faktörü ($r=0.75^{**}$), aşınabilirlik indeksi ($r=0.74^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; kil oranı₂ ($r=-0.85^{**}$), agregat stabilitesi ($r=-0.81^{**}$), likit limit ($r=-0.74^{**}$), plastik limit ($r=-0.53^{**}$), plastiklik indeksi ($r=-0.80^{**}$), Boekel oranı₁ ($r=-0.71^{**}$), strüktür stabilite indeksi ($r=-0.94^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif ilişkiler elde edilmiştir. Toprakların erozyon oranı değerleriyle Boekel oranı₂ değerleri arasında herhangi bir ilişki saptanamamıştır.

Erozyon oranı değeri, toprağın su iletim özelliği ve aşınabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup oran değeri %10'dan büyük olan topraklar “aşınabilir”, %10'dan küçük olanlar ise “daha az aşınabilir” olarak nitelendirilmektedir (Middleton, 1930; Lal, 1988). Bu sınıflandırma esas alınarak bir değerlendirme yapıldığında, araştırmada kullanılan topraklardan 9, 10, 12, 19 ve 29 numaralı örnekler daha az aşınabilir, diğer örnekler ise aşınabilir olarak tanımlanabilir.

Araştırma konusu örneklerin erozyon oranı değerleri ile toprakların genel özelliklerinden kil içeriği, değişebilir Ca+Mg kapsamı ve KDK değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Analiz sonuçları ve bu temel ilişkilerden yararlanılarak toprakların erozyon oranı değerleri “ $y = 60.185 - [(kil\ içeriği \times 0.97) + (değişebilir\ Ca+Mg \times 3.15) - (KDK \times 3.08)]$ ” denklemi yardımıyla tahmin edilebilir (Şekil 4.7).

Aksoy (1968) ve Sönmez (1980), katyon değişim kapasitesi arttıkça, agregat stabilitesi değerinin ve erozyona karşı dayanıklılığın da arttığını, iki özellik arasında yüksek pozitif ilişkiler bulunduğunu tespit etmiştir.



Şekil 4.7. Ölçülen ve tahmin edilen EO değerleri arasındaki ilişki (kil içeriği, değişebilir Ca+Mg ve KDK)

4.2.2.2. Toprak Aşınım Faktörü (K)

Araştırma konusu topraklara ilişkin aşınım faktörü değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Söz konusu çizelgenin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere faktör değerleri 0.015–0.044 arasında değişmektedir.

Çalışma konusu örneklerde, aşınım faktörü değerleri ile toprakların silt içeriği ($r=0.56^{**}$), kum içeriği ($r=0.50^{**}$) ve özgül ağırlık ($r=0.79^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; kil içeriği ($r=-0.78^{**}$), silt+kil içeriği ($r=-0.50$), organik madde ($r=-0.52^{**}$), tarla kapasitesi ($r=-0.65^{**}$), solma noktası ($r=-0.73^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=-0.67^{**}$), değişebilir Ca ($r=-0.65^{**}$), kation değişim kapasitesi ($r=-0.66^{**}$), pF’2deki nem içeriği ($r=-0.65^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların pH, EC, kireç, değişebilir Mg, Na ve K kapsamaları ile toprak aşınım faktörü değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenmemiştir.

Toprakların aşınım faktörü değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanışları, bir başka ifade ile aşınabilirlik bakımından az aşınabilirden daha fazla aşınabilire doğru dizilişleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere aşınım faktörü değeri düşük olan ve ilk sıralarda yer alan örneklerin, organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin yüksek, sıralamada son sıralarda yer alan ve oran değeri yüksek olan örneklerin ise organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir.

Toprakların aşınım faktörü değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; erozyon oranı ($r=0.75^{**}$), dispersiyon oranı ($r=0.81^{**}$), aşınabilirlik indeksi ($r=0.77^{**}$) ve kil oranı₁ ($r=0.69^{**}$) değeriyle arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; agregat stabilitesi ($r=-0.88^{**}$), likit limit ($r=-0.82^{**}$), plastik limit ($r=-0.71^{**}$), plastiklik indeksi ($r=-0.81^{**}$), Boekel oranı₁ ($r=-0.79^{**}$), Boekel oranı₂ ($r=-0.47^{**}$), kil oranı₂ ($r=-0.79^{**}$), strüktür stabilite indeksi ($r=-0.74^{**}$), değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; kil oranı₃ ($r=0.41^{*}$) değeri ile % 5 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar elde edilmiştir.

Üniversal toprak kayıp denklemindeki parametrelerden biri olan K faktörü, toprakların organik madde içeriğine, bünye, strüktür ve geçirgenlik değerlerine bağlı olup aşınmaya karşı direnci gösterir. Bu değer küçüldükçe toprakların erozyona karşı

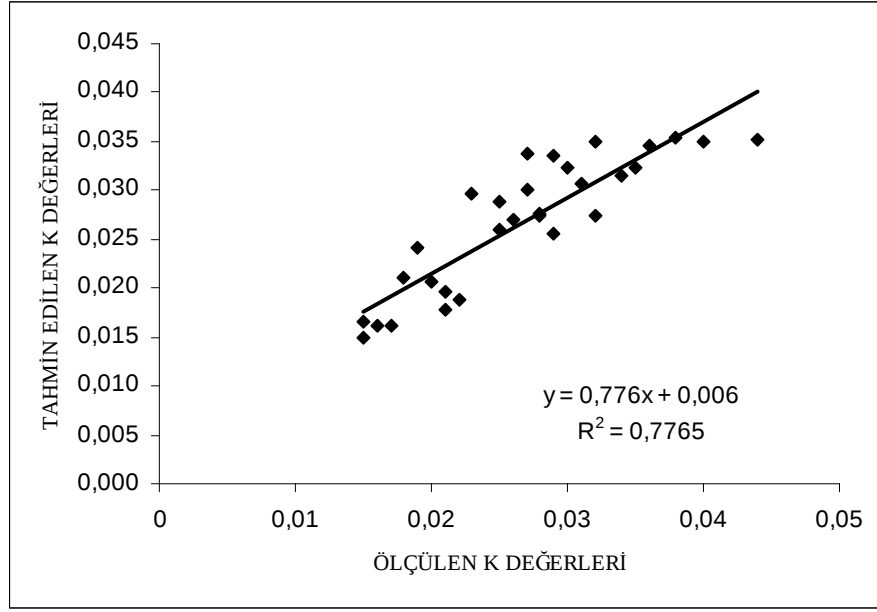
duyarlılıkları azalır (Wischmeier ve Smith, 1978). Topraklar aşınmaya karşı duyarlılık derecelerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler (Doğan ve Güçer, 1976; Özdemir, 2002a).

