



Niğde ili civarında farklı ana materyaller üzerinde gelişen toprakların, litolojik birimler ile ilişkisi ve tarımsal amaçlı kullanıma uygunluklarının belirlenmesi

The relationship of soils developed on different parent materials in Niğde province with lithological units and determination of their suitability for usage agricultural purposes

Harun TORUNLAR^{a*}, Abdurrahman LERMİ^b ve Emin ÇİFTÇİ^c

^aTarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Coğrafi Bilgi Sistemleri Bölümü, Ankara, Türkiye

^bNiğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye

^cİstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Litolojik birimler, Toprak, Çok kriterli karar verme yöntemi.

ÖZ

Bu çalışma ile Niğde ilinin üç ayrı bölgesinde farklı ana materyaller üzerinde oluşmuş toprakların genel özellikleri, bu toprakların litolojik birimler ile olan ilişkisi ve tarımsal amaçlı ne derece kullanıma uygun topraklar oldukları belirlenmiştir. Kaya ve toprak örneklerine ait fiziksel ve kimyasal analiz değerleri, litolojik birimler ile çalışma alanında oluşan toprakların birbirleriyle olan ilişkilerinin ortaya konulması amacıyla kullanılmış ve bunun için parametreler arasında Korelasyon Analizi uygulanmıştır. Ana materyallere bağlı olarak oluşan bu toprakların tarımsal amaçlı kullanıma uygunluklarının belirlenmesinde, Çok Kriterli Karar Verme yöntemi kullanılmıştır. Toprak, topoğrafya, iklim ve jeoloji ana kriterleri ile bunların alt kriterlerinin kullanıldığı faktörler arasındaki etki oranlarının belirlenmesinde ise Çok Kriterli Karar Verme yöntemine ait Analitik Hiyerarşi Süreci tekniği kullanılmıştır. Buna göre; litolojik birimlerin etkisine bağlı olarak Bor ilçesi civarında gelişmiş toprakların bazik karakterli, Çiftlik ve Gölcük ilçeleri civarında gelişmiş toprakların ise daha asidik karakterli oldukları belirlenmiştir. Ayrıca, Çiftlik ilçesi ve civarı toprakların yerinde ve taşınarak geliştikleri, Gölcük ve Bor ilçeleri civarı toprakların ise yerinde gelişmiş topraklar oldukları tespit edilmiştir. Toprakların tarımsal amaçlı kullanıma uygunluklarının belirlenmesinde ise, jeoloji ana kriterinin %5,5 ve bunun alt kriteri olan litolojik birimler kriterinin ise %2,7 oranında etkili olduğu hesaplanmıştır.

Geliş Tarihi: 07.11.2019

Kabul Tarihi: 17.05.2020

Keywords:

Lithological units, Soil, Multi criteria decision making method.

ABSTRACT

In this study, general characteristics of soils formed on different parent materials in three different regions of Niğde province, their relationship with lithological units and the extent to which they are suitable for agricultural purposes were determined. Physical and chemical analysis values of rock and soil samples were used to reveal the relationship between lithological units and soils formed in the study area and Correlation Analysis was applied among the parameters. Multi Criteria Decision Making method was used to determine the suitability of these soils which are formed depending on the parent materials for agricultural use. In order to determine the effect rates among the main criteria of soil, topography, climate and geology and their sub criteria, Analytical Hierarchy Process of Multi Criteria Decision Making method was applied. According to this; Depending on

Atf bilgisi: Torunlar, H., Lermi, A., Çiftçi, E. 2020. The relationship of soils developed on different parent materials in Niğde province with lithological units and determination of their suitability for usage agricultural purposes. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 163, 149-174. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.742137>

*Başvurulacak yazar: Harun TORUNLAR, htorunlar@hotmail.com

the influence of the lithological units, the soils developed around Bor district are of basic character and the soils developed in Çiftlik and Gölcük districts and their vicinity are more acidic reaction. In addition, it has been determined that the soils of the Çiftlik district and its vicinity are developed by accumulation and in situ, while the soils around Gölcük and Bor districts are developed in situ. In determining the suitability of soils for agricultural use, it was calculated that the main criteria of geology was 5.5% and the criteria of lithological units, which is the sub-criterion of this, was 2.7% effective.

1. Giriş

Yeryüzü topoğrafyası ve bu topoğrafyayı oluşturan kayalar, çeşitli etmenler vasıtasıyla değişime uğramakta, değişim sonucunda bütün biyolojik varlıklar için vazgeçilmez bir yaşam ortamı ve doğal bir mekan olan topraklar oluşmaktadır (T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2008). Oluşan toprakların kimyasal yapısı genel olarak kendi kökeni olan kayaların kimyasal yapısını yansıtmaktadır. Kapur vd. (1996)'da yapmış oldukları çalışmalarında, ana materyal olan bazaltların ayrıştıkça, içerdiği minerallerin kil ve demiroksitlere dönüştüğünü, ortamda kuvarsin olmaması nedeniyle, oluşan toprakların kahverengi veya kırmızı-kahve renkli, demirce zengin toprakları oluşturduğu sonucuna varmışlardır. Yüksel (2003)'de Iğdır ili yakınlarındaki ve Ağrı Dağı'nın, farklı çevresel koşulları altında, ana materyaller (magmatik kayalar ve alüvyal ana materyaller) üzerinde oluşmuş toprakların fiziksel, kimyasal ve mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi ve toprak, ana materyal, iklim ile mineralojik özellikler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmaya yönelik yapmış olduğu çalışmada; bütün toprak örnekleri için baskın minerallerin plajiyoklaz, kuvars, opal-CT ve kloritin olduğunu, smektitin ise bütün örneklerde farklı miktarlarda bulunduğunu, özellikle taban arazilerden alınan örneklerdeki smektit oranlarının diğer örneklerle göre daha fazla olduğunu belirlemiştir.

Niğde ili ve çevresi jeolojik bakımdan Türkiye'nin en önemli bölgelerinden birisidir (Güncüoğlu, 1981). Hasandağı, Keçiboyduran, Melendiz ve Erciyes volkanizmalarından kaynaklanan litolojik birimler, çalışma alanında gelişmiş ve halen gelişmekte olan bölge topraklarının karakteristik özellikler kazanmalarında önemli rol oynamıştır. Bölge litolojisi kaynaklı gelişmiş ve belli özelliklere sahip bu toprakların, tarımsal amaçlı olarak kullanıma ne derece uygun olduklarının belirlenmesi; hem litolojik birimler ile topraklar arasındaki ilişkinin kurulmasında, hem de farklı alanlarda benzer litolojik

birimler üzerinde gelişen toprakların kullanım amaçlarının belirlenmesinde önemli rol oynayacaktır. Bir arazinin tarımsal amaçlı olarak kullanılabilmesi için, o arazinin tarım yapmaya ihtiyaç duyacağı şartları sağlaması gerekmektedir. Bu şartların sağlanmasında, arazinin sahip olduğu toprak, topoğrafya ve iklim faktörlerinin yanında bölge jeolojisinin de büyük etkisi bulunmaktadır. Birden fazla sayıdaki bu faktörlerin değerlendirmeye alındığı, bu gibi karmaşık yapıdaki problemlerin kolay çözümünde uygulanabilen Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (ÇKKVY) etkin olarak kullanılmaktadır (Malczewski, 2006).

Feizizadeh ve Blaschke (2012)'de Çok Kriterli Karar Verme Yöntemini kullanarak, İran'ın Tebriz bölgesi için toprak, topoğrafya, iklim şartları ve su yeterlilik faktörlerini değerlendirmişlerdir. Bölge için sulu ve kuru tarımın yapılabileceği dört sınıftan oluşan (yüksek, orta, marjinal ve uygun olmayan) arazi uygunluk sınıfları ile alanın yedi sınıftan oluşan (yerleşim yerleri, sulu tarım, kuru tarım, sulu tarıma uygun potansiyel alanlar, kuru tarıma uygun potansiyel alanlar, nehir yatağı ve tarım yapmaya uygun olmayan alanlar) arazi kullanımı haritasını üretmişlerdir. Arazi uygunluk analizi sonucunda, sulu ve kuru tarım yapılan alanlar içerisinde sırasıyla 100,028 hektar ve 117,395 hektar alanın, en fazla alana sahip marjinal uygunluktaki sınıflar olduğunu belirlemişlerdir.

Torunlar ve Nazlıcan (2018)'de Çok Kriterli Karar Verme Yöntemine ait Analitik Hiyerarşi Süreci tekniğini kullanarak ana ürün soya bitkisinin Türkiye'de yetişebileceği potansiyel uygun alanlarının belirlenmesine yönelik arazi uygunluk analizi çalışmasını yapmışlardır. Toprak, topoğrafya ve iklim veri setlerini kullanarak, soya bitkisinin yetişebileceği uygun alanları dört sınıftan oluşan (çok uygun, orta uygun, az uygun ve uygun olmayan) arazi uygunluk sınıflaması olarak belirlemişlerdir. Buna göre, çalışma alanının %22,34'lük bölümü olan toplam 17.435.102,53 hektar alanın, ana ürün soyanın yetiştirilmesi için çok uygun ve orta uygun sınıflarda

olduğunu, %15,56 oranında (12.149.689,64 ha) alanın az uygun, %62,10 (48.473.207,83 ha) oranındaki alanın ise soya yetiştirilmesine uygun olmayan alanlar olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada, Niğde ilinde üç farklı alan olarak seçilen çalışma alanlarında, farklı ana materyaller üzerinde gelişen toprakların karakteristik özelliklerinin belirlenmesi, litoloji ile olan ilişkilerinin ortaya konulması ve bu toprakların tarımsal amaçlı kullanıma uygunluk sınıflaması yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

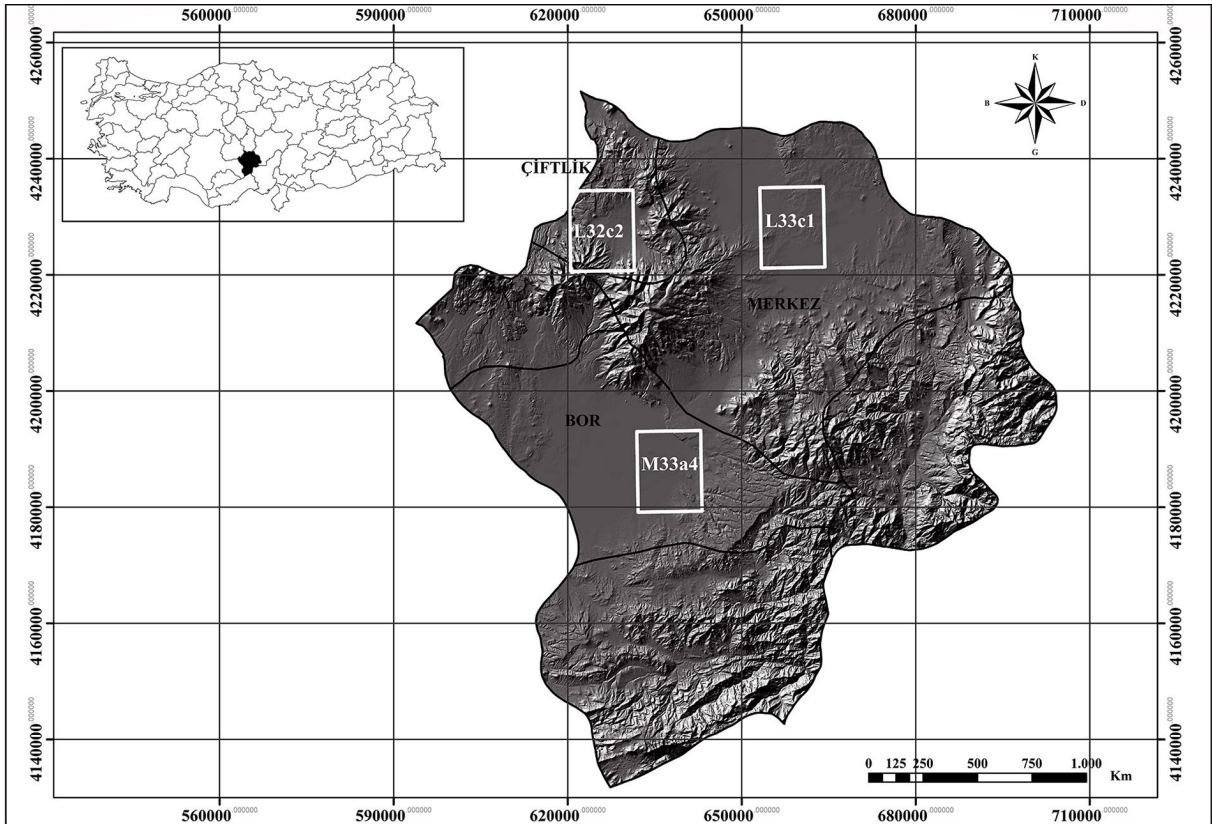
2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Niğde ili sınırları içerisinde, herbiri 1/25.000 ölçekli pafta büyüklüğünde bulunan ve bölge litolojik birimlerini temsil edebilecek üç farklı alan olarak seçilmiştir (Şekil 1). Bu alanlar;

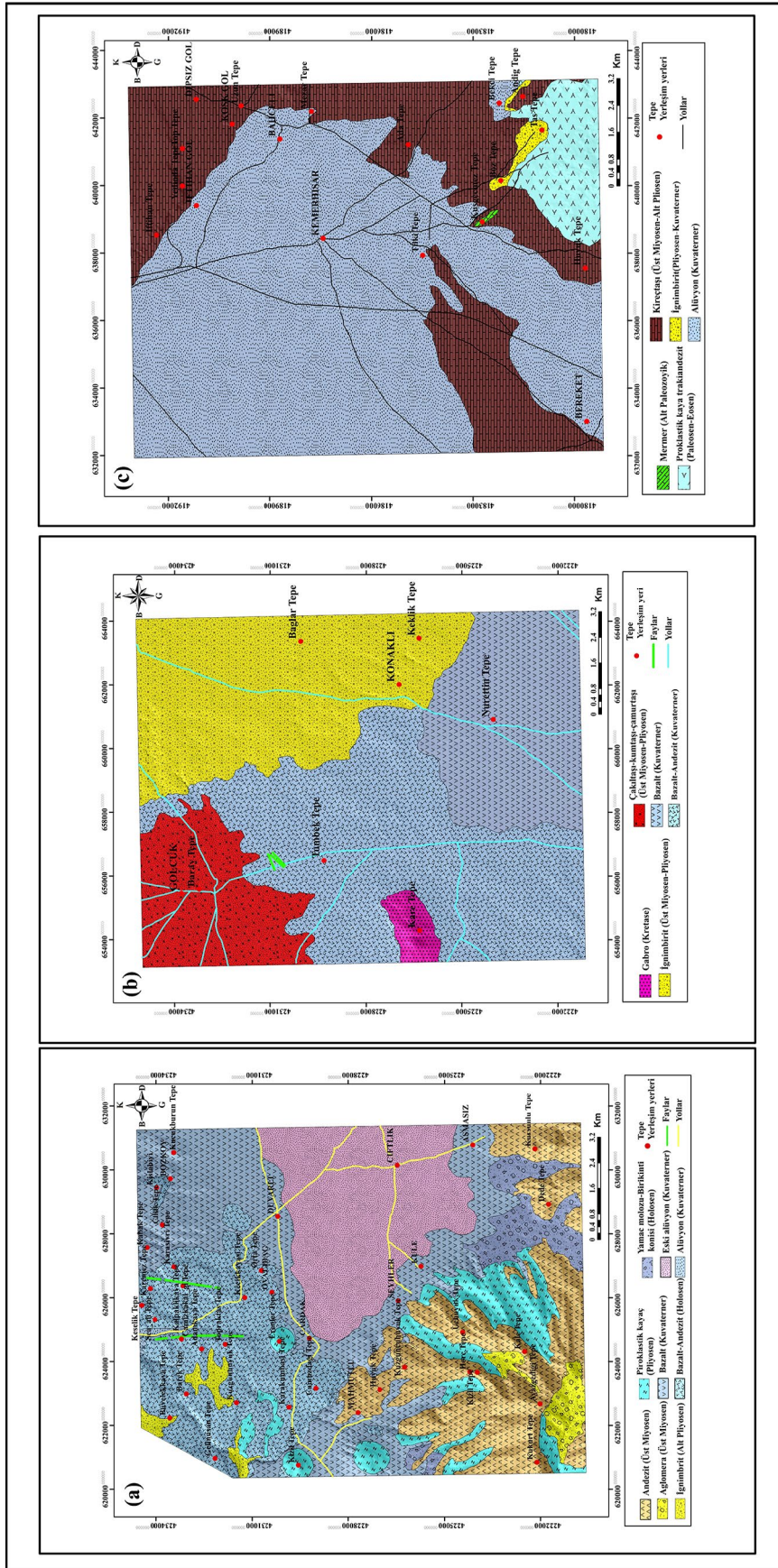
Çiftlik ve civarı (L32c2) çalışma alanı; ilin kuzey batısındaki Çiftlik ilçesi sınırları içerisinde yer alan ve Türkiye'nin genç jeomorfolojik yapısı içerisinde gelişmiş olan bir alandır. Bu alan Neojen-Kuvaterner

yaşlı Melendiz-Kuvaterner volkano-sedimanter serisinde yer almakta olup (Beekman, 1966; Pasquare, 1968; Aydın vd., 2005) Hasandağı ve Melendiz dağı eteklerindeki aglomera, alüvyon, andezit, bazalt, eski alüvyon, ignimbrit, piroklastik kaya ve yamaç molozu-birikinti konisi birimleri üzerinde bulunmaktadır (Şekil 2). 14957,61 hektar (149,57 km²) alana sahip olan bu çalışma alanının arazi örtüsünü; makilik veya meralar, tarım alanları, yerleşim yerleri ile tarım dışı alanlar oluşturmaktadır.

