



**FENERKÖY DERESİ (SİLİVRİ-İSTANBUL) HAVZASINDA BAZI TOPRAK  
ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DEĞİŞKENLİKLERİNİN JEOİSTATİSTİKSEL  
YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**EMEL KAYALI**

**Doktora Tezi**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Orhan YÜKSEL**

**2020**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**FENERKÖY DERESİ (SİLİVRİ-İSTANBUL) HAVZASINDA BAZI  
TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DEĞİŞKENLİKLERİNİN  
JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Emel KAYALI**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**Danışman: Dr. Öğr.Üyesi Orhan YÜKSEL**

**TEKİRDAĞ-2020**

**Her hakkı saklıdır.**



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Emel KAYALI



Bu tez TAGEM tarafından TAGEM/TSKAD/17/A09/P02/07 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Orhan YÜKSEL danışmanlığında, Emel KAYALI tarafından hazırlanan “Fenerköy Deresi (Silivri-İstanbul) Havzasında Bazı Toprak Özelliklerinin Yersel Değişkenliklerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 29.01.2020 tarihinde Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda doktora tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Hüseyin EKİNCİ

*İmza :*

Üye : Prof. Dr. Hasan ÖZCAN

*İmza :*

Üye : Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU

*İmza :*

Üye: Doç.Dr. Emre ÖZŞAHİN

*İmza :*

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Orhan YÜKSEL

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

# ÖZET

Doktora Tezi

## FENERKÖY DERESİ (SİLİVRİ-İSTANBUL) HAVZASINDA BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DEĞİŞKENLİKLERİNİN JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ

**Emel KAYALI**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Orhan YÜKSEL

Bu çalışma; bazı kalite parametrelerinin yersel değişkenliğinin belirlenmesi ve farklı jeostatistiksel yöntemlerle karşılaştırılması amacıyla Fenerköy/Silivri mevkiinde gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 1600 ha alanda, grid sistemine göre yüzey toprak örnekleme (0-20 cm) gerçekleştirilmiş olup toplam 240 adet örnek alınmıştır. Alınan örneklerde sürdürülebilir toprak verimliliği modeli oluşturmak amacıyla bünye, pH, EC, kireç, organik madde, alınabilir fosfor ve potasyum analizleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar analiz sonuçları doğrultusunda tanımlayıcı istatistikler yapılmış olup varyasyon katsayısına (VK) göre yersel değişkenlik belirlenmiştir. Buna göre en yüksek değişkenlik gösteren toprak özelliği alınabilir fosfor (VK= %168,52), en düşük değişkenlik gösteren toprak özelliği pH (VK= %5,15) olarak belirlenmiştir. Variogram analizleri gerçekleştirilerek her bir parametreye ait en uygun variogram modeli belirlenmiştir. Toprak biliminde yaygın olarak kullanılan IDW (deterministik), simple kriging ve ordinary kriging (jeostatistik) yöntemleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda; kum, pH ve alınabilir potasyum parametreleri ordinary kriging (OK) yöntemi ile haritalandırılırken diğer parametreler simple kriging (SK) yöntemi ile haritalandırılmıştır. Oluşturulan sürdürülebilir toprak verimliliği modeline göre alanın %0,03'ü (0,46 ha) sürdürülebilir toprak verimliliği için çok uygun, %32,73'ü (516,61 ha) uygun, %67,12'si (1059,20 ha) az uygun, %0,12'sinin (1,87 ha) uygun olmayan sınıfta olduğu görülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** İstanbul tarım toprakları, verimlilik, bitki besin maddesi, jeostatistik, sürdürülebilirlik

**2020, 114 sayfa**

## **ABSTRACT**

PhD. Thesis

INVESTIGATION OF SPATIAL VARIABILITY IN SOME SOIL CHARACTERISTICS IN  
FENERKÖY RIVER BASIN (SİLİVRİ-İSTANBUL) BY USING GEOSTATISTICS

**Emel KAYALI**

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Assist.Prof.Dr. Orhan YÜKSEL