K faktörü	Aşınım Derecesi (erozyona duyarlılık)
-----	-----
$0.00 < K \leq 0.05$	Çok az aşınabilir topraklar
$0.05 < K \leq 0.10$	Az aşınabilir topraklar
$0.10 < K \leq 0.20$	Orta derecede aşınabilir topraklar
$0.20 < K \leq 0.40$	Kuvvetli derecede aşınabilir topraklar
$0.40 < K \leq 0.60$	Çok kuvvetli derecede aşınabilir topraklar

Bu değerlendirme esas alındığında K faktörü değerleri açısından deneme topraklarının çok az aşınabilir nitelikte oldukları söylenebilir.

Ngatunga ve ark. (1984), yaptıkları bir çalışmada erozyona karşı çok hassas olan topraklarda, aşınım duyarlılık (K) faktörü ile erozyon arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırmacılar toprakların erozyona uğrama eğilimlerini kil oranı, dispersiyon oranı ve erozyon oranı gibi ölçütler yardımıyla değerlendirdikleri çalışma sonucunda dispersiyon oranı ve erozyon oranı ile toprak aşınım faktörü arasında istatistiksel bakımdan önemli ilişkiler bulmuşlardır.

Araştırma konusu örneklerin aşınım faktörü değerleriyle toprakların genel özelliklerinden özgül ağırlık, kil içeriği ve solma noktası değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Analiz sonuçları ve bu temel ilişkilerden yararlanılarak toprakların aşınım faktörü değerleri “ $y = -0.0956 - [(kil\ içeriği \times 0.00045) - (özgül\ ağırlık \times 0.055) - (solma\ noktası \times 0.000783)]$ ” denklemi yardımıyla tahmin edilebilir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Ölçülen ve çoklu ilişki (özgül ağırlık, kil içeriği ve solma noktası) ile tahmin edilen K değerleri arasındaki ilişki

4.2.3. Su Tutma Özelliklerini Esas Alan İndeksler

4.2.3.1. Aşınabilirlik İndeksi (E)

Araştırma konusu topraklarda, dispersiyon oranı, tarla kapasitesi ve agregat stabilitesi değerlerinden yararlanılarak hesaplanan aşınabilirlik indeksi değerleri Çizelge 4.2’de ve bu oranla diğer özellikler arasındaki ilişkiler ise Çizelge 4.3’de verilmiştir. İlgili çizelgelerin incelenmesinden de görüleceği üzere topraklarda söz konusu indeks değerleri 4.24-120.58 arasında değişmektedir.

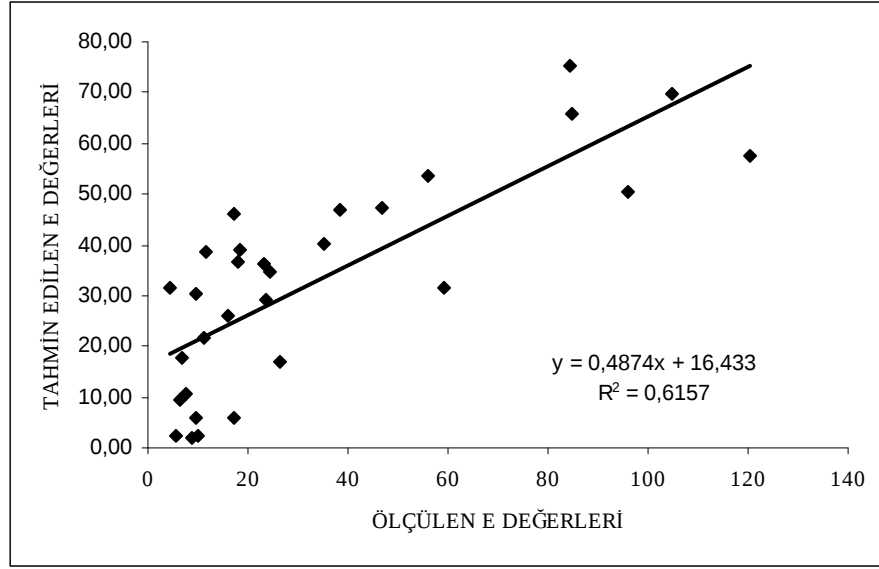
Araştırma konusu örneklerde, aşınabilirlik indeksi değerleri ile toprakların özgül ağırlık ($r=0.72^{**}$) ve silt içeriği ($r=0.48^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; kil içeriği ($r=-0.63^{**}$), solma noktası ($r=-0.70^{**}$), tarla kapasitesi ($r=-0.55^{**}$), pF’deki nem yüzdesi ($r=-0.56^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=-0.58^{**}$), değişebilir Ca ($r=-0.59^{**}$), katyon değişim kapasitesi ($r=-0.58^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; kum içeriği ($r=0.38^{*}$) değeri ile arasında % 5 düzeyinde önemli pozitif; silt+kil içeriği ($r=-0.38^{*}$) ve organik madde ($r=-0.44^{*}$) değerleri arasında % 5 düzeyinde önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların pH, EC, kireç, değişebilir Mg, Na ve

K kapsamaları ile aşınabilirlik indeksi değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Toprakların aşınabilirlik indeksi değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanışları, bir başka ifade ile erozyona karşı dayanıklılık bakımından dayanıklıdan daha az dayanıklıya doğru dizilişleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere aşınabilirlik indeksi değeri düşük olan ve ilk sıralarda yer alan örneklerin, organik madde, kil içeriği ve KDK değerleri yüksek, sıralamada son sıralarda yer alan ve oran değeri yüksek olan örneklerin ise organik madde, kil içeriği ve KDK değerleri düşüktür. Bu durum muhtemelen söz konusu bileşenlerin agregasyonu teşvik ederek erozyona karşı dayanıklılığı artırmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Toprakların aşınabilirlik indeksi değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; dispersiyon oranı ($r=0.83^{**}$), erozyon oranı ($r=0.74^{**}$), kil oranı₁ ($r=0.59^{**}$), toprak aşınım faktörü ($r=0.77^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; agregat stabilitesi ($r=-0.88^{**}$), likit limit ($r=-0.72^{**}$), plastik limit ($r=-0.63^{**}$), plastiklik indeksi ($r=-0.71^{**}$), kil oranı₂ ($r=-0.60^{**}$), Boekel oranı₁ ($r=-0.73^{**}$), strüktür stabilite indeksi ($r=-0.67^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; Boekel oranı₂ ($r=-0.44^{*}$) değeri ile arasında % 5 düzeyinde önemli negatif ilişkiler elde edilmiştir. Toprakların kil oranı₃ değerleri ile aşınabilirlik indeksi değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Araştırma konusu örneklerin aşınım indeksi değerleriyle toprakların genel özelliklerinden kil içeriği, KDK ve değişebilir Ca+Mg kapsamaları arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Korelasyon ilişkileri ve temel toprak analizlerine ait verilerden yararlanılarak toprakların aşınabilirlik indeksi değerleri “ $y = 121.004 - [(kil\ içeriği \times 1.290) - (KDK \times 0.533) + (değişebilir\ Ca+Mg \times 1.634)]$ ” denklemi yardımıyla tahmin edilebilir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Ölçülen ve çoklu ilişki (kil içeriği, değişebilir Ca+Mg ve KDK) ile tahmin edilen E değerleri arasındaki ilişki

4.2.4. Boekel Oranı

Likit limit ve plastik limit değerlerinin pF 2'deki nem yüzdelere oranlanması ile hesaplanan Boekel oranı değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere araştırma konusu örneklerin Boekel oranı₁ değerleri 0.900–1.583, Boekel oranı₂ değerleri ise 0.569–0.863 arasında değişmektedir.