Gölcük ve civarı (L33c1) çalışma alanı; ilin kuzeyinde Merkez ilçesi sınırları içerisinde bulunan bu alan, Neojen-Kuvaterner yaşlı Melendiz-Kuvaterner volkano-sedimanter serisi (Beekman 1966, Pasquare 1968, Aydın vd., 2005) ile Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı yüksek sıcaklık, orta basınç altında metamorfizma geçirmiş ve intrüzif kayalarla kesilmiş olan bir alandır. Kırıntılı ve karbonat kökenli kayalardan oluşan Niğde metamorfik grubu (Göncüoğlu, 1981) birimleri etkisinde kalmış olan bu çalışma alanı bazalt, bazalt-andezit, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı, gabro ve ignimbritler üzerinde yer almaktadır (Şekil 2). Alanın mevcut arazi kullanımını makilik veya meralar, tarım



Şekil 1- Çalışma alanı yer bulduru haritası.



Şekil 2- a) Çiftlik ve civarı (L.32c.2, MTA 2010a), b) Göletük ve civarı (L.33a.1, MTA2010b) ve c) Bor ve civarı (M33a4, MTA2010c) çalışma alanlarının genel jeoloji haritaları.

alanları, yerleşim yerleri sınıfları oluştururken, bu çalışma alanının büyüklüğü 15191,84 hektar (151,92 km²) alandan oluşmaktadır.

Bor ve civarı (M33a4) çalışma alanı; bu alan ise Bor ovasında yer almakta olup, özellikle bünyesinde alüvyon, ignimbirit, kireçtaşı, mermer ve piroklastik kaya-trakiandezit litolojik birimlerini içermektedir (Şekil 2). Alanda Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Niğde metamorfik grubunun etkisi görülmektedir (Göncüoğlu, 1981). Bu çalışma alanının genel arazi örtüsü dağılımını makilik veya meralar, tarım alanları, yerleşim yerleri ile tarım dışı alanlar oluştururken, bu çalışma alanı Niğde ili toplam alanı içerisinde 15.266,06 hektar (152,66 km²) alan kaplamaktadır.

Çalışmada materyal olarak farklı veri setleri kullanılmıştır. Bu veri setleri aşağıda açıklanmıştır.

2.2. Toprak Veri Seti

Çalışma alanının örnekleme yapılan noktalarındaki topraklara ait fiziksel ve kimyasal analiz parametrelerini içermektedir. Bu parametreler, suya doygunluk, elektriksel iletkenlik, toplam tuz,

pH, kireç, organik madde, toplam azot, organik karbon, hidrolik iletkenlik (permeabilite), ana ve iz elementlere ait jeokimyasal verilerden oluşmaktadır.

2.3. Topoğrafya Veri Seti

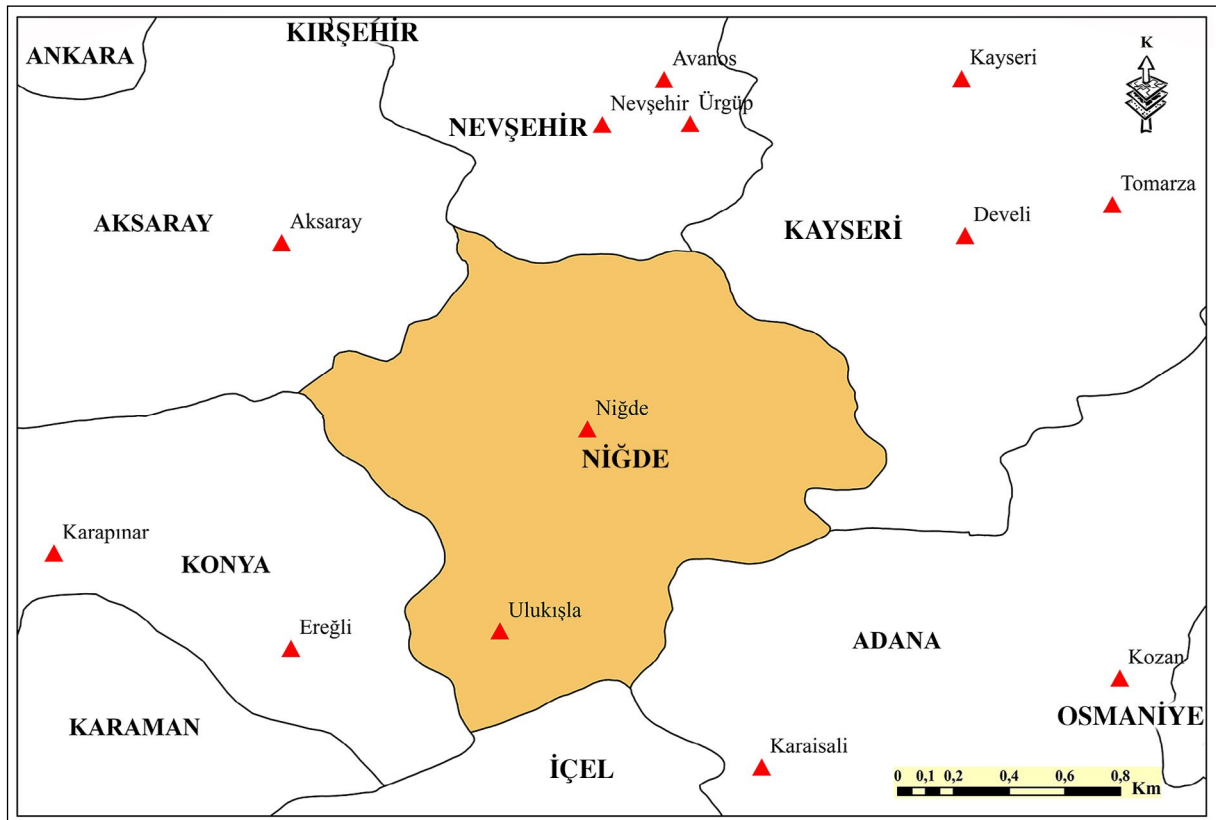
Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen, çalışma alanının 10 metre hassasiyette eş yükselti konumunu gösteren, 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalarından oluşmaktadır. Bu haritalar kullanılarak, alanın eğim ve arazi şekilleri verisi elde edilmiştir.

2.4. İklim Veri Seti

Bu veri setinde; Niğde ili ve çevre illerdeki meteoroloji istasyonlarından elde edilen yağış verileri kullanılmıştır (Şekil 3). Bunun için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün son 30 yılda kaydettiği günlük yağış değerlerinden elde edilen uzun yıllar aylık ortalama yağış verilerinden faydalanılmıştır (Çizelge 1).

2.5. Jeoloji Veri Seti

Bu veri seti, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/25.000 ölçekli



Şekil 3- Niğde ili ve civarı iklim istasyonları.

Çizelge 1- Niğde ili ve civarı iklim istasyonlarından ölçülen uzun yıllar aylık ortalama yağış değerleri.

İL ADI	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Rakım	İstasyon No	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam Yağış
ADANA	Karaisalı	35,0576	37,2499	235	17936	147,6	100,9	90,9	91,9	84,8	46,3	12,3	15,1	22,4	48,8	95,4	157,3	913,8
ADANA	Kozan	35,8210	37,4394	123	17908	107,6	80,1	90,9	96,1	87,8	59,3	22,6	21,4	33,6	57,5	83,1	109,5	849,5
AKSARAY	Aksaray	34,0341	38,3680	971	17192	37,2	31,1	36,3	52,5	43,8	22,7	7,0	3,7	7,5	26,8	33,0	41,6	343,2
KAYSERİ	Develi	35,4911	38,3831	1,233	17836	39,6	39,3	44,4	55,5	50,0	21,0	4,4	2,8	7,3	28,5	33,3	43,7	369,8
KAYSERİ	Kayseri	35,4835	38,7177	1,058	17196	31,9	32,3	39,8	56,3	59,1	35,8	12,3	5,8	10,3	32,5	37,9	40,6	394,7
KAYSERİ	Tomarza	35,8051	38,4493	1,394	17837	35,5	34,8	38,4	54,4	58,1	36,4	9,1	5,0	13,4	35,5	36,5	40,8	397,9
KONYA	Ereğli	34,0542	37,5029	1,054	17248	30,1	25,8	30,3	44,0	38,2	23,9	5,3	3,9	6,6	22,6	28,7	35,2	294,6
NEVŞEHİR	Avanos	34,8495	38,7157	928	17833	29,9	34,4	28,3	40,1	44,7	25,2	8,1	3,7	8,2	26,5	32,8	38,1	320
NEVŞEHİR	Nevşehir	34,7177	38,6196	1,199	17193	41,9	40,9	44,0	53,3	60,9	27,8	9,9	4,3	11,8	34,4	38,6	49,7	417,5
NEVŞEHİR	Ürgüp	34,9050	38,6215	1,092	17835	36,9	33,1	36,6	55,0	57,7	31,6	10,9	3,9	11,8	32,2	34,8	40,0	384,5
NİĞDE	Niğde	34,6860	37,9706	1,223	17250	30,6	31,0	33,8	47,8	47,4	25,2	5,3	3,4	7,1	27,2	33,2	39,7	331,7
NİĞDE	Ulukışla	34,4996	37,5399	1,409	17906	24,4	22,5	35,1	49,4	54,1	29,3	6,8	4,6	7,6	27,8	26,7	33,3	321,6

jeoloji haritaları ile çalışma alanının örnekleme yapılan noktalarındaki kaya örneklerine ait (Şekil 4) jeokimyasal analiz verilerinden oluşmaktadır.

2.6. Arazi Çalışmaları

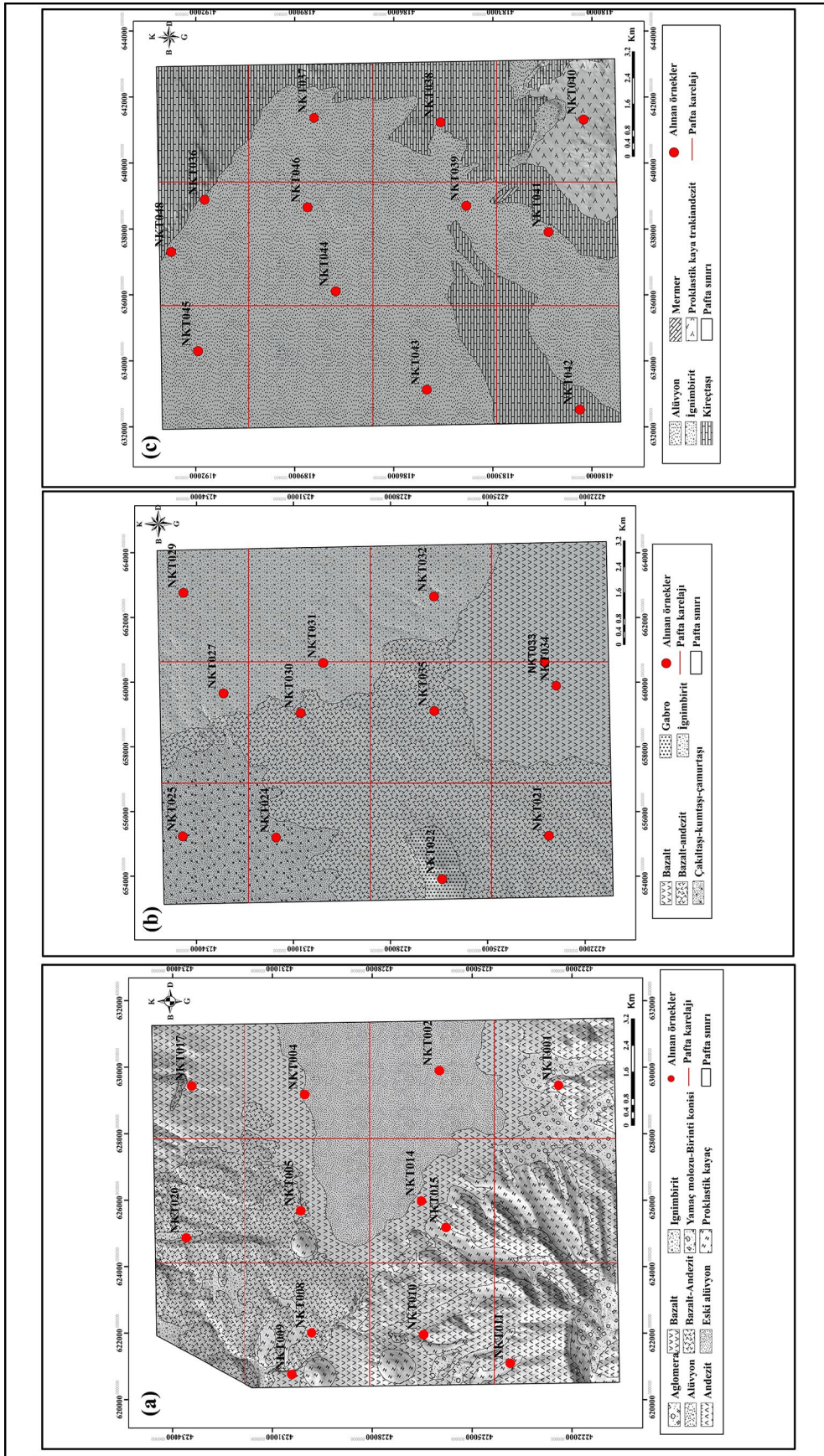
Çalışma alanı topraklarının farklı ana materyallerden oluşan litolojik birimler ile olan ilişkisinin ortaya konulması amacıyla, her bir çalışma alanından 12 adet ve toplamda 36'şar adet toprak ve kaya örnekleri alınmıştır. Arazinin topoğrafik yapısının örnekleme yapılacak noktaya ulaşımındaki elverişliliği dahilinde, grid yöntemine göre mümkün olduğunca her bir grid alanı içerisinde baskın olan litolojik birimlerden örnekleme yapılmıştır. Kaya örnekleri alandaki her bir farklı litolojik birimi temsil edecek noktalardan, toprak örnekleri ise kaya örneklerinin alındığı noktalardan 0-20 cm derinlikten alınmıştır (Şekil 4).

Çalışmada hem litolojik birimler ile bu litolojik birimler üzerlerinde oluşan topraklar arasındaki ilişkilerin ortaya konulabilmesi, hem de oluşan bu toprakların genel karakterlerinin belirlenmesi ve aynı zamanda bu toprakların tarımsal kullanıma uygunluklarının belirlenmesinde yardımcı veriler olarak kullanılan altlık veriler, farklı yöntemler uygulanarak üretilmiştir.