This study was carried out in Fenerköy/Silivri district to analyse the spatial variability of some soil characteristics and comparison with different geostatistical methods. Soil sampling (0-20 cm) was conducted by grid sampling method from about 1600 ha study area and 240 samples were taken. Soil texture, pH, EC, CaCO<sub>3</sub>, organic matter, available phosphorus and potassium analyses were carried out in all samples with the aim of sustainable agriculture model. According to descriptive statistics results the coefficient of variation (CV) was determined. The greatest coefficient of variation was found for available phosphorus (CV= %168,52), the lowest for pH (CV= %5,15). Best fitted variogram model identified for each parameter before kriging methods. The methods, generally used in soil science which were named as IDW (deterministic), simple kriging and ordinary kriging (geostatistics) were compared. As a result of this comparison; sand, pH, extractable potassium parameters were mapped by ordinary kriging method and the other parameters were mapped by simple kriging method. According to sustainable agriculture model of the total study area 0,03% (0,46 ha) is highly suitable, 32,73% (516,61 ha) is moderately suitable, 67,12% (1059,20 ha) is marginally suitable, 0,12% (1,87 ha) is currently not suitable for agricultural production.

**Key words:** İstanbul agricultural soils, productivity, nutrient, geostatistics, sustainability

**2020, 114 pages**

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÇİZELGE DİZİNİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ŞEKİL DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISATMALAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>5</b>
2.1. Toprak Kalitesi ve Sürdürülebilir Tarım .....	5
2.2. Jeostatistik .....	7
2.3. Jeostatistiğin Toprak Biliminde Kullanımı .....	7
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>22</b>
3.1 Materyal.....	22
3.1.1. Çalışma Alanı Konumu.....	22
3.1.2. Topoğrafya .....	23
3.1.3. Toprak Özellikleri .....	26
3.1.4. Tarım Potansiyeli .....	30
3.1.5. İklim Özellikleri .....	31
3.1.6. Bitki Örtüsü .....	32
3.1.7. Nüfus .....	32
3.1.8. Jeoloji .....	32
3.2. Yöntem.....	34
3.2.1 Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması .....	34
3.2.2 Toprak Analiz Yöntemleri .....	35
3.2.3 Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	36
3.2.4. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği Modellemesi .....	36
3.2.5. Analitik Hiyerarşik Süreç .....	36
3.2.6. Jeostatistiksel Analiz .....	38
3.2.6.1. Variogram Analizi .....	38
3.2.6.1.1. Variogram (uzaklığa bağlı ilişki fonksiyonu).....	38



3.2.6.1.2. Variogram Modelleri .....	40
3.2.6.2. Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma (IDW).....	42
3.2.6.3. Kriging .....	43
3.2.7. İstatistiksel Analizler .....	45
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>46</b>
4.1. İstatistiksel Analiz Sonuçları .....	46
4.2. Toprak Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	48
4.2.1. Bünye .....	48
4.2.1.1 Kum .....	49
4.2.1.2 Kil .....	51
4.2.1.3 Silt.....	54
4.2.2. pH .....	56
4.2.3. EC .....	59
4.2.4. Kireç .....	61
4.2.5. Organik Madde .....	64
4.2.6. Alınabilir Fosfor .....	67
4.2.7. Alınabilir Potasyum.....	70
4.3. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği Modeli.....	73
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>76</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>81</b>
<b>7. EKLER.....</b>	<b>93</b>
<b>7. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>103</b>

## ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 3.1. Silivri ilçesi eğitim grupları.....	23
Çizelge 3.2. Silivri ilçesi arazi kullanım sınıflarının genel dağılımı.....	27
Çizelge 3.3. Silivri ilçesi başlıca büyük toprak grupları ve dağılım oranları .....	28
Çizelge 3.4. Silivri ilçesi ürün deseni dağılımı.....	31
Çizelge 3.5. İstanbul ili iklim verileri.....	31
Çizelge 3.6. AHS 1-9 skorlu tercih ölçeği.....	
Çizelge 4.1. Toprak örneklerinin tanımlayıcı istatistik analizi sonuçları .....	46
Çizelge 4.2. Toprak örneklerinin normalite testi sonuçları(Kolmogorov-Smirnov).....	47
Çizelge 4.3. Toprak örneklerine ait korelasyon analizi sonuçları .....	47
Çizelge 4.4. Toprak örneklerinin bünye sınıflarına göre dağılımı .....	48
Çizelge 4.5. Kum içeriği (%) için isotropik variogram göstergeleri .....	50
Çizelge 4.6. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri .....	50
Çizelge 4.7. Kil içeriği (%) için isotropik variogram göstergeleri .....	52
Çizelge 4.8. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri .....	53
Çizelge 4.9. Silt içeriği (%) için isotropik variogram göstergeleri.....	54
Çizelge 4.10. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri .....	55
Çizelge 4.11. Toprak örneklerinin reaksiyon sınıflarına göre dağılımı.....	56
Çizelge 4.12. pH için isotropik variogram göstergeleri.....	57
Çizelge 4.13. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri .....	57
Çizelge 4.14. Toprak örneklerinin tuzluluk sınıflarına göre dağılımı .....	59
Çizelge 4.15. EC için isotropik variogram göstergeleri .....	60
Çizelge 4.16. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri .....	60
Çizelge 4.17. Toprak örneklerinin kireç sınıflarına göre dağılımı .....	62
Çizelge 4.18. Kireç (%) için isotropik variogram göstergeleri.....	63
Çizelge 4.19. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri .....	63
Çizelge 4.20. Toprak örneklerinin organik madde kapsamına göre dağılımı .....	65
Çizelge 4.21. Organik madde için isotropik variogram göstergeleri.....	66
Çizelge 4.22. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri .....	66
Çizelge 4.23. Toprak örneklerinin alınabilir fosfor içeriklerine göre dağılımı .....	68
Çizelge 4.24. Alınabilir fosfor içeriği için isotropik variogram göstergeleri .....	69

Çizelge 4.25. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri .....	69
Çizelge 4.26. Toprak örneklerinin alınabilir potasyum içeriklerine göre dağılımı .....	71
Çizelge 4.27. Alınabilir potasyum içeriği için isotropik variogram göstergeleri .....	72
Çizelge 4.28. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri .....	72
Çizelge 4.29. İkili karşılaştırma matrisi .....	74
Çizelge 4.30. Parametrelerin değerleri .....	74
Çizelge 4.31. STV sınıflandırması ve dağılımları .....	75



## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanı konum haritası .....	22
Şekil 3.2. Çalışma alanı eğim haritası .....	24
Şekil 3.3. Çalışma alanı bakı haritası .....	25
Şekil 3.4. Çalışma alanı DEM haritası .....	26
Şekil 3.5. Çalışma alanı arazi kullanım kabiliyeti haritası .....	28
Şekil 3.6. İstanbul ili Avrupa yakası büyük toprak grupları.....	29
Şekil 3.7. Örnekleme noktalarının büyük toprak grupları üzerinde dağılımı.....	30
Şekil 3.8. İstanbul ili jeoloji haritası.....	33
Şekil 3.9. Çalışma alanının jeolojik özellikleri .....	33
Şekil 3.10. Çalışma alanı örnekleme planı .....	34
Şekil 3.11. Tipik bir AHS yapısı .....	37
Şekil 3.12. Küresel variogram modeli .....	41
Şekil 3.13. Üssel variogram modeli .....	41
Şekil 3.14. Doğrusal variogram modeli.....	42
Şekil 3.15. Gauss variogram modeli.....	42
Şekil 4.1. Çalışma alanı bünye dağılım haritası .....	49
Şekil 4.2 Kum içeriği (%) için isotropik variogram grafiği .....	50
Şekil 4.3. Kum içeriği(%) dağılım haritası.....	51
Şekil 4.4. Kil içeriği (%) için isotropik variogram grafiği .....	52
Şekil 4.5. Kil içeriği(%) dağılım haritası.....	53
Şekil 4.6. Silt içeriği (%) için isotropik variogram grafiği.....	54
Şekil 4.7. Silt içeriği(%) dağılım haritası .....	55
Şekil 4.8. pH için isotropik variogram grafiği.....	56
Şekil 4.9. pH dağılım haritası .....	58
Şekil 4.10. EC için isotropik variogram grafiği.....	59
Şekil 4.11. EC için dağılım haritası .....	61
Şekil 4.12. Kireç için isotropik variogram grafiği.....	62
Şekil 4.13. Kireç (%) dağılım haritası .....	64
Şekil 4.14. Organik madde için isotropik variogram grafiği.....	65
Şekil 4.15. Organik madde dağılım haritası .....	67