Araştırma konusu örneklerde, Boekel oranı₁ değerleri ile silt+kil içeriği ($r=0.49^{**}$), kil içeriği ($r=0.68^{**}$), solma noktası ($r=0.75^{**}$), tarla kapasitesi ($r=0.48^{**}$), pF'deki nem yüzdesi ($r=0.48^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=0.79^{**}$), değişebilir Ca ($r=0.77^{**}$), katyon değişim kapasitesi ($r=0.78^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; toprakların kum içeriği ($r=-0.49^{**}$) ve özgül ağırlık ($r=-0.82^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; elektriksel iletkenlik ($r=0.42^{*}$) ve organik madde ($r=0.40^{*}$) değerleri arasında % 5 düzeyinde önemli pozitif; silt içeriği ($r=-0.40^{*}$) ile arasında % 5 düzeyinde önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların pH, kireç, değişebilir Mg, Na ve K kapsamı ile Boekel oranı₁ değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenmemiştir.

Topraklar Boekel oranı₁ değerlerine göre büyükten küçüğe doğru, bir başka ifade ile erozyona karşı dayanıklılıkları bakımından duyarlıdan daha duyarlıya doğru sıraya konulmuşlardır (Çizelge 4.5). Bu çizelgeden de görüleceği üzere Boekel oranı₁ değerleri

yüksek olan ve ilk sıralarda yer alan örneklerin organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin yüksek, sıralamada son sıralarda yer alan ve oran değeri düşük olan örneklerin ise organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin düşük olduğu saptanmıştır.

Toprakların Boekel oranı₁ değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; agregat stabilitesi ($r=0.84^{**}$), Boekel oranı₂ ($r=0.65^{**}$), likit limit ($r=0.86^{**}$), plastik limit ($r=0.79^{**}$), plastiklik indeksi ($r=0.82^{**}$), kil oranı₂ ($r=0.70^{**}$), strüktür stabilite indeksi ($r=0.71^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; erozyon oranı ($r=-0.71^{**}$), dispersiyon oranı ($r=-0.76^{**}$), toprak aşınım faktörü ($r=-0.79^{**}$), kil oranı₁ ($r=-0.57^{**}$), aşınabilirlik indeksi ($r=-0.73^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; kil oranı₃ ($r=-0.40^{*}$) değeri ile arasında % 5 düzeyinde önemli negatif ilişkiler elde edilmiştir.

Araştırma konusu örneklerde, Boekel oranı₂ değeri ile toprakların değişebilir Ca ($r=0.52^{**}$) ve değişebilir Ca+Mg ($r=0.48^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; değişebilir Na ($r=-0.36^{*}$), silt içeriği ($r=-0.44^{*}$) ve özgül ağırlık ($r=-0.43^{*}$) değerleri arasında % 5 düzeyinde önemli negatif; kation değişim kapasitesi ($r=0.46^{*}$) değeri ile % 5 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların silt+kil, kil ve kum içerikleri ile pH, EC, organik madde, kireç, tarla kapasitesi, solma noktası, pF 2'deki nem içeriği, değişebilir K kapsamları ile Boekel oranı₂ değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Topraklar Boekel oranı₂ değerlerine göre büyükten küçüğe doğru, bir başka ifade ile erozyona karşı dayanıklılıkları bakımından duyarlıdan daha duyarlıya doğru sıraya konulmuşlardır (Çizelge 4.5). Bu çizelgeden de görüleceği üzere Boekel oranı₂ değerleri düşük olan ve ilk sıralarda yer alan örneklerin organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin yüksek, sıralamada son sıralarda yer alan ve oran değeri yüksek olan örneklerin ise organik madde, kil içeriği ve KDK değerlerinin düşük olduğu saptanmıştır.

Toprakların Boekel oranı₂ değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; Boekel oranı₁ ($r=0.65^{**}$) ve plastik limit ($r=0.61^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; toprak aşınım faktörü ($r=-0.46^{**}$) ile % 1

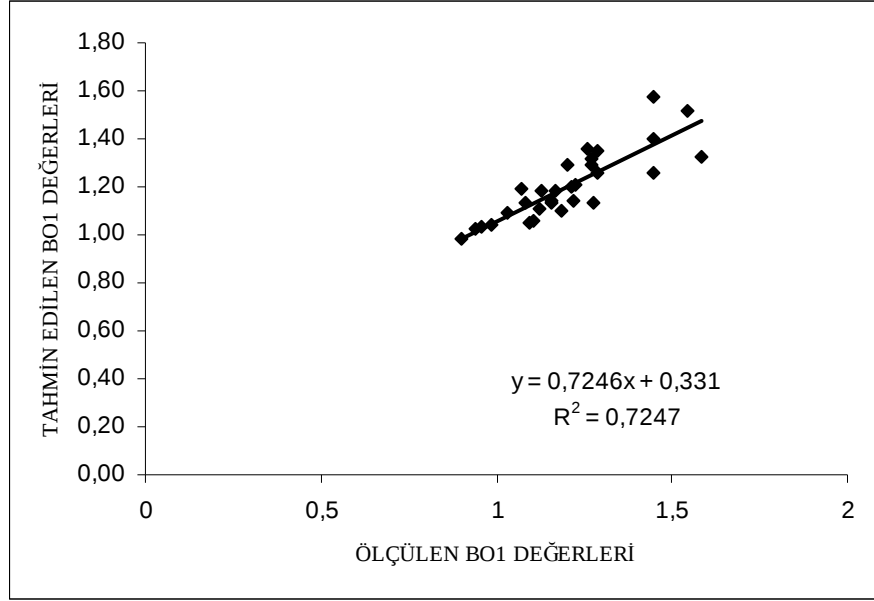
düzeyinde önemli negatif; agreagat stabilitesi ($r=0.44^*$) ve likit limit ($r=0.38^*$) değerleri ile % 5 düzeyinde önemli pozitif; aşınabilirlik indeksi ($r=-0.44^*$) değeri ile % 5 düzeyinde negatif ilişkiler elde edilmiştir. Boekel oranı₂ değeriyle toprakların strüktür stabilite indeksi, plastiklik indeksi, dispersiyon oranı, erozyon oranı, kil oranları değerleri arasında herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Sönmez ve Özdemir (1988), Iğdır ovası yüzey topraklarının strüktürel dayanıklılığını ve erozyona karşı duyarlılığını ortaya koymak üzere yapmış oldukları bir çalışmada, toprakların kil, silt ve organik madde içerikleri ile strüktür stabilite indeksi, agregat stabilitesi ve Boekel oranı değerleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Araştırmacılar, strüktürel dayanıklılığı ve erozyona duyarlılığı ortaya koyabilmek amacıyla geliştirilmiş ölçütlere göre yaptıkları değerlendirmelerinde bu ölçütlerin birbirlerine oldukça benzer sonuçlar verdiğini görmüşler ve bu ölçütlerin birbirlerini desteklediklerini ifade etmişlerdir.