İklim ve toprak parametrelerinin yüzey dağılım haritaları, enterpolasyon yöntemine göre oluşturulmuştur. Bu yöntem; parametre değerleri

bilinmeyen başka bir konuma ait değerlerin hesaplanmasında, mevcut ölçüm yapılan noktalardaki değerleri kullanmaya dayanmaktadır (Esri, 2004). Herhangi bir noktadaki verinin tahmin edilmesinde çevre noktalardaki ölçülmüş verileri kullanan lokal enterpolasyon yöntemlerinden biri olan Ters Mesafe Ağırlıklı (Inverse Distance Weighting-IDW) enterpolasyon yöntemi en çok kullanılan yöntemlerden birisidir (Willmott ve Matsuura, 1995; Dodson ve Marks, 1997). Çalışma alanından alınan toprak örneklerinden elde edilen 9 farklı fiziksel ve kimyasal parametre ile yağış parametresinin dağılım haritalarının oluşturulmasında bu IDW enterpolasyon metodu kullanılmıştır.

Kaya ve toprak örneklerinin jeokimyasal analizlerinin yapılmasında X-Ray Floresans (XRF) analiz yöntemi kullanılmıştır. Toprak örneklerine ait fiziksel ve kimyasal analizlerden; kireç (CaCO_3) oranının belirlenmesinde Çağlar (1949), toprak tepkimesi (pH), elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam tuz oranının belirlenmesinde Richards (1954), toplam azot oranının belirlenmesinde Kaçar (1972), organik madde (OM) oranının belirlenmesinde Ülgen ve Ateşalp (1972), organik karbon oranının belirlenmesinde Kaçar (1994), hidrolik iletkenlik (permeabilite) oranının belirlenmesinde Klute (1965), su ile doygunluk oranının belirlenmesinde TS 8333 (1990), yöntemleri kullanılmıştır. Kaya ve toprak örnekleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde ise istatistiksel yöntemlerden Korelasyon Analizi'nden faydalanılmıştır.



Şekil 4- a) Çiftlik ve civarı (L32c2), b) Gölcük ve civarı (L33c1) ve c) Bor ve civarı (M33a4) toprak ve kaya örnekleri alınan noktalar.

Çalışma alanının eğim ve arazi şekilleri verisinin oluşturulmasında topoğrafik haritalar kullanılmıştır. Eğim verisi ArcGIS programının Spatial Analyst modülünde (Mc Coy ve Johnston, 2001) / Surface Analysis / slope menüsü kullanılarak oluşturulmuş, arazi şekilleri verisi ise, ArcGIS programının eklentisi olan Topograph Tools / Landform Classification modülü kullanılarak üretilmiştir (Jenness, 2005).

Bir alanın tarımsal açıdan ne derece kullanıma uygun olduğu, ancak o alanın ihtiyaç duyduğu kriterlere ait isteklerini karşılayabilmesiyle ilişkilidir. Çalışma alanının ihtiyaç duyduğu birden fazla çok sayıdaki ana kriterler (toprak, topoğrafya, iklim ve jeoloji) ve bunların alt kriterlerinin (suya doygunluk, elektriksel iletkenlik, toplam tuz, pH, kireç, organik madde, toplam azot, organik karbon, hidrolik iletkenlik (permeabilite), yağış, eğim, arazi şekilleri ve litolojik birimler) birlikte değerlendirildiği, tarımsal kullanıma uygunluk sınıflarının belirlenmesinde Çok Kriterli

Karar Verme Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem çok sayıda karmaşık yapıdaki konumsal verilerin biraraya getirilmesini ve verilerin aynı değerlendirme boyutunda farklı alternatifler dahilinde nasıl birleştirileceğini ortaya koyan bir yöntemdir (Yu vd., 2011). Kendi içerisinde birden fazla farklı teknikler içermesine rağmen, bu çalışmada Ağırlıklandırılmış Doğrusal Kombinasyon Yöntemi (Weighted Linear Combination) kullanılmıştır (Patrono, 1998).

Ağırlıklandırılmış Doğrusal Kombinasyon yönteminde; tarımsal kullanıma uygunluk sınıflarının belirlenmesine etki eden kriterler için göreceli önem derecesi gözönüne alınarak ağırlık puanları verilmiştir. Bu kriterler kendi içerisinde alt kriter sınıflarına ayrılmış ve bu sınıflara ait ayrı bir sayısal değerlendirme ile standart hale getirilmiş alt kriter puanları hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Alt kriter puanı ile ait olduğu kriterin ağırlık değerlerinin çarpılmasıyla kriterlerin aynı ölçekte

Çizelge 2- Kriterler ve alt kriterlere ait sınıf ve ağırlık puanları (FAO, 1976; Dorronsoro, 2002; Chuong ve Boehme, 2005; Jenness, 2005; Turoğlu, 2005; Cengiz ve Çelem, 2006).

KRİTERLER	Uygunluk Sınıfları			
	Çok uygun (S1)	Orta uygun (S2)	Az uygun (S3)	Uygun değil (N)
	<i>Alt Kriter Ağırlık Puanları</i>			
	4	3	2	1
TOPRAK ANA KRİTERİ				
pH	7,3-6,7	6,7-5,5 veya 7,3-8,0	5,5-4,5 veya 8,0-9,0	<4,5 veya >9,0
Kireç (CaCO ₃) (%)	<7	7-15	15-25	>25
Toplam azot (%)	> 0,2	0,1 – 0,2	< 0,1	----
Toplam tuz (%)	<2	2-6	6-12	>12
Elektriksel iletkenlik (EC) (dS/m)	< 4	4 - 8	8 - 16	> 16
Organik madde (%)	>5	5-2	2-1	<1
Organik karbon (%)	> 2,5	1,0 – 2,5	< 1,0	-----
Permeabilite (cm/saat)	>2	2-0,5	0,5-0,1	<0,1
Suya doygunluk (%)	>75	75-50	50-25	<25
TOPOĞRAFYA ANA KRİTERİ				
Eğim (%)	0 - 2	2 - 6	6 - 12	> 12
Arazi şekilleri	Ovalar - Açık eğimli alanlar	Çukur vadiler	Kanyonlar, derin oyuklu akıntılar, orta eğimli drenajlı sığ vadiler, yüksek arazili drenajlar, membalar	Üst eğimli alanlar, lokal sırtlar, vadi içindeki tepeler, orta eğimli sırtlar, dağ tepeleri yüksek sırtlar
İKLİM ANA KRİTERİ				
Yağış (mm)	>1000	1000-600	600-300	<300
JEOLJİ ANA KRİTERİ				
Litolojik birimler	Alüvyon, eski alüvyon	----	Yamaç molozu, birikinti konisi, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı	İgnimbrit, piroklastik kayac, bazalt-andezit, aglomera, gabro, kireçtaşı, trakiandezit, mermer

toplanabilir hale getirilmesi sağlanmıştır. Tarımsal kullanıma uygunluk sınıflarının belirlenmesinde, yöntemin sağlamış olduğu sayısal eşitlik aşağıda belirtilmiştir.

$$S = \sum_{i=1}^n W_i X_i \quad (1)$$

Eşitliğe göre, S: toplam puanı; W_i : kriterin ağırlık değerini; X_i : alt kriter puanını, n: toplam kriter sayısını ifade etmektedir. Ağırlıklandırılmış Doğrusal Kombinasyon yöntemine ait bu sayısal eşitlik kullanılarak her bir uygunluk sınıfı için sayısal değerler hesaplanmış ve (FAO, 1985)'te belirtilen arazi uygunluk sınıf aralıklarına göre yeniden sınıflandırılarak, farklı ana materyaller üzerinde oluşmuş toprakların tarımsal kullanıma uygunluk sınıfları belirlenmiştir.

Uygunluk sınıflarının alan içerisindeki dağılımlarına, kullanılan ana ve alt kriterlerin ağırlık puanları etkili olmaktadır. Her bir kriter için ağırlık puanları, Ağırlıklandırılmış Doğrusal Kombinasyon Yöntemine ait Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) tekniğine göre hesaplanmıştır (Satty, 1980).

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) tekniği, değerlendirmeye alınan kriterlerin ikili olarak birbirleriyle öncelik derecesine göre karşılaştırılmalarını sağlayan bir tekniktir. Kriterlerin birbirleriyle ikili karşılaştırılmaları Satty (1980) tarafından geliştirilen ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak yapılmıştır (Çizelge 3).

Kriterler arasında yapılan ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığını ölçmek için AHS tekniğinde, Tutarlılık Oranı (TO) hesaplanmaktadır.

%10 eşik değer olarak kabul edilen tutarlılık oranının eşik değere eşit veya daha küçük olması gerekmektedir. 0,10 (%10)'dan büyük olması durumunda kriterler arası ikili karşılaştırmaların tutarsız olduğu ve bu durumda ikili karşılaştırma matrisinin yeniden oluşturulması gerekmektedir (Armacost vd., 1994). Tutarlılık oranı, aşağıdaki bağıntı kullanılarak elde edilmiştir.

$$TO = \frac{T\bar{I}}{R\bar{I}} \quad (2)$$

Tİ = Tutarlılık indeksi, Rİ = Rastgele indeks,

Tutarlılık indeksi (Tİ); ise aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$T\bar{I} = \frac{(\lambda \max - n)}{(n-1)} \quad (3)$$

Tİ : Tutarlılık indeksi

n: Karşılaştırılan elemanların sayısı

$\lambda \max$: Maksimum özdeğer;

Maksimum özdeğer; kriterlere ait ikili karşılaştırmalar matrisi ile normalize ağırlık değerlerinin çarpılması sonucu elde edilen ağırlıklandırılmış toplam vektöre ait her bir elemanın, buna karşılık gelen normalize ağırlık değerlerine bölünmesinden elde edilen değerlerin aritmetik ortalamasıdır.

Rastgele indeks (Rİ); rastgele olarak üretilmiş ikili karşılaştırmalar matrislerinin ortalama tutarlılık indeksini ifade eder. Rİ değerleri, karşılaştırılan elemanların sayısına (n) bağlı olarak aşağıdaki değerleri alır (Çizelge 4).

Çizelge 3- AHS tekniği ikili karşılaştırma ölçeği (Satty, 1980).

Sayısal değer	Tanım
1	Öğeler eşit derecede öneme sahiptir.
3	1. ölçüt 2.'ye göre biraz daha önemlidir.
5	1. ölçüt 2.'ye göre fazla önemlidir.
7	1. ölçüt 2.'ye göre çok fazla önemlidir.
9	1. ölçüt 2.'ye göre olası en kuvvetli öneme sahiptir.
2,4,6,8	İki yakın ölçek arasındaki ara değerdir. Uzlaşma gereken durumlarda kullanılmaktadır.

Çizelge 4- Matris boyutlarına göre değişen rastgele indeks değerleri (Satty, 1980).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rİ	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

3. Bulgular ve Tartışma

Toprak ile jeolojik birimler arasında sıkı bir ilişki vardır. Toprak oluşumunda önce kayalar toprak ana materyaline dönüşmekte ve sonra da toprak ana materyalinden, toprak meydana gelmektedir (Brady, 1990). Toprak ana materyali toprakların oluşumuna etki eden faktörlerden sadece birisidir. Ancak bunun etkisi, iklim, topoğrafya, organizma ve zaman faktörleri ile birlikte düşünülmelidir (Akalan, 1983). Bu sayılan faktörlerden biri veya birkaçı, özellikle lokal alanlarda ana materyal ve topoğrafya geniş coğrafi alanlarda ise iklim ve vejetasyon hakim etkiye sahiptir. Bu nedenle aynı ana materyalden her zaman aynı topraklar meydana gelmez. Dünyanın değişik yerlerinde benzer ana materyalden çok farklı topraklar meydana gelmektedir. Yapılan bu çalışmada farklı litolojik birimlerden oluşan ana materyaller üzerinde gelişen bölge topraklarıyla litolojik birimler arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla araziden toplanan toprak ve kaya örneklerinden toprak örnekleri için fiziksel, kimyasal ve jeokimyasal analizlerden, kaya örnekleri için ise jeokimyasal analizlerden elde edilen parametreler kullanılarak, toprakların karakterizasyonu ve litoloji ile olan ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır (Çizelge 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13).

Çalışma alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre önemli karakterizasyonları belirlenmiştir. Buna göre; Çiftlik ve Bor civarı toprakların killi topraklar grubunda orta ince topraklar, Gölcük ve civarı toprakların ise tınlı-kumlu topraklar grubunda orta-çok kaba topraklar olduğu görülmüştür. Her üç alanda gözlenen toprakların tuzsuz topraklar olduğu, Çiftlik ve civarı toprakların genel olarak çok hafif asitlik - orta alkali topraklar olduğu, Bor ve Gölcük civarı toprakların ise hafif alkali - kuvvetli alkali topraklar olduğu tespit edilmiştir.

Aynı zamanda Çiftlik ve Gölcük civarı toprakların genel olarak kireçsiz-çok az kireçli topraklar, Bor civarı toprakların ise, bölgede hakim birim olan üst Miyosen-alt Pliyosen kireçtaşlarının üzerinde gelişen topraklar olmasından dolayı, çok kireçli - marnlı topraklar olduğu tespit edilmiştir. Çiftlik ve civarı toprakların bazı lokasyonlarının diğer iki alanda gözlenen topraklara nazaran organik madde içeriği açısından biraz daha yüksek olmasına rağmen, genel anlamda bölge topraklarının düşük ve orta düzeyde organik madde içeren topraklar olduğu belirlenmiştir.

Gölcük ve civarı toprakların tınlı-kumlu topraklar grubunda orta-çok kaba topraklar olmasından dolayı, diğer Çiftlik ve Bor civarı topraklara nazaran geçirgenliği daha yüksek topraklardır. Buna göre Gölcük ve civarı topraklar genel olarak hızlı, Çiftlik ve Bor civarı toprakların ise orta geçirimliliğe sahip topraklar olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanının her üç bölgesinde yüzeyleyen ana kaya ve örnekleme yapılan toprakların jeokimyasal analizleri yapılmış ve elde edilen ana ve iz element içerikleri ile topraklarda hesaplanan bazı element oranları kullanılarak toprakların litoloji ile olan ilişkileri ortaya konulmuştur. Toprak ve kaya örnekleri için yapılan jeokimyasal analizlere örnek olarak Çiftlik ve civarı çalışma alanı çizelge 6 ve çizelge 8 olarak verilmiştir. Bu çizelgelere göre toprak örneklerine ait ana oksitlerden SiO_2 içeriği %2,78 - 70,74, TiO_2 içeriği %0,24 - 1,05, Al_2O_3 içeriği %12,66 - 22,16, Fe_2O_3 içeriği %1,74 - 7,89, MnO içeriği %0,07- 0,15, MgO içeriği %0,69 - 2,79, CaO içeriği %1,73 - 15,58, Na_2O içeriği %0,93 - 2,45, K_2O içeriği %1,86 - 4,76, P_2O_5 içeriği ise %0,09 - 1,07 arasında değişmektedir. Aynı şekilde kaya örneklerine ait ana oksitlerden SiO_2 içeriği %53,82 - 68,83, TiO_2 içeriği %0,13 - 1,22, Al_2O_3 içeriği %9,23 - 24,7, Fe_2O_3 içeriği %1,11 - 7,77, MnO içeriği %0,07 - 0,14, MgO içeriği %2,81 - 0,42, CaO içeriği %3,41 - 23,88, Na_2O içeriği %2,16 - 4,03, K_2O içeriği %1,64 - 4,96, P_2O_5 içeriği ise %0,14 - 0,52 arasında değişmektedir.

Çiftlik ve civarından alınan toprakların Ca/Mg oranlarının 1,87 ile 12,68 değerleri arasında, aynı topraklardan ölçülen kireç oranlarının ise %0 - 12,19 değerleri arasında değişiyor olmaları (Çizelge 5, 6), magmatik kökenli bölge litolojisinin etkisinde kalan çalışma alanı topraklarının kireç içeriklerinin düşük olmasının bir göstergesidir. Çiftlik ve civarındaki topraklara ait parametrelere uygulanan korelasyon analizinde (Çizelge 7), ana elementlerin kendi aralarında ve özellikle Si'la düşük pozitif ve negatif değerler gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumun, toprakların çalışma alanında baskın olarak gözlenen magmatik ve tortul kökenli litolojiye işaret ettiğini, toprakta özellikle alkali (Ca, Na, K gibi) elementlerin alterasyona bağlı olarak yıkandıklarını (Price ve Velbel, 2003), buna bağlı olarak da bölgedeki toprakların taşınma, yıkanma ve yer yer de yerinde gelişerek oluştuklarının bir göstergesidir (Gürel, 2006).

Çizelge 5- Çalışma alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal analiz değerleri.

Çiftlik ve civarı (L32c2)	X	Y	Rakım (m)	Bünye sınıfı	EC dS/m	T.T %	pH	Kireç %	O.M %	T.A %	O.K %	Per. cm/saat	Sat. %	Litoloji
NKT1	629454.81	4222400.49	1744.69	CL	0,983	0,039	6,77	0,00	1,10	0,06	0,64	16,52	62	Andezit
NKT2	629896.00	4225982.00	1551.16	CL	0,951	0,033	6,67	0,00	1,23	0,06	0,71	9,85	55	Eski alüvyon
NKT4	629177.00	4230026.00	1556.06	L	0,442	0,013	4,33	0,00	0,80	0,04	0,46	1,81	45	Eski alüvyon
NKT5	625681.00	4230145.00	1542.72	CL	0,911	0,041	7,36	0,59	3,36	0,17	1,95	4,57	70	Bazalt-Andezit
NKT8	622009.00	4229815.00	1503.56	CL	1,013	0,035	7,69	12,19	3,31	0,17	1,92	2,20	54	Bazalt-Andezit
NKT9	620757.00	4230410.00	1471.11	L	0,797	0,024	7,71	3,40	4,24	0,21	2,46	2,02	48	Bazalt
NKT10	621956.00	4226448.00	1664.58	CL	0,819	0,029	7,28	0,37	1,16	0,06	0,67	16,89	55	Bazalt
NKT11	621094.07	4223854.08	1917.36	L	0,603	0,019	7,60	0,59	1,39	0,07	0,81	1,55	48	Piroklastik kayaç
NKT14	625977.00	4226518.00	1548.49	L	0,417	0,011	5,75	0,00	0,90	0,05	0,52	7,69	42	Bazalt
NKT15	625179.00	4225786.00	1640.62	C	0,944	0,043	7,12	0,00	0,97	0,05	0,56	2,27	71	Piroklastik kayaç
NKT17	629435.00	4233419.00	1678.06	L	0,902	0,027	7,91	1,92	0,87	0,04	0,50	2,47	46	Bazalt
NKT20	624865.00	4233582.00	1713.07	CL	1,179	0,043	7,69	0,74	0,84	0,04	0,49	1,43	57	Bazalt-Andezit
Gölcük ve civarı (L33c1)	X	Y	Rakım (m)	Bünye sınıfı	EC dS/m	T.T %	pH	Kireç %	O.M %	T.A %	O.K %	Per. cm/saat	Sat. %	Litoloji
NKT21	655250.00	4223122.00	1358.48	S	0,571	0,009	7,94	0,59	1,13	0,06	0,66	1,77	25	Bazalt-Andezit
NKT22	653909.97	4226416.04	1455.07	L	0,843	0,022	7,87	0,59	1,01	0,05	0,59	12,25	41	Gabro
NKT24	655197.00	4231537.00	1313.33	L	0,844	0,020	7,91	0,74	1,20	0,06	0,70	6,17	37	Çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı
NKT25	655231.00	4234416.00	1317.17	S	0,348	0,006	8,23	1,63	1,09	0,05	0,63	2,83	26	Çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı
NKT27	659650.00	4233159.00	1360.04	L	0,593	0,015	7,35	0,15	2,42	0,12	1,40	14,06	39	İğnimbirit
NKT29	662760.00	4234396.00	1387.30	L	1,185	0,024	7,74	0,37	2,12	0,11	1,23	10,82	32	İğnimbirit
NKT30	659048.00	4230781.00	1338.90	L	0,702	0,017	7,42	0,30	1,08	0,05	0,63	12,35	37	Bazalt-Andezit
NKT31	660592.00	4230079.00	1355.06	L	0,687	0,018	7,61	0,15	1,54	0,08	0,89	9,27	42	İğnimbirit
NKT32	662645.00	4226663.00	1370.00	CL	0,632	0,022	7,89	1,26	1,14	0,06	0,66	1,97	55	İğnimbirit
NKT33	660623.00	4223256.00	1340.08	S	0,715	0,013	7,83	0,30	0,97	0,05	0,56	23,98	28	Bazalt
NKT34	659888.00	4222888.00	1339.45	L	0,892	0,026	7,74	1,26	0,93	0,05	0,52	17,98	46	Bazalt
NKT35	659110.00	4226652.00	1335.00	S	0,625	0,011	8,02	4,95	1,06	0,05	0,61	3,02	28	Bazalt-Andezit
Bor ve civarı (M33a4)	X	Y	Rakım (m)	Bünye sınıfı	EC dS/m	T.T %	pH	Kireç %	O.M %	T.A %	O.K %	Per. cm/saat	Sat. %	Litoloji
NKT36	638883.00	4191734.00	1104.57	L	0,757	0,018	8,02	35,17	1,64	0,08	0,95	1,47	38	Alüvyon
NKT37	641367.00	4188417.00	1137.89	L	0,811	0,020	8,10	33,18	2,14	0,11	1,24	12,75	39	Alüvyon
NKT38	641234.00	4184589.00	1122.05	C	1,541	0,082	8,62	16,70	1,72	0,09	1,00	0,00	83	Kireçtaşı
NKT39	638703.00	4183810.00	1093.56	CL	1,749	0,071	7,72	29,56	0,58	0,03	0,34	3,54	63	Alüvyon
NKT40	641315.00	4180267.00	1173.94	L	0,705	0,018	8,01	14,33	2,30	0,12	1,33	4,84	40	Piroklastik kayaç-Trakiandezit
NKT41	637908.00	4181325.00	1094.25	L	0,754	0,020	7,98	18,55	1,04	0,05	0,60	2,02	41	Alüvyon
NKT42	632522.89	4180374.00	1060.00	C	1,427	0,065	8,60	24,75	0,87	0,04	0,50	0,91	71	Kireçtaşı
NKT43	633126.00	4185001.00	1069.55	L	0,834	0,024	8,11	29,56	1,39	0,07	0,81	0,80	45	Alüvyon
NKT44	636111.00	4187762.00	1083.10	CL	0,871	0,034	8,14	39,90	2,03	0,10	1,18	2,24	61	Alüvyon
NKT45	634298.00	4191933.00	1087.42	CL	1,502	0,065	7,74	32,66	2,00	0,10	1,16	3,60	68	Alüvyon
NKT46	638656.00	4188620.00	1106.13	L	0,873	0,027	7,93	41,23	2,02	0,10	1,17	4,00	49	Alüvyon
NKT48	637300.00	4192751.00	1100.00	L	0,657	0,019	8,00	40,49	1,68	0,08	0,97	1,11	44	Alüvyon

L: Tınlı, CL: Killi Tınlı, C: Killi, S: Kumlu, EC: Elektriksel iletkenlik, T.T: Toplam tuz, O.M: Organik madde, T.A: Toplam azot, O.K: Organik karbon, Per.: Permeabilite (Hidrolik iletkenlik) Sat.: Su ile doygunluk (Saturasyon)

Çizelge 6- Çiftlik ve civarı çalışma alanından alınan toprak örneklerine ait jeokimyasal analizler.

	ÇT-1	ÇT-2	ÇT-3	ÇT-4	ÇT-5	ÇT-6	ÇT-7	ÇT-8	ÇT-9	ÇT-10	ÇT-12_1	ÇT-12_2
X ₁	621094	625179	629455	621956	625977	629896	622009	625681	629177	620757	629435	629435
Y ₁	4223854	4225786	4222400	4226448	4226518	4225982	4229815	4230145	4230026	4230410	4233419	4233419
Rakım	1917	1641	1745	1665	1548	1551	1504	1543	1556	1471	1678	1678
%												
SiO ₂	67,12	66,28	65,05	61,58	65,58	66,22	52,78	60,46	70,74	60,8	63,03	68,43
TiO ₂	0,65	0,7	0,87	0,84	0,80	0,80	1,04	1,05	0,45	0,89	0,81	0,24
Al ₂ O ₃	18,57	16,3	18,91	22,16	16,98	17,68	16,66	19,97	16,61	16,66	19,7	12,66
Fe ₂ O ₃	4,27	5,19	5,72	6,17	5,07	5,32	7,43	7,89	3,06	6,39	5,57	1,74
MnO	0,1	0,1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,15	0,15	0,07	0,14	0,14	0,08
MgO	1,28	2,11	1,37	1,41	1,4	1,23	2,79	2,31	0,80	2,57	1,21	0,69
CaO	2,82	4,6	3,24	3,24	4,32	3,56	15,58	4,32	1,73	7,42	4,39	8,75
Na ₂ O	1,83	1,1	1,68	1,67	2,45	2,02	1,28	1,21	1,96	0,93	1,27	2,34
K ₂ O	3,05	3,22	2,59	2,43	2,68	2,6	1,86	2,27	4,26	2,89	3,55	4,76
P ₂ O ₅	0,11	0,23	0,23	0,13	0,36	0,2	0,16	0,12	0,17	1,07	0,09	0,09
Toplam	99,80	99,83	99,79	99,76	99,77	99,76	99,73	99,75	99,85	99,76	99,76	99,78
ppm												
Nb	17	8	14	18	11	10	16	17	24	16	25	15
Rb	91	91	91	91	82	91	71	91	183	91	183	183
Ba	1000	700	700	1000	800	800	700	700	600	800	900.00	1500.00
Sr	400	300	500	500	600	500	700	400	200	500.00	400	300
Zr	200	200	300	300	200	200	400	300	200	200	400	100
Fe	29900	36300	40000	43200	35500	37200	52000	55200	21400	44700	39000	12200
Mn	800	800	1000	1000	1000	1000	1200	1200	500	1100	1100	600
Cr	65	137	68	68	137	137	274	205	68	205	137	50
Cu	34	58	63	55	51	57	64	57	40	68	70	30
Ni	68	73	79	76	62	64	157	157	35	79	79	37
Zn	66	77	80	80	80	76	80	80	59	80	80	47
As	19	27	3	23	14	26		19	2	14	26	23
Y		16	20		17	18		23	17		27	9
Ca/Mg	2,20	2,18	2,36	2,30	3,09	2,89	5,58	1,87	2,16	2,89	3,63	12,68
Ba/Sr	2,50	2,33	1,40	2,00	1,33	1,60	1,00	1,75	3,00	1,60	2,25	5,00

Normalleştirilmiş değer; bir toprak profilinden elde edilen her bir jeokimyasal parametrenin, profilin üzerinde geliştiği taze ana kayaya göre oransal (Toprak/Ana kaya; T/K) değerleridir. Bu değerler bölgede oluşan toprak profili içindeki elementel dağılımın-zenginleşmenin daha iyi yorumlanabilmesi için oldukça kullanışlı veriler sağlamaktadır (Tijani vd., 2006). Çiftlik ve civarındaki topraklarda gözlenen ana ve iz elementlerin ana kaya ile normalleştirilmiş değerleri çizelge 9 olarak verilmiştir. Buna göre bölge topraklarının ana kayaya göre oransal iz elementlerden; Nb 0,75-2,36, Rb 1-5,57, Ba 0,58-1,75, Sr 0,22-1,67, Zr 0,50 - 3, Fe 0,39-1,56, Mn 0,50 - 2, Cr 1-5,19, Cu 0,54-2,20, Ni 0,39-4,17, Zn 0,73-1,39, As 0,00-3,31 ve Y ise 0,64-1,55 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 9). Bu durum çalışma alanı litolojisini oluşturan ağırlıklı bazalt andezit mağmatizması sonucu oluşan volkanik kayaların ayrışması sonucu bu elementlerin toprakta fazlasıyla bulunması sonucunu doğurmuştur.

Gölcük ve civarından alınan toprak örneklerine ait ana oksitlerden SiO₂ içeriği %39,6-69, TiO₂ içeriği %0,45-1,08, Al₂O₃ içeriği %11,53-18,18, Fe₂O₃ içeriği %3,27-9,6, MnO içeriği %0,08- 0,18, MgO içeriği %1,06-4,76, CaO içeriği %3,02-37,01, Na₂O içeriği %0,35-2,39, K₂O içeriği %1,67-4,26, P₂O₅ içeriği ise %0,09-0,26 arasında değişmektedir. Toprak örneklerine karşılık gelen kaya örneklerinin ana oksitlerinden SiO₂ içeriği %19,4-93,9, TiO₂ içeriği %0,16-1,14, Al₂O₃ içeriği %0,38-19,93, Fe₂O₃ içeriği %0,11-14,4, MnO içeriği %0,04-0,14, MgO içeriği %0,08-14,01, CaO içeriği %1,65-74,9, Na₂O içeriği %0,03-3,66, K₂O içeriği %0,04-4,56, P₂O₅ içeriği ise %0,05-0,83 arasında değişmektedir.

Gölcük ve civarından alınan toprakların Ca/Mg oranlarının 1,50 ile 14,51 değerleri arasında, aynı topraklardan ölçülen kireç oranlarının ise, %0,15 - 8,17 değerleri arasında değişiyor olmaları (Çizelge 5), çalışma alanında gözlenen düşük düzeyli kireç

Çizelge 7- Çiftlik ve civarından alınan topraklardan elde edilen parametrelere ait korelasyon matrisi (p<0,01).