Nem yüzdesi ıskalasını üzerinde pF 2 noktasının üst ve alt plastik limitlerine göre yeri, toprak strüktür stabilitesini değerlendirmede iyi bir gösterge olabilir. Üst plastik limitin pF 2'deki neme oranı toprakların suda dağılma olasılığını, alt plastik limitteki nemin pF 2'deki neme oranı ise kil agregatlarının mekaniksel kuvvetlere karşı direncini ortaya koymada iyi bir ölçüt olarak kullanılabilir (De Leenheer ve ark., 1967). Üst plastik limitin pF 2'deki neme oranı "1" den küçük ise toprakta önemli bir dağılma, alt plastik limitin pF 2'deki neme oranı "1"den büyük ise fazla bir direnç, küçük ise (0.6 ve 0.7) düşük bir direnç beklenebilir (De Boodt ve ark., 1967). Bu sınır değerlere göre, araştırma konusu topraklardan üst plastik limitin pF 2'deki neme oranı 1'den küçük olan 2, 4, 5 ve 7 numaralı örneklerde önemli bir dağılma söz konusudur. Diğer örnekler ise oran değerleri 1'in üzerinde olduğu için suda dağılmaya karşı daha dayanıklıdır. Alt plastik limitin pF 2'deki neme oran değerlerinin ise 0.569-0.863 arasında olması nedeniyle örneklerin tamamının düşük bir dirence sahip oldukları söylenebilir. Sönmez (1979), Muş ve Van yöresi toprakları, Özdemir (1987) Iğdır yöresi toprakları üzerinde yapmış oldukları çalışmalarda, toprakların strüktürel dayanıklılıklarını söz konusu oranları kullanarak değerlendirmişlerdir.

Araştırma konusu örneklerin Boekel oranı₁ değerleriyle toprakların genel özelliklerinden özgül ağırlık, değişebilir Ca+Mg ve değişebilir Ca kapsamı arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Korelasyon ilişkileri ve temel toprak

analizlerine ait verilerden yararlanılarak toprakların Boekel oranı₁ değerleri “ $y = 3.109 - [(özgül\ ağırlık \times 0.886) + (değişebilir\ Ca + Mg \times 0.004) - (değişebilir\ Ca \times 0.009)]$ ” denklemi yardımıyla tahmin edilebilir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Ölçülen ve çoklu ilişki (özgül ağırlık, değişebilir Ca+Mg ve Ca) ile tahmin edilen BO₁ değerleri arasındaki ilişki

4.3. Toprakların Mekaniksel Özellikleri

4.3.1. Atterberg Limitleri

Araştırma konusu örneklerle ilişkin Atterberg limit değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere toprakların likit limit değerleri %28.60–70.80, plastik limit değerleri %19.94–39.53, plastiklik indeksi değerleri ise %4.98–36.71 arasında değişmektedir. Örneklerin Atterberg limit değerleri ile toprakların strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametreler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayıları Çizelge 4.3’de, genel toprak özellikleri ile arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayıları ise Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Araştırma konusu örneklerin likit limit değerleri ile toprakların silt+kil içeriği ($r=0.65^{**}$), kil içeriği ($r=0.82^{**}$), elektriksel iletkenlik ($r=0.47^{**}$), organik madde

($r=0.60^{**}$), solma noktası ($r=0.96^{**}$), tarla kapasitesi ($r=0.86^{**}$), pF 2'deki nem içeriği ($r=0.86^{**}$), katyon değişim kapasitesi ($r=0.89^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=0.88^{**}$), değişebilir Ca ($r=0.81^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; kum içeriği ($r=-0.64^{**}$) ve özgül ağırlık ($r=-0.93^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; silt içeriği ($r=-0.37^*$) değeriyle arasında % 5 düzeyinde önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların pH, kireç, değişebilir Na, K ve Mg kapsamaları ile likit limit değerleri arasında ise herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Smith ve arkadaşları (1985) Atterberg limitleri ile farklı toprak tiplerinin özellikleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Bu inceleme sonucunda toprakların mekaniksel özellikleri ile kil minerolojisi, tekstür, KDK ve spesifik yüzey alanı arasında kuvvetli ilişkiler elde etmişlerdir.

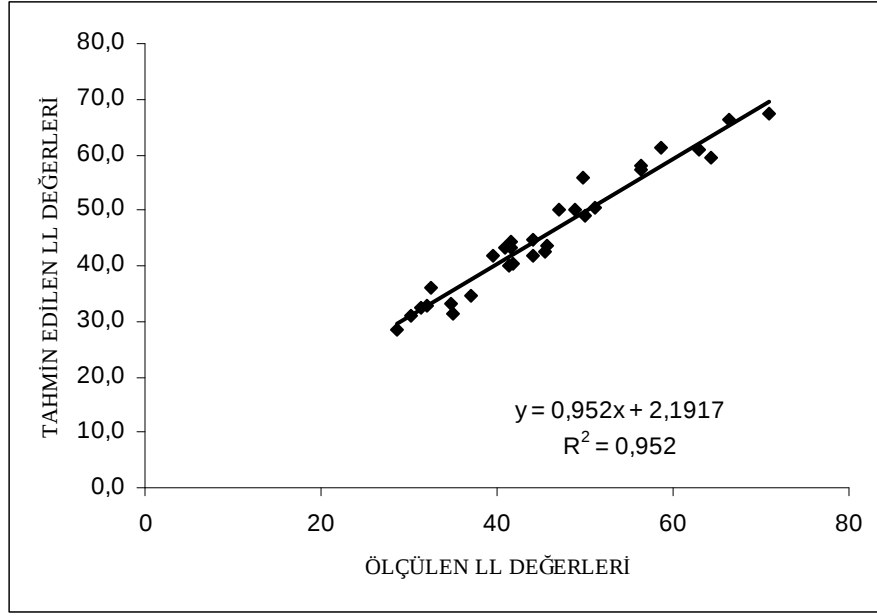
Topraktaki kil miktarı arttıkça likit limit büyük ölçüde ve plastik limit ise küçük ölçüde artmaktadır. Kumlu toprakların likit limit değerleri düşüktür ve 20 dolayındadır. Topraklarda 50'nin üzerindeki bir likit limit değeri muhtemelen montmorillonit tipi killerin, altındaki değerler ise kaolinit tipi killerin varlığını ifade etmektedir (Özdemir 1998). Araştırma konusu örnekler bu açıdan değerlendirildiğinde 10, 14, 17, 19, 21, 23 ve 24 numaralı örnekler muhtemelen çoğunlukla kaolonit minerallerini, 8, 9, 11, 12, 13, 20, 29 ve 30 numaralı örnekler ise montmorillonit kil minerallerini içermektedirler.