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Rb	Ba	Sr	Zr	Cr	Cu	Ni	Zn	As	EC	T.Tuz	pH	Kireç	O.M.	T.Azot	O.C.	Perm.	Sat.			
SiO ₂	1,00																														
TiO ₂	-0,79	1,00																													
Al ₂ O ₃	-0,29	0,62	1,00																												
Fe ₂ O ₃	-0,82	0,98	0,61	1,00																											
MnO	-0,81	0,93	0,53	0,91	1,00																										
MgO	-0,81	0,76	0,12	0,81	0,65	1,00																									
CaO	-0,71	0,20	-0,43	0,24	0,31	0,56	1,00																								
Na ₂ O	0,58	-0,59	-0,31	-0,67	-0,48	-0,76	-0,24	1,00																							
K ₂ O	0,73	-0,93	-0,58	-0,90	-0,83	-0,69	-0,22	0,37	1,00																						
P ₂ O ₅	-0,17	0,22	-0,17	0,21	0,24	0,46	0,13	-0,36	-0,13	1,00																					
Rb	0,51	-0,71	-0,32	-0,68	-0,57	-0,66	-0,17	0,25	0,88	-0,27	1,00																				
Ba	0,24	-0,60	-0,35	-0,57	-0,33	-0,47	0,15	0,43	0,51	-0,19	0,39	1,00																			
Sr	-0,74	0,71	0,23	0,63	0,78	0,52	0,51	-0,07	-0,80	0,23	-0,69	-0,18	1,00																		
Zr	-0,72	0,72	0,62	0,71	0,69	0,42	0,27	-0,52	-0,57	-0,22	-0,16	-0,42	0,47	1,00																	
Cr	-0,82	0,72	0,00	0,75	0,70	0,88	0,65	-0,60	-0,60	0,35	-0,45	-0,46	0,57	0,48	1,00																
Cu	-0,64	0,79	0,43	0,78	0,81	0,61	0,20	-0,69	-0,59	0,38	-0,35	-0,54	0,51	0,70	0,63	1,00															
Ni	-0,86	0,81	0,35	0,86	0,75	0,80	0,51	-0,59	-0,74	-0,05	-0,52	-0,38	0,53	0,68	0,79	0,51	1,00														
Zn	-0,63	0,93	0,65	0,89	0,86	0,63	0,02	-0,55	-0,84	0,28	-0,66	-0,62	0,64	0,66	0,57	0,87	0,58	1,00													
As	-0,28	0,05	0,06	0,11	0,20	0,13	0,32	-0,17	-0,06	-0,22	-0,06	0,43	0,06	0,04	0,21	0,09	0,16	0,09	1,00												
EC	-0,03	-0,27	-0,34	-0,25	-0,06	-0,01	0,31	0,15	0,19	0,12	-0,01	0,71	0,13	-0,33	-0,01	-0,21	-0,20	-0,19	0,70	1,00											
T.Tuz	-0,13	-0,18	-0,20	-0,14	-0,01	0,12	0,29	0,02	0,07	0,32	-0,15	0,65	0,18	-0,33	-0,01	-0,18	-0,16	-0,11	0,55	0,92	1,00										
pH	-0,27	0,07	-0,05	0,11	0,28	0,12	0,29	0,03	-0,03	-0,02	0,04	0,39	0,19	0,00	0,36	0,01	0,17	0,03	0,77	0,68	0,55	1,00									
Kireç	0,11	0,07	-0,06	-0,04	0,18	-0,17	-0,11	0,56	-0,14	0,06	-0,17	-0,03	0,39	-0,14	0,05	-0,01	-0,17	0,21	0,02	0,27	0,11	0,35	1,00								
O.M.	0,02	0,20	0,30	0,14	0,25	-0,14	-0,24	0,41	-0,39	-0,06	-0,40	-0,02	0,39	-0,11	-0,03	0,05	-0,11	0,29	0,33	0,16	0,14	0,39	0,58	1,00							
T.Azot	0,02	0,20	0,30	0,14	0,24	-0,14	-0,24	0,42	-0,39	-0,05	-0,41	-0,04	0,40	-0,12	-0,03	0,03	-0,11	0,29	0,31	0,16	0,14	0,38	0,59	1,00	1,00						
O.C.	0,02	0,20	0,30	0,14	0,25	-0,14	-0,24	0,41	-0,39	-0,06	-0,40	-0,02	0,39	-0,11	-0,03	0,04	-0,11	0,29	0,34	0,17	0,14	0,40	0,58	1,00	1,00	1,00					
Perm.	-0,25	0,05	-0,05	0,05	-0,16	0,29	0,35	-0,18	-0,19	-0,22	-0,26	-0,17	0,12	0,19	0,18	-0,20	0,25	-0,07	0,03	0,06	0,10	-0,11	-0,30	-0,25	-0,23	-0,25	1,00				
Sat.	-0,28	0,07	0,06	0,12	0,12	0,32	0,23	-0,19	-0,18	0,49	-0,37	0,38	0,27	-0,20	0,06	-0,03	-0,01	0,09	0,31	0,63	0,87	0,30	-0,10	0,13	0,14	0,13	0,16	1,00			

T.AZOT: Toplam azot, OC: Organik karbon, OM: Organik madde, T.TUZ: Toplam Tuz, PERM.: Hidrolik iletkenlik (Permeabilite), SAT: Suyu doygunluk (Saturasyon).

Çizelge 8- Çiftlik ve civarı çalışma alanından alınan ana kaya örneklerine ait jeokimyasal analizler.

	ÇK-1	ÇK-2	ÇK-3	ÇK-4_1	ÇK-4_2	ÇK-5	ÇK-7	ÇK-8	ÇK-10	ÇK-11	ÇK-12_1	ÇK-12_2
X ₁	621094	625179	629455	621956	621956	625977	622009	625681	620757	624865	629435	629435
Y ₁	4223854	4225786	4222400	4226448	4226448	4226518	4229815	4230145	4230410	4233582	4233419	4233419
RAKIM	1917	1641	1745	1665	1665	1548	1504	1543	1471	1713	1678	1678
%	Piroklastik	Piroklastik	Andezit	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt Andezit	Bazalt Andezit	Bazalt	Bazalt Andezit	Bazalt	Bazalt
SiO ₂	62,66	58,19	64,45	63,25	57,26	61,54	57,6	57,58	53,82	59,2	68,83	58,38
TiO ₂	0,66	0,84	0,54	0,69	0,84	0,71	0,71	0,99	1,22	0,85	0,43	0,13
Al ₂ O ₃	17,08	20,3	16,57	18,17	24,7	20,1	18,14	19,43	18,02	16,01	15,64	9,23
Fe ₂ O ₃	4,53	5,7	4,06	5,06	5,32	4,71	5,17	6,17	7,77	5,87	2,64	1,11
MnO	0,09	0,11	0,07	0,1	0,09	0,11	0,11	0,14	0,13	0,12	0,09	0,07
MgO	1,81	1,78	2,06	1,44	1,01	1,45	1,66	1,87	2,81	2,81	0,42	0,6
CaO	6,44	7,07	6,29	4,95	5,56	5,18	10,34	7,2	9,44	8,22	3,41	23,88
Na ₂ O	3,82	3,88	3,59	3,23	2,78	3,07	3,82	3,87	4,03	3,98	3,21	2,16
K ₂ O	2,51	1,64	2,05	2,67	1,84	2,37	1,82	2,22	1,95	2,61	4,96	4,03
P ₂ O ₅	0,24	0,27	0,19	0,23	0,3	0,52	0,38	0,26	0,52	0,14	0,16	0,18
Toplam	99,84	99,78	99,87	99,79	99,7	99,76	99,75	99,73	99,71	99,81	99,79	99,77
ppm												
Nb	10	11	7	8	12	10	10	9	10	10	16	12
Rb	65	33	56	75	46	59	13	32	34	70	183	183
Ba	600	800	400	900	1200	800	1000	1200	700	600	1000	1200
Sr	600	700	500	500	700	600	800	400	900	300	300	500
Zr	200	400	100	200	400	300	400	200	400	200	300	0,03
Fe	31700	39900	28400	35400	37200	32900	36200	43200	54300	41100	18500	7800
Mn	700	900	500	800	700	900	900	1100	1000	900	700	500
Cr		60	30	68		38	53	68	65	137		
Cu	36	56	36	69	37	72	47	37	73	60	32	26
Ni	45	79	41	61	157	79	63	79	52	71	19	28
Zn	59	66	63	63	80	72	68	72	80	67	58	60
As				11	11	11						20
Y	13			19	15		22	24	26	20	17	9

içeriklerinin, bölgede baskın litolojinin magmatik kayalardan oluşmasına bağlı olarak, yerinde geliştiklerinin bir göstergesidir. Toprak parametrelerine uygulanan korelasyon analizinde (Çizelge 10), ana elementlerin kendi aralarında ağırlıklı olarak düşük ancak pozitif değerler göstermiş olması, bu çalışma alanında gelişmiş toprakların iklimsel faktörlere bağlı olarak daha az yıkıldığı, daha az taşındığı ve yerinde gelişerek oluştuklarını göstermektedir (Gürel, 2006).

Gölcük ve civarı toprakların ana kaya ile normalleştirilmiş değerlerinde; ana ve iz element değerlerinin düşük oranlarda değişken değerler aldığı ve ana kayaya göre elementlerden Nb 0-1,50, Rb

0,50-4,54 , Ba 0,43-1,20 , Sr 0,23-2,50 , Zr 0,01-1,54 , Fe 0,27-4,73 , Mn 0,83-3, Cr 1,67-9,12, Cu 0,49-1,63 , Ni 0,69-4,25 , Zn 1-2,62 , As 0,25-2,26 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanı topraklarında en fazla gözlenen element olan Cr ise 1,67-9,12 aralığındaki değerleri ile bölgede gözlenen bazik içerikli litolojinin baskınlığını işaret etmektedir (Çizelge 11).

Bor ve civarından alınan topraklara ait ana oksitlerden SiO₂ içeriği %28,2-51,92, TiO₂ içeriği %0,48-1,01, Al₂O₃ içeriği %7,03-15,31, Fe₂O₃ içeriği %3,67-8,78, MnO içeriği %0,08-0,18, MgO içeriği %1,53-11,4, CaO içeriği %16,86-55,19, Na₂O içeriği

Çizelge 9- Çiftlik ve civarı topraklarda ana ve iz elementlerin ana kaya ile normalize (T/K) edilmiş değerleri.

	ÇT-1	ÇT-2	ÇT-3	ÇT-4	ÇT-5	ÇT-6	ÇT-7	ÇT-8	ÇT-9	ÇT-10	ÇT-11	ÇT-12
	Piroklastit	Piroklastit	Andezit	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt Andezit	Bazalt Andezit	Bazalt	Bazalt Andezit	Bazalt	Bazalt
SiO ₂	1,07	1,14	1,01	0,97	1,15	1,08	0,92	1,05	1,31	1,03	0,92	1,47
TiO ₂	0,98	0,83	1,61	1,22	0,95	1,13	1,46	1,06	0,37	1,05	1,88	1,85
Al ₂ O ₃	1,09	0,80	1,14	1,22	0,69	0,88	0,92	1,03	0,92	1,04	1,26	1,37
Fe ₂ O ₃	0,94	0,91	1,41	1,22	0,95	1,13	1,44	1,28	0,39	1,09	2,11	1,57
MnO	1,11	0,91	1,86	1,30	1,44	1,18	1,36	1,07	0,54	1,47	1,56	1,14
MgO	0,71	1,19	0,67	0,98	1,39	0,85	1,68	1,24	0,28	0,91	2,88	1,15
CaO	0,44	0,65	0,52	0,65	0,78	0,69	1,51	0,60	0,18	0,90	1,29	0,37
Na ₂ O	0,48	0,28	0,47	0,52	0,88	0,66	0,34	0,31	0,49	0,23	0,40	1,08
K ₂ O	1,22	1,96	1,26	0,91	1,46	1,10	1,02	1,02	2,18	1,41	0,72	1,18
P ₂ O ₅	0,46	0,85	1,21	0,57	1,20	0,38	0,42	0,46	0,33	7,64	0,56	0,50
Nb	1,79	0,75	2,00	2,36	0,94	0,93	1,53	1,94	2,27	1,53	1,57	1,29
Rb	1,41	2,78	1,64	1,22	1,80	1,55	5,57	2,86	5,41	1,30	1,00	1,00
Ba	1,67	0,88	1,75	1,11	0,67	1,00	0,70	0,58	0,86	1,33	0,90	1,25
Sr	0,67	0,43	1,00	1,00	0,86	0,83	0,88	1,00	0,22	1,67	1,33	0,60
Zr	1,00	0,50	3,00	1,50	0,50	0,67	1,00	1,50	0,50	1,00	1,33	0,33
Fe	0,94	0,91	1,41	1,22	0,95	1,13	1,44	1,28	0,39	1,09	2,11	1,56
Mn	1,14	0,89	2,00	1,25	1,43	1,11	1,33	1,09	0,50	1,22	1,57	1,20
Cr		2,27	2,27	1,00		3,64	5,19	3,00	1,05	1,50		
Cu	0,96	1,03	1,76	0,80	1,39	0,79	1,36	1,54	0,54	1,13	2,20	1,19
Ni	1,53	0,93	1,92	1,26	0,39	0,81	2,50	2,00	0,67	1,11	4,17	1,34
Zn	1,12	1,17	1,27	1,28	1,01	1,06	1,18	1,11	0,73	1,19	1,39	0,77
As	1,58	3,31	0,61	2,07	1,27	2,43	0,00	1,89	0,25	2,06	1,72	1,15
Y					1,11			0,97	0,64		1,55	1,00

%0,35-1,46, K₂O içeriği %1,37-3,21, P₂O₅ içeriği ise %0,09-0,64 arasında değişmektedir. Bu alana ait kaya örneklerinin ana oksitlerinden SiO₂ içeriği %0,38-70,03, TiO₂ içeriği %0,06-1,06, Al₂O₃ içeriği %0,12-13,89, Fe₂O₃ içeriği %0,06-7,58, MnO içeriği %0,05-1,59, MgO içeriği %0,12-4,56, CaO içeriği %4,31-96,1, Na₂O içeriği %0,05-3,85, K₂O içeriği %0,03-5,27, P₂O₅ içeriği ise %0,05-0,25 arasında değişmektedir.

Bu bölge topraklarının Ca/Mg oranlarının 2 ile 25 değerleri arasında, aynı topraklardan ölçülen kireç oranlarının ise %9 - 41 değerleri arasında değiştikleri (Çizelge 5) ve bu toprakların kalsik özellik gösterdiği belirlenmiştir. Toprakların, taşınmış olmaktan ziyade bölgede yüzeyleyen karbonatça zengin kayalardan türemiş oldukları anlaşılmaktadır. Toprak parametrelerine uygulanan korelasyon analizinde (Çizelge 12), ana elementlerin kendi aralarında

yüksek pozitif (Ca yüksek negatif korelasyon) gösterdiği, bu durum toprakların benzer proseslerle ve benzer litojenik kökenden itibaren oluştuğunu göstermektedir. Aynı şekilde iz elementler ile pH arasında oldukça zayıf pozitif veya negatif korelasyon olduğu belirlenmiş olup, pH'nın metallerin mobilitesi üzerinde önemli rol oynadığını, Pb'un nötr ve alkali topraklarda zayıf mobiliteye sahip olduğunu, ancak Cu, As ve Zn komplekslerinin bu tür topraklarda daha yüksek hareket kabiliyetinde olduğunu ortaya koyan yapılmış araştırma sonuçlarıyla örtüştüğü görülmektedir (Lee vd., 2001; Fernandez-Turiel vd., 2001).

Bor ve civarı toprakların litoloji ile normalleştirilmiş değerlerine bakıldığında ise, çalışma alanı topraklarının ana kayaya göre elementlerden Rb 0,41 - 3,57, Ba 0 - 2, Sr 0,03 - 3,67, Zr 0,01 - 1,67, Fe 0,44 - 84,20, Mn 0,10 - 2,40, Cu 0,95 - 2,86, Ni 0,19 -

Çizelge 10- Göçlük ve civarımdan alınan topraklardan elde edilen parametrelere ait korelasyon matrisi ($p < 0,01$).