Toprakların likit limit değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; agregat stabilitesi ($r=0.85^{**}$), plastik limit ($r=0.90^{**}$), plastiklik indeksi ($r=0.96^{**}$), strüktür stabilite indeksi ($r=0.80^{**}$), Boekel oranı₁ ($r=0.86^{**}$), kil oranı₂ ($r=0.82^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; dispersiyon oranı ($r=-0.81^{**}$), erozyon oranı ($r=-0.74^{**}$), kil oranı₁ ($r=-0.74^{**}$), kil oranı₃ ($r=-0.57^{**}$), toprak aşınım faktörü ($r=-0.82^{**}$) ve aşınabilirlik indeksi ($r=-0.72^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; Boekel oranı₂ ($r=0.38^*$) değeri ile arasında % 5 düzeyinde önemli pozitif ilişkiler elde edilmiştir.

Çizelge 4.6. Atterberg limitleri ile genel toprak özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları

Toprak Özellikleri	LL %	PL %	PI %
Kum%	-0.644**	-0.400*	-0.734**
Silt%	-0.365*	-0.386*	ns
Kil%	0.820**	0.591**	0.883**
Silt+Kil	0.645**	0.400*	0.734**
pH	ns	ns	ns
EC	0.472**	0.543**	0.384*
OM	0.598**	0.600**	0.540**
Kireç	ns	ns	ns
TK,%	0.861**	0.755**	0.844**
SN,%	0.959**	0.859**	0.929**
pF 2	0.861**	0.753**	0.846**
LL, %	1.000	0.903**	0.964**
PL,%	0.903**	1.000	0.758**
PI,%	0.964**	0.758**	1.000
Özgül ağırlık	-0.934**	-0.887**	-0.874**
Ca+Mg	0.876**	0.872**	0.796**
Mg	ns	ns	ns
Ca	0.808**	0.818**	0.726**
Na	ns	ns	ns
K	ns	0.363*	ns
KDK	0.885**	0.878**	0.806**

Araştırma konusu örneklerin likit limit değerleriyle toprakların genel özelliklerinden kil içeriği, tarla kapasitesi ve özgül ağırlık değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Korelasyon ilişkileri ve bu temel analiz sonuçlarından yararlanılarak toprakların likit limit değerleri “ $y = 154.706 + [(kil\ içeriği \times 0.285) + (tarla\ kapasitesi \times 0.396) - (özgül\ ağırlık \times 57.782)]$ ” denklemi yardımıyla bir ilk yaklaşım değeri olarak tahmin edilebilir (Şekil 4.11).



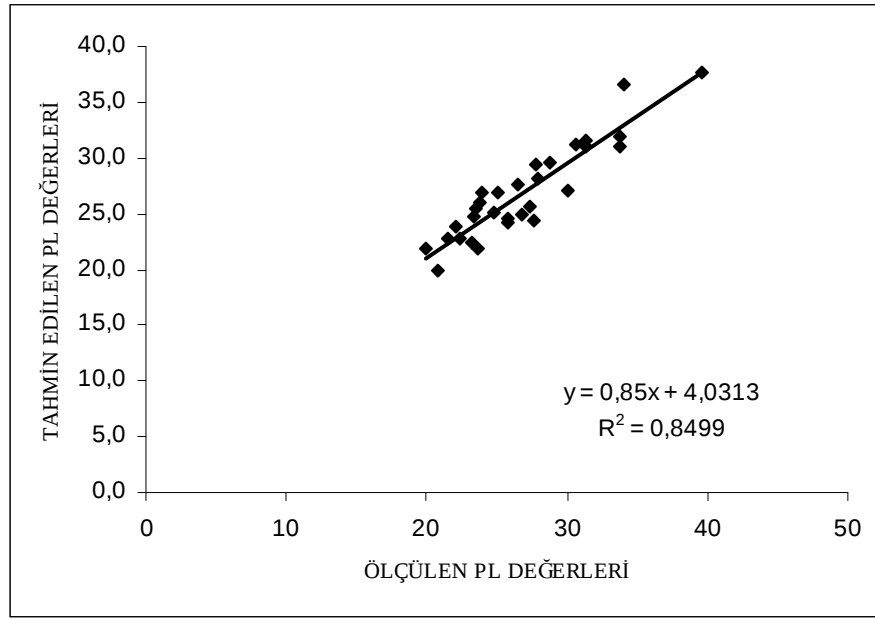
Şekil 4.11. Ölçülen ve çoklu ilişki (kil içeriği, TK ve özgül ağırlık) ile tahmin edilen LL değerleri arasındaki ilişki

Araştırma konusu örneklerin plastik limit değerleri ile toprakların kil içeriği ($r=0.59^{**}$), elektriksel iletkenlik ($r=0.54^{**}$), organik madde ($r=0.60^{**}$), solma noktası ($r=0.86^{**}$), tarla kapasitesi ($r=0.76^{**}$), pF 2'deki nem içeriği ($r=0.75^{**}$), katyon değişim kapasitesi ($r=0.88^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=0.87^{**}$), değişebilir Ca ($r=0.82^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; özgül ağırlık ($r=-0.89^{**}$) değeri ile arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; silt içeriği ($r=-0.39^{*}$) ve kum içeriği ($r=-0.40^{*}$) değerleri ile arasında % 5 düzeyinde önemli negatif; silt+kil içeriği ($r=0.40^{*}$) ve değişebilir K ($r=0.36^{*}$) değerleri ile arasında % 5 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların pH, kireç, değişebilir Na ve Mg kapsamaları ile plastik limit değerleri arasında ise herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Toprakların plastik limit değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; agregat stabilitesi ($r=0.75^{**}$), likit limit ($r=0.90^{**}$), plastiklik indeksi ($r=0.76^{**}$), strüktür stabilite indeksi ($r=0.59^{**}$), Boekel oranı₁ ($r=0.79^{**}$), Boekel oranı₂ ($r=0.61^{**}$), kil oranı₂ ($r=0.61^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; dispersiyon oranı ($r=-0.66^{**}$), erozyon oranı ($r=-0.53^{**}$), kil oranı₁ ($r=-0.48^{**}$), toprak aşınım faktörü ($r=-0.71^{**}$), aşınabilirlik indeksi ($r=-0.63^{**}$) değerleri arasında % 1

düzeyinde önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Kil oranı₃ değerleriyle plastik limit değerleri arasında herhangi bir ilişki elde edilememiştir.

Araştırma konusu örneklerin plastik limit değerleriyle genel toprak özelliklerinden tarla kapasitesi, özgül ağırlık ve değişebilir Ca+Mg kapsamı arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Korelasyon ilişkileri ve bu temel analiz sonuçlarından yararlanılarak toprakların plastik limit değerleri “ $y = 58.241 + [(tarla\ kapasitesi \times 0.087) - (\text{özgül ağırlık} \times 0.194) + (\text{değişebilir Ca+Mg} \times 0.215)]$ ” denklemi yardımıyla tahmin edilebilir (Şekil 4.12).