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Rb	Ba	Sr	Zr	Cr	Cu	Ni	Zn	As	EC	T.Tuz	pH	Kireç	O.M.	T.Azot	O.C.	Perm.	Sat.
SiO ₂	1,00																											
TiO ₂	-0,41	1,00																										
Al ₂ O ₃	0,51	0,43	1,00																									
Fe ₂ O ₃	-0,47	0,92	0,43	1,00																								
MnO	-0,59	0,84	0,27	0,96	1,00																							
MgO	-0,53	0,71	0,26	0,91	0,92	1,00																						
CaO	-0,93	0,10	-0,77	0,13	0,27	0,23	1,00																					
Na ₂ O	0,81	-0,61	0,18	-0,65	-0,68	-0,71	-0,66	1,00																				
K ₂ O	0,77	-0,82	-0,10	-0,91	-0,90	-0,87	-0,50	0,85	1,00																			
P ₂ O ₅	-0,42	0,23	-0,45	-0,02	0,01	-0,15	0,51	-0,39	-0,13	1,00																		
Rb	0,88	-0,60	0,30	-0,69	-0,77	-0,74	-0,72	0,88	0,86	-0,43	1,00																	
Ba	0,30	-0,45	-0,07	-0,58	-0,66	-0,54	-0,12	0,25	0,51	0,34	0,38	1,00																
Sr	0,02	0,56	0,35	0,35	0,25	0,03	-0,17	0,13	-0,20	0,15	0,07	-0,16	1,00															
Zr	-0,07	0,34	0,10	0,09	-0,03	-0,27	0,06	-0,02	-0,14	0,40	0,02	0,04	0,65	1,00														
Cr	-0,27	0,37	0,09	0,49	0,52	0,64	0,11	-0,43	-0,46	-0,36	-0,28	-0,59	-0,05	-0,43	1,00													
Cu	-0,68	0,76	0,10	0,71	0,74	0,55	0,47	-0,71	-0,80	0,34	-0,66	-0,42	0,37	0,43	0,19	1,00												
Ni	-0,95	0,36	-0,52	0,40	0,52	0,47	0,91	-0,84	-0,71	0,43	-0,84	-0,30	-0,18	0,02	0,27	0,69	1,00											
Zn	-0,66	0,85	0,05	0,79	0,83	0,70	0,43	-0,78	-0,84	0,38	-0,74	-0,51	0,35	0,25	0,52	0,83	0,62	1,00										
As	-0,81	0,14	-0,49	0,32	0,42	0,54	0,78	-0,77	-0,60	0,25	-0,81	-0,12	-0,51	-0,35	0,22	0,37	0,86	0,34	1,00									
EC.	0,19	-0,60	-0,48	-0,65	0,61	-0,65	0,07	0,41	0,56	0,14	0,28	0,16	-0,27	0,03	-0,56	-0,32	-0,04	-0,58	-0,02	1,00								
T.Tuz	0,11	-0,54	-0,33	-0,61	-0,61	-0,63	0,11	0,25	0,47	0,22	0,27	0,48	-0,24	0,16	-0,70	-0,16	0,01	-0,58	0,04	0,80	1,00							
pH	-0,04	-0,11	-0,04	0,12	0,18	0,34	-0,01	-0,01	-0,07	-0,39	-0,14	-0,12	-0,40	-0,72	0,40	-0,44	-0,03	-0,17	0,29	-0,28	-0,38	1,00						
Kireç	0,29	-0,44	0,04	-0,32	-0,23	-0,22	-0,22	0,45	0,37	-0,47	0,44	0,02	-0,23	-0,32	0,15	-0,49	-0,36	-0,35	-0,28	-0,25	-0,30	0,52	1,00					
O.M.	0,06	-0,02	-0,01	-0,07	-0,18	-0,18	-0,02	0,16	-0,03	-0,05	0,10	-0,04	0,32	0,64	-0,36	0,08	-0,10	-0,07	-0,20	0,24	0,13	-0,55	-0,33	1,00				
T.Azot	0,09	-0,03	-0,02	-0,10	-0,23	-0,24	-0,04	0,20	0,02	-0,01	0,14	0,01	0,36	0,65	-0,41	0,04	-0,13	-0,12	-0,23	0,30	0,19	-0,55	-0,37	0,99	1,00			
O.C.	0,05	-0,01	-0,01	-0,06	-0,18	-0,18	-0,02	0,15	-0,04	-0,04	0,09	-0,04	0,32	0,63	-0,35	0,08	-0,09	-0,07	-0,19	0,24	0,12	-0,55	-0,33	1,00	0,99	1,00		
Perm.	-0,11	-0,07	-0,43	-0,18	-0,09	-0,21	0,23	-0,03	0,16	0,42	-0,10	-0,13	0,18	0,22	-0,15	0,18	0,10	0,15	-0,09	0,39	0,33	-0,50	-0,43	0,07	0,09	0,06	1,00	
Sat.	0,03	-0,23	0,00	-0,32	-0,39	-0,39	0,07	0,01	0,21	0,29	0,18	0,72	-0,04	0,31	-0,63	0,06	-0,01	-0,34	0,02	0,22	0,75	-0,36	-0,22	0,03	0,07	0,03	0,07	1,00

T.AZOT: Toplam azot, OC: Organik karbon, OM: Organik madde, T.TUZ: Toplam Tuz, PERM: Hidrolik iletkenlik (Permeabilite), SAT: Suyu doygunluk (Saturasyon).

Çizelge 11- Gölcük ve civarı topraklarda ana ve iz elementlerin ana kaya ile normalize (T/K) edilmiş değerleri.

	GT-1	GT-2	GT-3	GT-4	GT-5	GT-6	GT-7	GT-8	GT-9	GT-10	GT-11	GT-12
	Andezit	Kumlu Krçt.	Bazalt Andezit	Andezit	Bazalt Andezit	Andezit	Kumlu Krçt.	Bazalt	Andezit	Kumlu Krçt.	Andezit	Andezit
SiO ₂	1,29	0,67	1,31	1,17	0,89	0,94	3,28	1,02	1,08	2,80	0,94	0,92
TiO ₂	2,38	0,86	0,92	2,26	0,96	1,61	5,06	1,43	1,93	3,39	1,81	2,04
Al ₂ O ₃	1,08	0,65	1,14	1,14	1,12	1,13	8,01	1,06	1,24	4,98	1,17	1,20
Fe ₂ O ₃	0,91	0,93	0,95	1,21	1,28	1,35	4,73	1,38	0,27	2,66	1,86	2,22
MnO	0,93	1,08	0,99	1,28	0,81	1,14	2,60	1,30	1,60	3,00	1,80	1,29
MgO	0,33	1,23	0,95	0,57	1,39	1,22	2,37	0,94	0,71	1,75	1,87	1,41
CaO	0,35	5,08	0,16	0,47	1,64	2,15	0,06	0,75	1,24	0,13	1,49	1,97
Na ₂ O	1,04	0,10	0,44	0,70	0,45	0,77	7,93	0,61	1,58	4,39	0,62	0,74
K ₂ O	2,53	0,71	1,16	1,60	0,99	0,94	7,80	0,70	1,41	5,15	0,91	0,94
P ₂ O ₅	1,22	0,58	0,44	0,61	0,63	2,14	1,05	0,40	2,10	2,00	2,17	2,80
Nb	1,14	1,50	0,00	0,00	1,10	0,00	1,40	0,00	0,00	1,50	1,07	0,00
Ba	0,75	0,44	0,75	0,54	0,64	0,89	0,74	0,43	1,00	1,20	1,13	0,90
Rb	1,04	1,28	1,19	0,59	1,02	1,00	4,54	0,85	1,00	2,27	1,00	0,50
Sr	1,70	0,43	0,23	1,13	0,51	2,00	0,40	0,82	1,33	0,45	2,50	2,00
Zr	0,02	0,67	0,64	0,01	1,54	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,00
Fe	0,91	0,93	0,95	1,21	1,28	1,36	4,73	1,38	0,27	2,66	1,86	2,20
Mn	0,91	1,11	0,99	1,27	0,83	1,20	2,50	1,33	1,50	3,00	1,75	1,40
Cr	2,42	2,00	2,34	2,42	4,00	3,42	6,84	6,67	1,67	9,12	4,28	5,07
Cu	0,73	0,89	0,63	0,81	1,10	0,92	1,08	0,64	0,49	0,77	1,63	1,24
Ni	1,08	4,25	1,14	1,16	2,16	1,98	1,32	1,36	0,69	1,03	2,32	1,19
Zn	1,38	1,06	1,00	1,38	1,18	1,50	1,79	1,20	1,14	1,42	1,88	2,62
As	1,26	1,52	1,70	2,26	0,25	0,97	1,39	0,76	1,01	0,87	2,14	0,50

10,48, Zn 0,97 - 3,14, As 1,91 - 6,67 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ana elementlerden Fe, Ni ve As bakımından litolojiye (ana kayaya) oranla bir hayli zengin olduğu görülmektedir (Çizelge 13). Bu durum, litolojik olarak bölgedeki bazaltik andezitlerden kaynaklanmış olduğunu göstermektedir. Fosfat bakımından da zengin olan bu toprakların, fosfat kaynağı ise litolojiden ziyade tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisitler ve diğer gübreler olma olasılığını arttırmaktadır.

Ayrıca bölge volkanizmasının etkisine bağlı olarak gelişen kaya ana materyalleri ile bunlar üzerinde gelişen topraklar arasındaki ilişkiler Cox vd. (1979) tarafından geliştirilmiş olan volkanik kayaların sınıflandırılmasında kullanılan SiO₂ (%) - Na₂O+K₂O (%) parametreleri ile elde edilen diyagram kullanılarak ortaya konulmuştur (Şekil 5).

Diyagramlara göre; Çiftlik ve Gölcük civarında elde edilen kaya örneklerinin büyük çoğunluğu toplam alkali (Na₂O+K₂O) içeriklerine göre fakir, Fe içeriği açısından zengin olan subalkalen toleyitik magma serisi olarak orta ve asit içerikli bazaltik andezit, andezit, traki

andezit, dasit ve riyolit kayaları olarak tanımlanmış olup, bu kayalar üzerinde oluşan toprakların da büyük çoğunluğunun bölge magmatizmasının etkisine bağlı olarak yerinde gelişerek kaya ana materyalleriyle örtüştüğü görülmüştür. Bor ve civarında yüzeyleyen kaya ana materyalleri ise; toplam alkali içeriği açısından daha zengin, fakat SiO₂ bileşimi açısından daha fakir olan alkalin magma serisi olarak bölge metamorfizmasının etkisindeki bazik ultrabazik kayalar olarak tanımlanmıştır. Bu alanda gözlenen toprakların da Ca içeriğince zengin kalsik bileşimli kayalardan türeyerek yerinde gelişmiş oldukları, diyagramdaki örnek dağılımlarının benzerliği ile ortaya konulmuştur.

Litoloji - toprak arasındaki ilişkiyi destekler yönde yapılmış fazla sayıdaki araştırmalar mevcut olup bunlardan, Özdemir vd. (2008)'de Erzurum yöresinde yapmış oldukları bir çalışmada, yaygın olan dört farklı ana materyal (andezit, allüviyal, jips ve bazalt) ile üç farklı arazi kullanım şekli altında bulunan alanlardan almış oldukları toprak örneklerinde, Mn, Fe, Cu ve Zn elementlerini esas alarak yapmış oldukları değerlendirmede; söz konusu elementlerin dağılımının

ana materyalin çeşidi ve arazi kullanımından önemli ölçüde etkilendiğini belirlemişlerdir. Buna göre toplam mikroelement içerikleri ve fraksiyonlarının dağılımlarının genellikle andezit ana materyalinden oluşan topraklarda diğerlerinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Bir alanın litolojisi doğrudan olmasa da dolaylı yünden tarımsal kullanım için önemli bir parametredir. Tarımsal kullanıma uygunluk için en önemli parametrelerden biri olan toprağın ana materyalini litolojik birimler oluşturmaktadır. Tarım yapılabilen toprakların belli litolojik birimler üzerinde gelişen topraklar olması veya bir takım litolojik birimler üzerinde gelişen toprakların tarımsal kullanım için hiçbir öneminin bulunmayışı, litolojik birim tiplerinin tarımsal kullanım açısından önemini ortaya koymaktadır. Yapılan bu çalışmada da örnek olarak seçilen alanların toprak, topoğrafya, ve iklim faktörlerinin yanında jeoloji faktörünün, tarımsal amaçlı olarak kullanıma uygunluk sınıflarının belirlenmesine ne derece etki yaptığı belirlenmeye çalışılmıştır. Etki düzeyini, kullanılan ana parametrelerin ve bunların alt parametrelerinin kendi aralarında almış oldukları normalize ağırlık puanları belirlemiştir. Ana ve alt parametreler için normalize ağırlık puanları AHS tekniği kullanılarak hesaplanmıştır (Çizelge 14).

Ana parametreler için 0,028 tutarlılık oranında tutarlı bir matris oluşturulmuştur. Matriste toprak ana parametresinin çalışma alanının tarımsal açıdan kullanıma uygunluk sınıflarının belirlenmesi üzerinde en büyük ağırlığa (%53,4) sahip olduğu belirlenmiştir. Bunu sırası ile topoğrafya (%30,3), iklim (%10,8) ve jeoloji (%5,5) ana parametreleri takip etmiştir. Maddahi vd. (2014)'de İran'nın Amol bölgesinde ekonomik öneme sahip pirinç ürününün tarımsal açıdan arazi uygunluk sınıflamasını yapmışlardır. Toprak, topoğrafya, iklim ve sulama suyu ana parametreleri ve bunların alt parametrelerini kullanarak yapmış oldukları bu çalışmada, parametrelerin ağırlık değerlerinin hesaplanmasında Analitik Hiyerarşi Süreci tekniğini kullanmışlardır. Ana parametrelerin ikili karşılaştırmalarına ait tutarlılık oranını 0,06 olarak hesaplamışlarken, tarımsal açıdan en fazla öneme sahip ana parametrelerden biri olan toprağın %60,2 ağırlık oranıyla en büyük etkiye sahip faktör olduğunu belirlemişlerdir. Topoğrafyanın %11,3, iklimin %4,7, sulama suyunun ise %23,8 ağırlık oranında etkili

olduğu bu çalışmada, yüksek uygun, uygun, orta uygun ve uygun değil olmak üzere tarımsal açıdan 4 (dört) sınıftan oluşan arazi uygunluk sınıflamasını yapmışlardır.

Alt parametreler için de ikili karşılaştırma matrisinde 0,08'lik tutarlılık oranı ile tutarlı bir karşılaştırma yapılmıştır. Alt parametrelerin normalize ağırlık puanları değerlendirildiğinde, %21,2 ağırlık değeri ile en yüksek ağırlığa sahip alt parametre olarak eğim belirlenmiştir. Tarımsal kullanıma uygunluk sınıflarının belirlenmesinde eğimden sonra sırası ile ağırlık değerlerine göre etkili olan; arazi şekilleri (% 19,5), pH (%13,8), organik madde (%10,5), kireç (%8,5), yağış (%6,1), toplam tuz (%4,6), hidrolik iletkenlik (permeabilite) (%3,4), elektriksel iletkenlik (EC) (%3,2), suya doygunluk (saturasyon) (%2,8), litolojik birimler (%2,7), toplam azot (%2,4) ve organik madde (%1,3) parametreleri oldukları belirlenmiştir. Dengiz ve Sarioğlu (2013)'de Samsun ili Bafra ilçesine bağlı Dedeli ve Çetinkaya köyleri ve yakın çevresini kapsayan arazilerin tarımsal yünden arazi uygunluk haritasının oluşturulmasına yönelik yapmış oldukları çalışmada; çalışma alanına ait arazileri 4 (dört) sınıftan oluşan uygunluk sınıflamasına (Çok uygun, Orta uygun, Az uygun ve Uygun değil) göre belirlemişlerdir. Bu sınıfların belirlenmesinde kullanılan parametrelerin ikili karşılaştırmalarına ait tutarlılık oranını 0,07 olarak hesaplamışlarken, %23,3 ağırlık değeri ile eğim parametresini en yüksek ağırlığa sahip parametre olarak ortaya koymuşlardır. Eğim parametresini sırasıyla drenaj (%16,2), bünye (%15,7), pH (%14,1), derinlik (%10,3), EC (%10), verimlilik (%4,4) ve kireç (%0,8) izlemiştir.

Turoğlu (2005)'de litoloji faktörünü önemli bir parametre olarak kullanmış olduğu çalışmada, Kayaköy (Fethiye) polyesinin ekoturizme, yerleşime ve tarıma uygunluğunu, kullandığı jeomorfoloji, eğim, bakı, hidroğrafya, bitki örtüsü, toprak ve arazi kullanım parametreleri ile birlikte değerlendirmiştir. Tarıma uygun alanların tespitinde; litoloji parametresinin alt sınıflarından kireçtaşları için herhangi bir ağırlıklı çarpan kullanılmamışken, alüvyonlar için ağırlıklı çarpanı 10 puan olarak kullanmıştır. Değerlendirme sonucunda çalışma alanının tarıma uygunluk sınıflamasını 5 (beş) genel uygunluk sınıflamasına (Çok uygun, Uygun, Orta derecede uygun, Az uygun ve Uygunsuz) ayırmıştır.