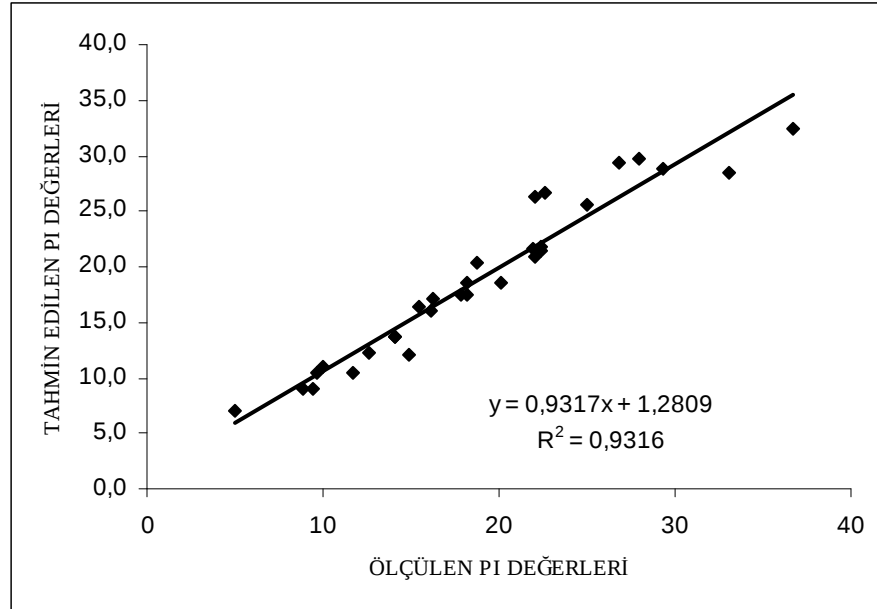
Şekil 4.12. Ölçülen ve çoklu ilişki (tarla kapasitesi, özgül ağırlık ve değişebilir Ca+Mg) ile tahmin edilen PL değerleri arasındaki ilişki

Araştırma konusu örneklerin plastiklik indeksi değerleri ile toprakların silt+kil içeriği ($r=0.73^{**}$), kil içeriği ($r=0.88^{**}$), organik madde ($r=0.54^{**}$), solma noktası ($r=0.93^{**}$), tarla kapasitesi ($r=0.84^{**}$), pF 2'deki nem içeriği ($r=0.85^{**}$), katyon değişim kapasitesi ($r=0.81^{**}$), değişebilir Ca+Mg ($r=0.80^{**}$), değişebilir Ca ($r=0.73^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; özgül ağırlık ($r=-0.87^{**}$) ve kum içeriği ($r=-0.73^{**}$) değerleri ile arasında % 1 düzeyinde önemli negatif; elektriksel iletkenlik ($r=0.38^{*}$) değeriyle arasında % 5 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar elde

edilmiştir. Toprakların pH, kireç, silt içeriği, değişebilir Na, K ve Mg kapsamaları ile plastiklik indeksi değerleri arasında ise herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Toprakların plastiklik indeksi değerleri ile strüktürel dayanıklılıklarını ve erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan indeksler ve mekaniksel parametrelerden; agregat stabilitesi ($r=0.83^{**}$), likit limit ($r=0.96^{**}$), plastik limit ($r=0.76^{**}$), strüktür stabilite indeksi ($r=0.86^{**}$), Boekel oranı₁ ($r=0.82^{**}$), kil oranı₂ ($r=0.88^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif; dispersiyon oranı ($r=-0.83^{**}$), erozyon oranı ($r=-0.80^{**}$), kil oranı₁ ($r=-0.83^{**}$), kil oranı₃ ($r=-0.67^{**}$), toprak aşınım faktörü ($r=-0.81^{**}$), aşınabilirlik indeksi ($r=-0.71^{**}$) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Boekel oranı₂ değerleri ile plastiklik indeksi değerleri arasında herhangi bir ilişki elde edilememiştir.

Araştırma konusu örneklerin plastiklik indeksi değerleriyle toprakların genel özelliklerinden kil içeriği, tarla kapasitesi ve özgül ağırlık değerleri arasında önemli ilişkiler elde edilmiştir. Korelasyon ilişkileri ve bu temel analiz sonuçlarından yararlanılarak toprakların plastiklik indeksi değerleri “ $y = 63.199 + [(kil\ içeriği \times 0.326) + (tarla\ kapasitesi \times 0.201) - (özgül\ ağırlık \times 27.698)]$ ” denklemi yardımıyla bir ilk yaklaşım değeri olarak tahmin edilebilir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Ölçülen ve çoklu ilişki (kil içeriği, TK ve özgül ağırlık) ile tahmin edilen PI değerleri arasındaki ilişki

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bafra ovasını temsil etmek üzere tarla tarımı yapılmakta olan alanlardan alınan 30 adet yüzey (0–20cm) toprak örneği üzerinde yürütülen bu çalışma sonucunda şu yargılara varılmıştır:

1. Araştırma konusu toprakların kil, silt+kil, kum, değişebilir Ca+Mg, katyon değişim kapasiteleri, özgül ağırlık, tarla kapasitesi, solma noktası, pF 2'deki nem içeriği, likit limit, plastik limit ve plastiklik indeksi gibi temel özellikleri ile strüktürel dayanıklılık ve erozyona karşı duyarlılığı ortaya koymada esas alınan parametrelerden dispersiyon oranı, toprak aşınım faktörü, erozyon oranı, agregat stabilitesi, strüktür stabilite indeksi, Boekel oranı₁ ve kil oranı gibi ölçütler arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Söz konusu temel özelliklerden herhangi birilerinin bilinmesi ve ilgili regresyon eşitliğinde yerine konulması halinde ova topraklarının strüktürel dayanıklılığı ve erozyona duyarlılıkları bir ilk yaklaşım değeri olarak tahmin edilebilir.

2. Araştırma konusu topraklar strüktürel dayanıklılık bakımından dayanıklıdan daha az dayanıklıya doğru ve erozyona duyarlılık bakımından duyarlıdan daha az duyarlıya doğru bir sıraya konulmuşlardır (Çizelge 4.4 ve 4.5). Yine araştırma konusu örnekler tekstür sınıfı esas alınarak iki gruba ayrılmışlardır. Tekstür sınıfı kil ile siltli kil (C,SİC) olan örnekler ince bünyeli olup I. grupta ve tekstür sınıfı killi tın ile kumlu killi tın (SCL, CL) olan örnekler ise orta derecede ince bünyeliler olup II. grupta yer almaktadırlar. Strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılık bakımından daha dayanıklı diyebileceğimiz birinci gruptaki örnekler, çoğunlukla sıralamanın yapıldığı Çizelge 4.4 ile Çizelge 4.5'in ilk yarısında ve daha az dayanıklı diyebileceğimiz ikinci gruptaki örnekler ise çizelgelerin son yarısında sıralanmışlardır. Bu durum seçilmiş bulunan ölçütlerin birbirine benzer sonuçlar verdiğini ya da birbirini tamamladıklarını göstermektedir. Bu ölçütler arasındaki ilişkilerin tümü önemli bulunmuştur.