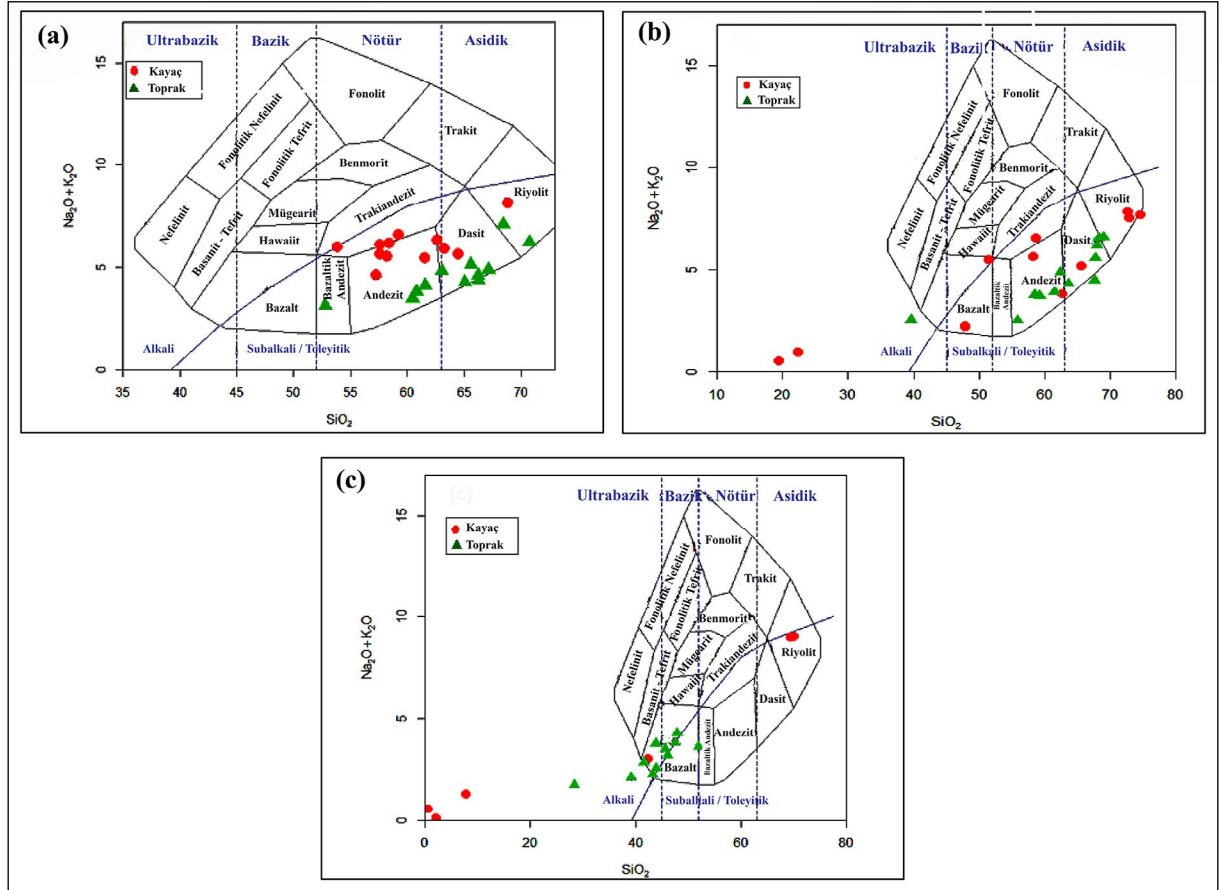
Çizelge 12- Bor ve civarından alınan topraklardan elde edilen parametrelere ait korelasyon matrisi ($p < 0,01$).

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Rb	Ba	Sr	Zr	Cu	Ni	Zn	As	EC	T.Tuz	pH	Kireç	O.M.	T.Azot	O.C.	Perm.	Sat.			
SiO ₂	1,00																													
TiO ₂	-0,08	1,00																												
Al ₂ O ₃	0,73	0,49	1,00																											
Fe ₂ O ₃	0,69	0,61	0,85	1,00																										
MnO	0,40	0,59	0,73	0,81	1,00																									
MgO	0,34	-0,32	-0,17	0,22	0,00	1,00																								
CaO	-0,95	-0,12	-0,76	-0,85	-0,56	-0,45	1,00																							
Na ₂ O	0,71	0,33	0,87	0,79	0,67	0,02	-0,77	1,00																						
K ₂ O	0,71	0,33	0,54	0,79	0,48	0,40	-0,80	0,61	1,00																					
P ₂ O ₅	-0,23	0,24	-0,29	0,03	-0,11	0,09	0,14	-0,32	0,27	1,00																				
Rb	0,73	0,05	0,65	0,61	0,49	0,16	-0,72	0,50	0,53	-0,28	1,00																			
Ba	0,71	0,42	0,63	0,88	0,64	0,38	-0,84	0,59	0,94	0,22	0,66	1,00																		
Sr	0,14	-0,27	-0,32	0,11	-0,05	0,94	-0,27	-0,10	0,31	0,17	0,09	0,30	1,00																	
Zr	0,11	0,36	0,02	0,39	0,00	0,41	-0,27	0,15	0,67	0,55	-0,05	0,55	0,40	1,00																
Cu	0,03	0,55	0,31	0,47	0,32	0,03	-0,19	0,04	0,17	0,27	0,30	0,43	0,09	0,32	1,00															
Ni	0,42	0,42	0,44	0,77	0,68	0,46	-0,63	0,57	0,80	0,15	0,45	0,84	0,44	0,62	0,35	1,00														
Zn	-0,02	0,58	0,47	0,40	0,31	-0,26	-0,11	0,40	0,05	-0,16	0,31	0,10	-0,19	0,09	0,43	0,19	1,00													
As	-0,01	-0,42	-0,15	-0,27	-0,39	0,03	0,10	-0,38	-0,32	0,07	0,21	-0,23	-0,06	-0,20	0,21	-0,36	0,08	1,00												
EC	-0,24	0,11	-0,34	-0,25	-0,48	-0,17	0,29	-0,38	0,04	0,63	-0,43	-0,06	-0,04	0,35	0,08	-0,30	-0,30	-0,19	1,00											
T.Tuz	-0,22	0,19	-0,30	-0,16	-0,34	-0,16	0,25	-0,35	0,12	0,73	-0,41	0,02	-0,04	0,33	0,07	-0,22	-0,33	-0,23	0,97	1,00										
pH	0,36	-0,03	0,06	0,31	0,33	0,38	-0,38	-0,01	0,49	0,51	0,15	0,52	0,26	0,16	-0,02	0,33	-0,58	-0,05	0,11	0,30	1,00									
Kireç	-0,44	0,12	-0,25	-0,30	-0,11	-0,15	0,42	-0,50	-0,53	-0,40	-0,05	-0,35	-0,06	-0,38	0,23	-0,33	0,14	0,09	-0,12	-0,19	-0,36	1,00								
O.M.	-0,39	0,55	0,10	0,22	0,56	-0,20	0,19	0,08	-0,01	0,04	0,00	0,09	-0,14	0,09	0,26	0,45	0,43	-0,13	-0,48	-0,39	-0,07	0,20	1,00							
T.Azot	-0,36	0,57	0,13	0,25	0,56	-0,20	0,17	0,11	0,03	0,08	0,03	0,14	-0,15	0,15	0,29	0,49	0,46	-0,12	-0,46	-0,37	-0,06	0,15	1,00							
O.C.	-0,39	0,56	0,10	0,22	0,56	-0,20	0,20	0,08	-0,01	0,04	0,00	0,09	-0,14	0,09	0,27	0,45	0,44	-0,12	-0,48	-0,39	-0,07	0,20	1,00							
Perm.	0,02	0,36	0,31	0,23	0,19	-0,21	-0,08	0,21	0,12	-0,29	0,09	0,20	-0,31	0,30	0,35	0,32	0,23	-0,02	-0,26	-0,35	-0,31	0,21	0,42							
Sat.	-0,27	0,24	-0,29	-0,15	-0,19	-0,22	0,29	-0,39	0,07	0,74	-0,40	0,00	-0,12	0,18	0,00	-0,24	-0,36	-0,24	0,85	0,95	0,45	-0,13	-0,24	-0,23	-0,23	-0,44	1,00			

T.AZOT: Toplam azot, **OC:** Organik karbon, **OM:** Organik madde, **T.TUZ:** Toplam Tuz, **PERM:** Hidrolik iletkenlik (Permeabilite), **SAT:** Suyu doygunluk (Saturasyon).

Çizelge 13- Bor ve civarı topraklarda ana ve iz elementlerin ana kaya ile normalize (T/K) edilmiş değerleri.

	BT-1	BT-2	BT-3	BT-4	BT-5	BT-6	BT-7	BT-8	BT-9	BT-11	BT-12
	Kalker	Kumlu Kırçt.	İgnimb.	İgnimb.	Kalker	Kalker	İgnimb.	İgnimb.	İgnimb.	Kumlu Kırçt.	İgnimb.
SiO ₂	5,35	1,13	0,69	0,66	115,24	25,08	0,63	0,62	0,59	0,67	0,56
TiO ₂	2,13	0,83	3,37	2,81	14,20	11,83	1,96	1,90	3,31	0,81	2,67
Al ₂ O ₃	4,51	1,60	1,00	0,86	96,17	18,45	0,57	0,67	0,33	0,79	0,86
Fe ₂ O ₃	4,60	1,04	4,08	2,76	100,33	17,07	2,10	2,22	2,95	0,48	2,54
MnO	0,09	0,28	2,25	1,14	3,00	2,50	1,43	1,13	2,14	0,16	2,00
MgO	12,26	142	13,09	7,47	35,50	11,44	16,93	16,70	4,88	0,63	3,48
CaO	0,25	0,61	4,00	6,26	0,30	0,18	7,08	7,38	7,37	1,75	8,95
Na ₂ O	1,96	0,75	0,28	0,21	2,17	29,20	0,10	0,10	0,18	0,26	0,18
K ₂ O	3,27	1,65	0,61	0,46	87,00	36,00	0,41	0,35	0,41	0,82	0,27
P ₂ O ₅	1,13	1,15	2,56	5,40	ae	1,80	7,40	1,48	3,80	2,15	0,72
Rb	3,57	1,10	0,50	0,50	0,83	1,13	0,41	0,50	0,49	0,65	0,50
Ba	0,53	2,00	1,20	0,75	1,03	0,91	0,63	0,40	0,63	0,00	0,40
Sr	2,11	1,17	3,33	2,33	0,03	5,00	3,67	3,67	1,33	1,17	1,67
Zr	1,33	1,67	1,67	1,33	ae	0,01	1,00	1,00	0,67	1,33	0,33
Fe	4,13	0,94	3,68	2,48	84,20	15,31	1,89	2,00	2,66	0,44	2,29
Mn	0,10	0,27	2,33	1,20	ae	2,40	1,60	1,17	2,40	0,16	2,00
Cu	0,95	1,30	2,86	2,73	1,21	1,36	2,33	2,60	2,36	1,13	2,86
Ni		0,50	5,72	4,24	10,48	4,91	4,76	2,46	4,76	0,19	2,86
Zn	3,14	0,97	1,28	1,61	2,13	1,46	1,58	1,28	1,61	0,97	1,28
As	2,04	3,96	2,03	2,55	2,73	2,51	2,24	6,67	1,91	2,78	3,33

Şekil 5- a) Çiftlik, b) Gölçük ve c) Bor ve civarı kaya ve toprak örnekleri SiO₂ - Na₂O+K₂O diyagramları (Cox vd., 1979).

Çizelge 14- Ana ve alt parametreler ikili karşılaştırma matrisi ve normalize ağırlık değerleri.

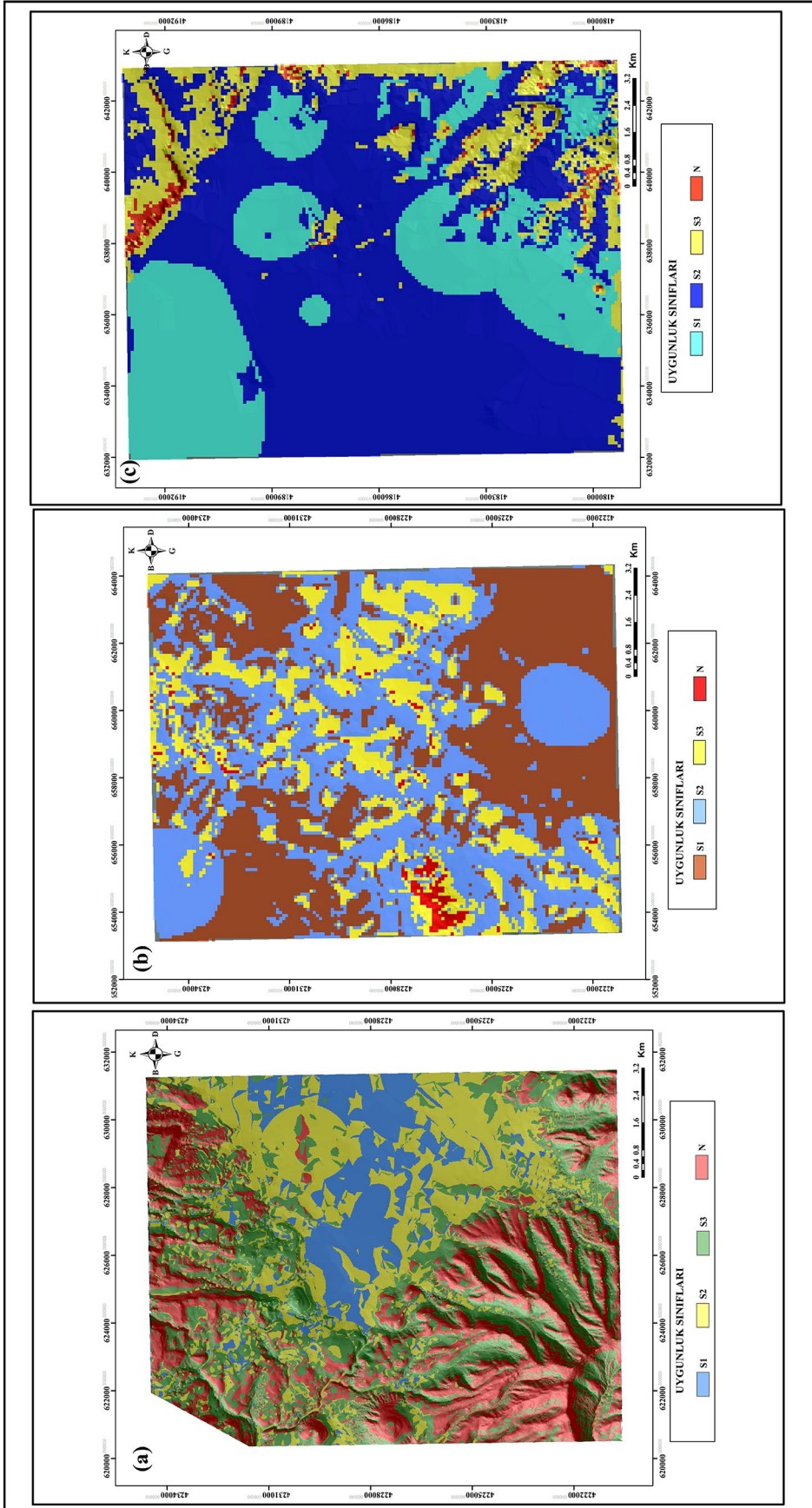
Ana Parametreler İkili Karşılaştırma Matrisi														
	Toprak	Topoğrafya	İklim	Jeoloji	Normalize Ağırlık									
Toprak	1				0,534									
Topoğrafya	0,5	1			0,303									
İklim	0,166	0,250	1		0,108									
Jeoloji	0,125	0,200	0,333	1	0,055									
λ_{max} : 4,080; RI: 0.90; TO: 0,028 < 0,10					$\Sigma = 1$									
Alt Parametreler İkili Karşılaştırma Matrisi														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Normalize Ağırlık
1	1													0,085
2	0,25	1												0,024
3	0,16	0,25	1											0,013
4	0,14	0,50	2	1										0,032
5	3	5	6	4	1									0,105
6	4	6	7	4	3	1								0,138
7	0,33	3	4	3	0,50	0,25	1							0,046
8	0,50	2	3	0,50	0,25	0,20	0,50	1						0,034
9	0,33	2	2	0,50	0,25	0,20	0,50	0,50	1					0,028
10	0,20	4	5	2	0,20	0,25	2	3	3	1				0,061
11	6	7	8	6	3	4	5	6	6	5	1			0,212
12	6	6	7	6	3	3	6	5	5	4	1	1		0,195
13	0,33	3	3	0,33	0,20	0,16	0,50	0,33	0,33	0,20	0,16	0,20	1	0,027
λ_{max} : 14,66 ; RI : 1,56 ; TO : 0,08 < 0,10														$\Sigma = 1$

1:Kireç, 2: Toplam azot, 3: Organik karbon, 4: EC, 5: Organik madde, 6: pH, 7: Toplam tuz, 8: Hidrolik iletkenlik (Permeabilite), 9: Suya doygunluk (Saturasyon), 10: Yağış, 11: Eğim, 12: Arazi şekilleri, 13: Litolojik birimler

Farklı ana materyaller üzerinde gelişen çalışma alanı topraklarının, tarımsal amaçlı kullanım sınıflarının belirlenmesinde kullanılan ana ve alt parametreler, AHS tekniği kullanılarak atanan normalize ağırlık değerleri oranında, ağırlıklandırılmış doğrusal kombinasyon yöntemine göre birleştirilmiş ve çalışma alanının uygunluk sınıfları haritası oluşturulmuştur (Şekil 6). Uygunluk sınıflarının her üç çalışma alanındaki genel dağılım oranları alansal ve yüzde olarak hesaplanmış ve çizelge 15'te verilmiştir.