3. Yapılan analizler sonucunda Emenli, Kavakpınar, Çalköy, Keresteci ve Çatak köylerinin yer aldığı toprakların aşınımına karşı daha dayanıklı, Türbe, Adaköy, Balıklar ve Kahraman köylerinin yer aldığı toprakların ise daha hassas oldukları belirlenmiştir.

Toprakların aşınmaya karşı dayanıklılıklarının artırılması ve erozyonun azaltılması için organik madde içeriklerinin artırılması ve arazilerin mutlaka “Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflamasına” uygun olarak kullanılmaları gelmektedir. Yine erozyonun

denetimi için işlemeli tarım arazilerinde toprak işlemenin toprağı alt üst etmeden arazinin genel eğimine dik yönde yapılması gerekmektedir. Böylesi tedbirlerle toprak bozulması ve erozyon azalacak, sonuçta da toprakların üretim potansiyelleri ve su kullanım etkinliğı artırılmış olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Akalan, İ., 1973. Toprak Fiziği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 527, Ders Kitabı No: 172, S.472.
- Akalan, İ., 1983. Toprak ve Su Muhafazası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 873.
- Akalan, İ., Doğan, O., Küçükçakar, N., 1991. Orta Anadolu Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleriyle Aşınım Duyarlılığı Arasındaki İlişkiler. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Teknik Bülteni, 2(1): 34–45.
- Akkan, E., 1970. Bafra Burnu-Dicle Kavşağı Arasında Kızılırmak Vadisinin Jeomorfolojisi. Ankara Üniversitesi Dicle Tarih-Coğrafya Fakültesi Yayınları: 191, Ankara.
- Aksoy, N., 1968. Mikroorganizmalarla Aşılama ve Fümigasyon Muhtelif Rutubet Seviyelerinde İnflüasyona Tabi Tutulan Bazı Doğu Karadeniz, Doğu Anadolu ve Güney-Dogu Anadolu Topraklarının Agregatlaşmalarına Olan Etkileri. Doçentlik Tezi, (Basılmamış).
- Anonim, 2005. Bafra İlçesi Meteoroloji Verileri (Yayınlanmamış). Bafra İlçesi Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Bafra/Samsun.
- Apan, M. ve Köknar, Y., 1988. Bafra Ovası Sebzeciliğinin Bugünkü Durumu ve Geleceği. Bafra Ovası Tarım Sempozyumu, 11-12 Ocak 1988, 181-195.
- Aşkın, T., 1997. Ordu İli Topraklarının Strüktürel Dayanıklılığının ve Aşınım Duyarlılığının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 17, Samsun.
- Bayraklı, F. ve Özdemir, O., 1988a. Bafra Ovası Topraklarının Genel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. Bafra Ovası Tarım Sempozyumu, 11-12 Ocak 1988, 59-77, Samsun.
- Bayraklı, F. ve Özdemir, O., 1988b. Bafra Ovası Topraklarının Toprak Verimliliği ve Gübrelemeye İlişkin Sorunları. Bafra Ovası Sempozyumu, 11–12 Ocak 1988, 59-77, Samsun.
- Black, C.A., 1965. Methods of Soil Analysis. Part I. Amer. Soc. of Agronomy, Agronomy.

- Boekel, P., 1956. Evaluation of the Structure of Clay Soil by Means of Soil Consistency. Mededelingen Lanbeuwhogesholl Chent, 24, 353-356.
- Bryan, R.B., 1968. The Development, Use and Efficiency of Indices of Soil Erodibility. Geoderma, 2, 5–25.
- Canbolat, M.Y., 1992. Toprağa Organik Materyal İlavesinin Toprağın Organik Maddesi, Agregat Stabilitesi ve Geçirgenliği Üzerine Etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 23(2):113-123.
- Canbolat, M. ve Kaya, S., 2004. Evaluation of Soil Consistency Limit Methods. International Soil Congress (ISC) on “Natural Resource Mangement for Sustainable Development”, Erzurum-Turkey.
- Candemir, F., 1998. Çarşamba Ovası Yüzey Topraklarının Bazı Mekaniksel Özellikleri ile Strüktürel Dayanıklılık ve Erozyona Duyarlılık Ölçütlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Chandra, S. and De, S.K., 1978. A Simple Laboratory Apparatus to Measure Relative Erodibility of Soils. Soil Science, 25, pp: 115–119.
- Cihacek, L.J., 1999. Restoring productivity of Eroded Soils with Manure Applications. www.ag.ndsu.nodak.edu.
- De Boodt, M.D., De Leenheer, L., Low, A.J. and Peerlkamp, P.K., 1967. Determination of the Consistency of Clay Soils According to Boekel and Peerlkamp. West-European Methods for soil structure determination, 4, 16-18.
- De Leenheer, L., De Boodt, M.D., Low, A.J. and Peerlkamp, P.K., 1967, Determination of the consistency of clay soils according to Boekel and Peerlkamp. West-European Methods for soil structure determination, 4, 16-18.
- Demiralay, İ., 1993. Toprağın Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 143, Erzurum.
- Demiralay, İ. ve Aslan, M., 1994. Toprakların Doygunluk Yüzdesi ile Likit Limitin Karşılaştırılması ve Başlangıç Nem İçeriğinin Toprak Büzülmesine Etkisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 25(4), 500–508.
- Doğan, O. ve Güçer, C., 1976. Su Erozyonunun Nedenleri, Oluşumu ve Ünlversal Denklem ile Toprak Kayıplarının Saptanması. Toprak Su Genel Müdürlüğü

- Merkez Toprak Su Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 41, Teknik Yayın No: 24.
- Ergene, A., 1993. Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayın No: 267, Ders Kitapları Serisi, No: 47, Erzurum.
- Gee, G.W. and Bauder, J.W., 1986. Particle-size Analysis. In A. Klute (ed) Methods of Soil Analysis. Part I, 2nd ed., Agronomy monogr. 9, pp: 363-375, ASA and SSSA, Madison, WI, USA.
- Gülser, C., Aşkın, T. ve Özdemir, N., 2002a. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampüs Topraklarının Erozyona Duyarlılıklarının Değerlendirilmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1): 1-6.
- Gülser, C., Özdemir, N., Aşkın, T., Candemir, F. ve Korkmaz, A., 2002b. Using n Value as an Indicator of Soil Structural Stability. International Conference on Sustainable Land Use and Management, Congress Book pp: 149-155, Çanakkale, Turkey.
- Gülser, C. ve Candemir, F., 2004. Changes in Atterberg Limits with Different Organic Waste Application. International Soil Congress (ISC) on "Natural Resource Management for Sustainable Development", Abstract Book of Congress pp: 20. Erzurum-Turkey.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri:III. Toprak Analizleri, Ankara Üniv. Ziraat fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No.3, 1-705.
- Khorke, H. and Bertrand, A.R., 1959. Soil Conservation. Mc Graw Hill N.Y.
- Lal, R., 1988. Soil Erosion Reseach Methods. Soil and Water Conservation Society, pp: 141–149.
- Lehrsch, G.A., Sojka, R.E., Carter, C.L. and Jolley, P.M., 1991. Freezing Effects on Aggregate Stability Affected by Texture, Minerology and Organic Matter. Soil Sci. Soc. of Amer. J., 55: 1401-1406.
- Leo, W.M., 1963. A Rapid Method for Estimating Structural Stability of Soils. Soil Science, 96, 342–346.
- Middleton, H.E., 1930. Properties of Soils Which Influence Soil Erosion. U.S. Dept. Agr., Tech. Bull, 178: 1–16.
- Miller, W.P. and Baharuddin, M.K., 1986. Relationship of Soil Dispersibility to Infiltration and Erosion of Southeastern Soils. Soil Sci., Am. J. 51: 1610–1615.

- Ngatunga, E. L. N., Lal, R. and Singer, M. J., 1984. Effect of Surface Management on Run off and Soil Erosion from Some Plot Milangano, Tanzania. *Geoderma*, 33: 1–12.
- Oğuz, İ. ve Noyan, Ö.F., 2000. Soil Properties and Soil Erodibility Changes along a Slope. *Proceedings of International Symposium on Desertification*. Konya, Turkey. Symposium Book, pp: 129–134.
- Özbek, A.K., 1993. Doğu Anadolu Bölgesi Topraklarının Erozyona Uğrama Eğilimleri ve Aşınımaya Duyarlılıkları Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum (Yayınlanmamış).
- Özdemir, N., 1987. Iğdır Ovası Yüzey Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Strüktürel Dayanıklılık ve Erozyona Duyarlılık Ölçütleri Arasındaki İlişkiler. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Özdemir, N., 1991. Toprağa Karıştırılan Organik Artıkların Toprağın Bazı Özellikleri ile Strüktürel Dayanıklılık ve Erozyona karşı Duyarlılığı Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Özdemir, N., 1993. Bitki Münavebesinin Toprağın Strüktürel Dayanıklılığı ve Erozyona Duyarlılığı Üzerindeki Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 66–75.
- Özdemir, N., 1998. Toprak Fiziği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu, No: 30, Samsun.
- Özdemir, N., 2002a. Toprak ve Su Koruma. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu, No: 22, Samsun.
- Özdemir, N., 2002b. Toprak Aşınabilirliği ile Ana Materyal ve Arazi Kullanım Şekli Arasındaki İlişkiler. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat fakültesi Dergisi*, 17(1): 61–64.
- Özdemir, N ve Aşkın, T., 2003. Effects of Parent Material and Land Use on Soil Erodibility. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, Vol. 166(6): 774–776.
- Özdemir, N., Aşkın, T. ve Özkaptan, S., 2004. Effect of Incorporating Some Organic and Inorganic Amendments into Acidic Soil on the Aggregate Stability. *International Soil Congress (ISC) on “Natural Resource Management for Sustainable Development”*, Abstract Book of Congress pp: 20. Erzurum-Turkey.

- Özden , Ş., 1992. Doğu Anadolu Bölgesi'nde Yaygın Bazı Büyük Toprak Gruplarının Aşınma Duyarlılığı Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniv. Fen bilimleri Enstitüsü, Erzurum (Yayınlanmamış).
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, U.S. Dept. Agr. Handbook. No: 60,110–118.
- Rowell, D.L., 1996. Soil Science Methods and Applications. Wesley Longman Limited, Harlow. ISBN 0 582 087848.
- Römkens, M.J.N., 1985. The Soil Erodibility Factor: A perspective, S.A. El Swaify(ed.), In soil erosion and conservation. Soil Conservation Society of American, pp: 445–460.
- Sezen, Y., 1995. Toprak Kimyası. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları. No: 790, s.284, Erzurum.
- Shepherd, M.A., Harrison , R. and Webb, J., 2002. Managing Soil Organic Matter Implications for Soil Structure on Organic farms. Soil Use and Management 18: 284-292.
- Shiralipour, A., McConnell, D.B. and Smith, W.H., 1992. Physical and Chemical Properties of Soils as Affected by Municipal Solid Waste Compost Application. Biomass and Bioenergy, Vol 3, Issues 3–4, page 261–266.
- Sidaris, N., Bilalis, D. And Vavoulidou, E., 2001. Effects of Tillage and Fertilization on Some Selected Physical Properties of Soil (0-30 cm depth) and on the Rooth Growth Dynamic of Winter Barley. Journal of Agronomy and Crop Science, Vol. 187, No: 3, pp167–176(10).
- Smith, C.W., A. Hadas., J. Dan., and H. Koyumjisky, 1985. Shrinkage and Atterberg limits in relation to other properties of principal soil types in Israel. Geoderma, 35: 47–65.
- Soil Survey Manual, 1993. United States Department of Agriculture, Handbook No:18, Washington, USA.
- Sowers, G.F., 1965. Consistency Methods of Soil Analysis. Part I. American Society of Agronomy , Madison, Wisconsin U.S.A.
- Sönmez, K., 1979. Muş-Alparslan Devlet Üretim Çiftliği Arazisinde Yüzeyden Alınan Toprakların Strüktürel Dayanıklılığı ve Erozyona Duyarlılığı Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 10, 3–4:17–26.

- Sönmez, K., 1980. Atatürk Üniversitesi Elazığ Çiftliğinde Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Agregasyon Üzerine Tesirleriyle İlgili Araştırmalar. Atatürk Üniversitesi Yayınları. No: 531, Erzurum.
- Sönmez, K ve Özdemir, N., 1988. Iğdır Ovası Yüzey Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Strüktürel Dayanıklılık ve Erozyona Duyarlılık Ölçütleri Arasındaki İlişkiler. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 19, 1–4: 155–165.
- Sönmez, K., 1994. Toprak Koruma Ders Kitabı. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları. No: 169, S.192, Erzurum.
- U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No: 60.
- Vosnesensky, A. S., Artsruui, A.S., 1940. A Laboratory Method for Determining the Anti-Erosion Resistance of Soils. Soils and Fertilizer 10: 289.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses a Guide to Conservation Planning. Ua. D.a. Agriculture Handbook, No: 557.
- Yüksel, M. ve Dengiz, O., 1996. Bafra Ovası Sağ Sahili Arazi Kullanım Planlaması. Tarım Bilimleri Dergisi, 2(3): 75–81.

7. ÖZGEÇMİŞ

Elif ÖZTÜRK, 27.03.1980 tarihinde Rize’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Rize’de tamamladı. 2000 yılında girdiği Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü’nden 2004 yılında mezun oldu. Aynı yıl Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 29.12.2005 tarihinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atandı ve halen görevine devam etmektedir.