Gölcük ve civarında gelişen toprakların diğer iki alanda görülen topraklara nazaran %38,31 oranıyla tarımsal kullanım açısından çok daha uygun topraklar olduğu tespit edilmiştir. Çiftlik ve civarındaki toprakların diğer iki alanda görülen topraklara göre; %12 eğimden büyük alanların fazlalığı, alanda tarımsal açıdan uygun olmayan magmatik kökenli litolojik birimlerin fazlasıyla görülmesi ve tarımsal

açıdan uygun olmayan arazi şekillerinin fazlalığı gibi kısıtlayıcı etkilere bağlı olarak (Çizelge 2) %27,93 oranıyla tarımsal açıdan en fazla miktarda hiç uygun olmayan toprakları oluşturmuştur (Çizelge 15). Aynı şekilde her bir alan içerisinde gelişmiş toprakların tarımsal açıdan uygunluk sınıflarının litolojik birimler üzerindeki dağılımları yüzde oran şeklinde hesaplanmış ve çizelge 16'da verilmiştir. Hesaplanan yüzde oranlar her bir uygunluk sınıfının toplam alanı içerisindeki oranını ifade etmektedir. Çiftlik ve Bor civarındaki tarıma uygun toprakların büyük bir çoğunluğunu alüvyon birimi oluştururken, Gölcük ve civarındaki tarıma uygun toprakları ise bazalt-andezit birimi oluşturmuştur. Bunun yanında Çiftlik ve civarında bazalt-andezitler, Gölcük ve civarında gabrolar, Bor ve civarında ise kireçtaşları üzerinde gelişen toprakların tarım yapmaya uygun olmayan topraklar oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 16).



Şekil 6- a) Çiftlik ve civarı, b) Gölcük ve civarı ve c) Bor ve civarı alanların tarımsal kullanıma uygunluk sınıfları.

Çizelge 15- Çalışma alanındaki tarımsal kullanıma uygunluk sınıflarının alansal ve yüzde oranları.

Çalışma Alanları	Tarımsal Kullanıma Uygunluk Sınıfları			
	S1 (Çok uygun) (km ²)	S2 (Orta uygun) (km ²)	S3 (Az uygun) (km ²)	N (Uygun değil) (km ²)
Çiftlik ve civarı	18496.717 %12,41	37634.490 %25,25	51303.096 %34,41	41639.939 %27,93
Gölcük ve civarı	57486.326 %38,31	62614.022 %41,72	27881.142 %18,58	2084.933 %1,39
Bor ve civarı	44698.648 %29,34	85595.006 %56,18	19616.688 %12,87	2458.639 %1,61

Çizelge 16- Çalışma alanının tarımsal kullanıma uygunluk sınıflarının litolojik birimler üzerindeki dağılım oranları.

Çalışma Alanları	Tarımsal Kullanıma Uygunluk Sınıfları			
	S1 (Çok uygun) (%)	S2 (Orta uygun) (%)	S3 (Az uygun) (%)	N (Uygun değil) (%)
Çiftlik ve civarı	Alüvyon %63,65	Bazalt, andezit %53,08	Bazalt, andezit %71,37	Bazalt, andezit %81,24
	Bazal, andezit %19,61	Alüvyon %36,51	Piroklastik kayalık %13,92	Piroklastik kayalık %11,77
	Piroklastik kayalık %8,81	Yamaç molozu-Birikinti konisi %5,77	Alüvyon %3,52	Alüvyon %0,43
	Yamaç molozu-Birikinti konisi %4,50	Piroklastik kayalık %2,70	İğnimbrit %1,68	İğnimbrit %0,42
	Aglomera %2,10	İğnimbrit %1,71	Aglomera %3,53	Aglomera %3,01
	İğnimbrit %1,33	Aglomera %0,23	Yamaç molozu-Birikinti konisi %5,98	Yamaç molozu-Birikinti konisi %3,13
Toplam	%100	%100	%100	%100
Gölcük ve civarı	Bazalt-andezit %61,68	Bazalt-andezit %57,22	Bazalt-andezit %48,63	Gabro %60,51
	Çakıltaş-kumtaşı-çamurtaş %18,18	İğnimbrit %29,62	İğnimbrit %43,49	Bazalt-andezit %23,96
	İğnimbrit %20,14	Çakıltaş-kumtaşı - çamurtaş %12,75	Çakıltaş-kumtaşı-çamurtaş %3,65	İğnimbrit %12,83
		Gabro %0,41	Gabro %4,23	Çakıltaş-kumtaşı-çamurtaş %2,70
Toplam	%100	%100	%100	%100
Bor ve civarı	Alüvyon %85,88	Alüvyon %68,32	Kireçtaşı %71,40	Kireçtaşı %75,70
	Kireçtaşı %10,17	Kireçtaşı %26,63	Piroklastik kayalık- Trakiandezit %14,90	Piroklastik kayalık- Trakiandezit %17,58
	Piroklastik kayalık- Trakiandezit %3,87	Piroklastik kayalık- Trakiandezit %4,65	İğnimbrit %4,13	İğnimbrit %2,77
	İğnimbrit %0,03	İğnimbrit %0,34	Alüvyon %9,43	Alüvyon %3,26
	Mermer %0,05	Mermer %0,06	Mermer %0,138	Mermer %0,69
Toplam	%100	%100	%100	%100

4. Sonuçlar

Bu çalışmada farklı ana materyaller üzerinde gelişmiş ve gelişmeye devam eden toprakların genel karakteristik özelliklerinin belirlenmesi, bu toprakların alanda görülen litolojik birimler ile olan ilişkilerinin saptanması ve ayrıca ana materyale bağlı olarak oluşan bu toprakların tarımsal amaçlı ne derece kullanıma uygun oldukları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu sonuçlar ortaya konulurken, çalışma alanından alınan toprak ve kaya örneklerinin jeokimyasal analiz sonuçları, topraklara ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile birlikte topoğrafik ve iklimsel faktörler birlikte değerlendirilmiştir.

Değerlendirmelere göre; alanda gözlenen baskın litolojik birimlerin etkisine bağlı olarak Bor civarında gelişmiş toprakların bazik karakterli, Çiftlik ve Gölcük civarında gelişmiş toprakların ise daha asidik karakterli oldukları saptanmıştır.

Toprak ve kaya örneklerine ait jeokimyasal analiz sonuçlarına göre, Çiftlik ve civarı toprakların yerinde ve taşınarak geliştikleri, Gölcük ve Bor civarı toprakların ise yerinde gelişmiş topraklar oldukları belirlenmiştir. Çalışma alanında görülen toprakların tarımsal amaçlı kullanım sınıflarının tayininde jeoloji ana kriterinin %5,5 bunun alt kriteri olan litolojik birimler kriterinin ise %2,7 oranında etkili olduğu hesaplanmıştır.

Tarımsal kullanıma uygunluk sınıflarının litolojik birimler üzerindeki dağılımları karşılaştırıldığında; Çiftlik ve Bor civarındaki tarıma uygun toprakların büyük çoğunluğunu alüvyon birimi, Gölcük ve civarında ise bazalt-andezit biriminin oluşturduğu, ayrıca tarım yapmaya uygun olmayan sınıfların ise Çiftlik ve civarında bazalt-andezitler, Gölcük ve civarında gabrolar, Bor ve civarında ise kireçtaşları üzerinde dağılım gösterdikleri belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Gölcük ve Bor civarında gelişmiş toprakların, Çiftlik ve civarında gelişmiş topraklara göre tarım yapmaya daha uygun topraklar olduğu belirlenmiştir.

Değerlenen Belgeler

- Akalan, İ. 1983. Toprak Bilgisi, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayını: 878, Ders Kitabı: 234, 346, Ankara.
- Armocost, L.R., Componation, P.J., Mullens, M.A., Start, W. 1994. An AHY framework for prioritizing

customer requirements in QFD: an industrialized housing application, IIE Transactions, 26 (4), 72-79.

- Aydın, F., Karanlı, O., Şen, C., Sadıklar, M.B., Uysal, İ. 2005. Orta Anadolu volkanitlerindeki (Niğde-Çiftlik-Altunhisar) dengesiz kristallenme dokuları ve fenokristallerin kimyasal bileşimleri. KTÜ 40. Yıl Jeoloji Sempozyumu, Trabzon, 51-52.
- Beekman, P.H. 1966. The Pliocene and Quarternary volcanism in the Hasandağ-Melendizdağ region. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 66, 99 - 106.
- Brady, N. C. 1990. The nature and properties of soils (10 th edition). Macmillan Publishing Company, New York.
- Cengiz, T., Çelem, H. 2006. Land use potential and suitability for areas of arable and garden farming, Meadow-Pasture and Recreation-Tourism in Alpağut Village, Journal of Applied Sciences 6 (8), Asian Network for Scientific Information, Bolu, Turkey, 1641 - 1651, ISSN 1812 - 5654.
- Chuong, H.V., Boehme, M. 2005. Evaluation of physical land suitability for the Thanh Tra pomelo crop in Hue, Vietnam, In Conference on International Agricultural Research for Development, Stuttgart-Hohenheim.
- Cox, K.G., Bell, J.D., Pankhurst, R.J. 1979. The Interpretation of Igneous Rocks. Allen and Unwin, London, 450. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-3373-1>
- Çağlar, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi, (10. Basım), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Dengiz, O., Sarıoğlu, F.E. 2013. Arazi değerlendirme çalışmalarında parametrik bir yaklaşım olan doğrusal kombinasyon tekniği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi 19, 101, 112, Ankara.
- Dodson, R., Marks, D. 1997. Daily air temperature interpolated at high spatial resolution over a large mountainous region. Climate Research 8, 1 - 20.
- Dorronsoro, C. 2002. Soil evaluation the role of soil science in land evaluation, International symposium on sustainable use and management of soils in arid and semiarid regions. Cartagena Spain, <http://www.edafologia.net/comun/congres.htm>,.. September 22- 26.
- Esri. 2004. Using arcview gis. Environmental System Research Institute. Inc. Redlans, California.
- FAO. 1976. A framework for land evaluation, Soils Bulletin, 32, Soils resources, management and conservation service, FAO Land and Water Development Division, Rome.

- FAO. 1985. Guidelines land evaluation for irrigated agriculture. FAO, Rome.
- Feizizadeh, B., Blaschke, T. 2012. Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS. *Journal of Environmental Planning and Management* 1-23.
- Fernandez-Turiel, J. L., Acenolaza, P., Medina, M. E., Llorens, J. F., Sardi, F. 2001. Assessment of smelter impact area using surface soils and plants. *Environ Geochem Health* 23, 65-78.
- Gürel, A. 2006. Adsorption characteristics of heavy metals in soil zones developed on spilite. *Environmental Geology* 51(3), 333-340.
- Göncüoğlu, M.C. 1981. Niğde masifinin jeolojisi, İç Anadolu'nun Sempozyumu, Bildiriler Kitabı 16 - 19, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Jenness, J. 2005. Landform classification (Topography Tools 9.1.tbx) extension for ArcGIS 9.1 Jenness Enterprises. <http://www.jennessent.com>.
- Kaçar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Bitki analizleri, (646. Basım), Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Kaçar, B. 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III, Toprak Analizleri, (3. Basım) Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayını, Ankara.
- Kapur, S., Sakarya, N., Akça E., Karaman, C. 1996. Alternative use of non arable soils in ceramics industry, Agriculture-Environment Symposium, Mersin, 670 - 678.
- Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil, In: Black CA (ed), *Methods of Soil Analysis, Part 1*. ASA, Madison, WI, 210 -221.
- Lee, C., Chon, H., Jung, M. 2001. Heavy metal contamination in the vicinity of the Daduk Au-Ag-Pb-Zn mine in Korea, *Appl. Geochem* 16, 1377 - 1386.
- Maddahi, Z., Jalalian, A., Zarkesh, M.M.K., Honarjo, N. 2014. Land suitability analysis for rice cultivation using multi criteria evaluation approach and GIS. *European Journal of Experimental Biology* 4(3): 639-648.
- Malczewski, J. 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *Int. J of Geog In Sci* 20:703-726.
- Mc Coy, C., Johnston, K. 2001. Using ArcGis Spatial Anayst, ESRI, Redlands, USA.
- MTA, 2010a. L33 c2 paftası 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Türkiye Jeoloji Veri Tabanı, Ankara.
- MTA, 2010b. L33 c1 paftası 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Türkiye Jeoloji Veri Tabanı, Ankara.
- MTA, 2010c. M33a paftası 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Türkiye Jeoloji Veri Tabanı, Ankara.
- Özdemir, N., Öztürk, E., Yakupoğlu, T. 2008. Ana materyal ve arazi kullanım şeklinin topraktaki bazı mikroelement fraksiyonlarının dağılımına etkileri, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi Samsun*, 23 (2) 92-97.
- Patrono, A. 1998. Multi-Criteria Analysis and Geographic Information Systems: Analysis of Natural Areas and Ecological Distributions. *Multicriteria Analysis for Land-Use Management*, Edited by Euro Beinat and Peter Nijkamp, Kluwer Academic Publishers, Environment and Management-Volume: 9, 271- 292, AA Dordrecht, The Netherlands.
- Pasquare, G. 1968. Geologie of the Senozoic volcanic area of Central Anatolia, *Atti della Acad.No.delince; menorie serie VIII, vol.IX, Roma*, 55 - 204.
- Price, J. R., Velbel, M. A. 2003. Chemical weathering indices applied to weathering profiles developed on heterogeneous felsic metamorphic parent rocks. *Chemical Geology* 202(3-4), 397-416.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, US Salinity Lab., US Department of Agriculture Handbook 60, California, USA.
- Satty, T.1980. *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York.
- T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2008. Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuatı, Ankara.
- Tijani, M. N., Okunlola, O. A., Abimbola, A. F. 2006. Lithogenic concentrations of trace metals in soils and saprolites over crystalline basement rocks: a case study from SW Nigeria. *Journal of African Earth Sciences* 46(5), 427-438.
- Torunlar, H., Nazlıcan, A.N. 2018. Türkiye'de ana ürün olarak yetiştirilecek soyanın (glycine max l.merrill) çok kriterli karar verme yöntemiyle arazi uygunluk analizinin yapılması, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 33(3), 270-281, Samsun.
- TS 8333, 1990. Toprağın su ile doygunluk yüzdesinin tayininde kullanılan metod. ICS Code: 13.080.40. 11 Nisan.
- Turoğlu, H. 2005. Fiziksel planlama ve coğrafi bilgi sistemleri, Ege Üniversitesi, Ege Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, *Bildiri Özetleri Kitabı* 51, 27 - 29 Nisan. İzmir.

Ülgen, N., Ateşalp, M. 1972. Toprakta organik madde tayini, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü, Teknik Yayını, 23.

Yu, J., Chen, Y., Wu, J. 2011. International Journal of Geographical Information Science, 25 (1), 131-148.

Yüksel, M. 2003. Farklı yükseklik, iklim ve ana materyaller üzerinde oluşmuş toprakların fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri, Ankara Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi Sayı 9 (3), Sayfa 365-369

Willmott, C.J., Matsuura, K. 1995. Smart interpolation of annually averaged air temperature in the United States, Journal of Applied Meteorology 34, 2577-2586.