Şekil 4.16. Alınabilir fosfor içeriği için isotropik variogram grafiği .....	68
Şekil 4.17. Alınabilir fosfor içeriği dağılım haritası.....	70
Şekil 4.18. Alınabilir potasyum içeriği için isotropik variogram grafiği .....	71
Şekil 4.19. Alınabilir potasyum içeriği dağılım haritası.....	73
Şekil 4.20. STV modeli dağılım haritası .....	75



## SİMGELER VE KISALTMALAR

AHS	: Analitik Hiyerarşik Süreç
AKK	: Arazi kullanım kabiliyeti
C	: Karbon
Ca	: Kalsiyum
DEM	: Sayısal yükseklik modeli
ha	: Hektar
OM	: Organik madde
Mg	: Magnezyum
K	: Potasyum
P	: Fosfor
N	: Azot
IDW	: Inverse Distance Weighted
ME	: Tahminin ortalama hatası
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
OK	: Ordinary kriging
RMSE	: Ortalama hata kareleri karakökü
SK	: Simple kriging
STV	: Sürdürülebilir toprak verimliliği
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
VK	: Varyasyon katsayısı
°C	: Santigrat derece
da	: Dekar

mg	: Miligram
%	: Yüzde
vd.	: ve diğerleri
EC	: Elektriksel iletkenlik
ICP	: İndüktif Eşleşmiş Plazma



## TEŞEKKÜR

Doktora çalışmalarım süresince benden yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Orhan YÜKSEL'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Doktora çalışmalarım boyunca beni her zaman destekleyen ve teşvik eden Namık Kemal Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Emre ÖZŞAHİN'e, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Oğuz BAŞKAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Doktora yapmam için beni her zaman destekleyen, her türlü hoşgörü ve yardımlarını gördüğüm Kurum Müdürüm Dr. Fatih BAKANOĞULLARI'na, ayrıca değerli katkılarıyla benden desteğini esirgemeyen değerli mesai arkadaşım Dr. Erdem BAHAR'a, doktora çalışmam boyunca her zaman yanımda olan değerli mesai arkadaşlarım Dr. Başak AYDIN ve Volkan ATAV'a, manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim arkadaşlarım Tuğçe Ayşe KARDEŞ ve Yelda YILDIZ IŞIK'a teşekkürlerim sonsuzdur.

Arazi çalışmalarım süresince yardımlarını gördüğüm kurum çalışanlarından Hayrettin DEMİRÜÇ, Fatih AKOL, Yunus KIRTALMA ve Serkan ÖZDEMİR'e, laboratuvar çalışmaları süresince bana yardımcı olan Fatih TÜRK ve Kemal KAHRAMAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım her döneminde destek ve sevgileri ile yanımda olan sevgili ailem; babam Hayrettin KAYALI ve annem Hanife KAYALI ve kardeşim Emre KAYALI'ya teşekkürlerim sonsuzdur.

Ocak 2020

Emel KAYALI

Ziraat Yüksek Mühendisi



## 1. GİRİŞ

Son yıllarda azalsa da, tarımın milli gelir içindeki payı son derece yüksektir. Ancak yanlış ve amaç dışı arazi kullanımı, iklim değişikliği, erozyon ve çölleşme gibi faktörlerin etkisi ile tarım alanlarının miktarı ve kalitesi azalmaktadır. TÜİK verilerine göre 1981 yılında yaklaşık 28 milyon ha olan tarım alanlarımız 2015 yılında 24 milyon ha'ya kadar düşmüştür (Bayar, 2018). Bunun sonucunda, tarımsal üretim azalmakta ve hızla artan nüfusu besleme noktasında yetersiz kalmaktadır. Dünya Bankası verilerine göre 2014 yılına kadar tarımsal üretimde dünya beşincisi olan Türkiye, 2014 yılında dokuzuncu sıraya gerilemiştir. Türkiye işgücü verimliliğinde 30'lu, arazi verimliliğinde ise 20'li sıralardadır. Ayrıca, tarıma dayalı sanayi ürünlerinin ihracatının artmasına paralel artan yurt içi talep tarımsal ürünlerin ithalatının da artmasına yol açmıştır (Anonim, 2016). Bütün bu sorunların çaresi daha fazla tarımsal üretimden geçmektedir. Tarım alanı miktarının artması bir yana düşmeye başladığı son dönemlerde birim alandan en yüksek verimi almak en fazla dile getirilen çözüm yoludur. Bu amaçla, sürekli artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılamak için verimlilik artışının yanı sıra insan sağlığı ve çevrenin korunması ile tarım arazilerinin sürdürülebilir kullanımını ilke edinen üretim yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması temel prensip olmalıdır. Sahip olunan kaynakların etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılması, ekonomik kalkınmanın sağlanması bakımından önemli bir husustur. Hala ekonominin ana sektörlerinden olan tarımın en temel ögesi olan toprak, diğer üretim faktörlerinden farklı olarak yapay olarak elde edilemez ve yeniden üretilemez nitelikte olduğundan korunması ve sürdürülebilir kullanımı son derece önemlidir (Anonim, 2014).

Toprakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ya da yönetilmesi, modern tarım uygulamalarının yol açtığı birtakım problemlerin olumsuz etkilerini en aza indiren veya ortadan kaldıran yeni yaklaşımlardan birisidir. Sürdürülebilir toprak yönetimi erozyon kontrolünü, uygun toprak işleme biçimlerinin seçimini, çevresel ve iklim koşullarına uygun ürün seçimini sağlaması ve doğal kaynaklarla çevrenin korunmasını desteklemesinden dolayı sürdürülebilir tarımın temel unsurunu oluşturmaktadır. (Mollavelioğlu, 2009).

Kökeni Latince olan “Sürdürülebilirlik” terimi “Sustinere” kelimesinden türemiştir. Sürdürmek, devam ettirmek, desteklemek anlamlarında kullanılan terim (Onions, 1964), günümüzde hemen hemen tüm faaliyet alanlarında kullanılan bir kavram olmuştur. Sürdürülebilir kelimesi esas olarak, bugünkü kaynakların gelecek nesillere kayıpsız bir

şekilde aktarılmasını ifade etmeyi amaçlamaktadır. Genel olarak sürdürülebilirlik kelimesi üretim ve tüketim, iç ve dış ticaret, büyüme ve kalkınma gibi ekonomik konularda kullanıldığı gibi tarımsal, kültürel, siyasal, sosyal, çevresel birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır (Kuşat, 2013).

Toprak kalitesi, sürdürülebilir tarımda temel faktörlerdendir ve içinde yer aldığı ekosistemin de kalitesini etkiler. Ancak toprak kalitesi, su ve hava kalitesi gibi belli standartlara sahip olmadığı için, tanımlanması ve sayısallaştırılması oldukça zordur (Doran ve Parkin, 1994). Sürdürülebilir tarımda toprak kalitesi genel olarak toprak sağlığı terimi ile eş anlamlı olarak kullanılırken son zamanlarda yerini toprak kalitesi kavramı almıştır (Bayram, Günal ve Özgöz, 2015).

Toprak kalitesi toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlıdır ve bu konuda yapılan bütün değerlendirmeler ve tanımlamalarda bu özellikler dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, toprak kalitesi çalışmalarında uygulanacak yöntemlerinin belirlenmesinde; toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin ayrı ayrı etkilerinin yerine, bu özelliklerin tamamını kapsayan toprak kalitesinin etkilerinin dikkate alınması önemlidir (Bayram, Günal ve Özgöz, 2015).

Toprak kalitesi, toprağın özelliklerine göre değerlendirildiğinden toprakların bu özelliklerini belirlemek yani toprağı tanımak önemlidir. Toprağı tanımak; oluşumunu öğrenmek, içindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayları tek tek ve birlikte değerlendirmekle olur. Ancak, ülkemiz farklı iklim koşullarına ve toprak özelliklerine sahiptir. Ayrıca topraklar çok heterojen bir yapı gösterirler, birkaç metre uzaklıkta bile birbirinden farklı karakterde ve morfolojide olabilirler (Sağlam, Bahtiyar, Cangir ve Tok, 1993). Bu nedenle heterojen yapıda ve değişen oranlarda yersel değişkenliğe sahip olan bir toprak sisteminde örneklemeler arazileri tam olarak temsil etmeyebilir. Toprakların bu farklı özellikleri bir alan içinde uzaklığa bağlı olarak devamlılık göstermekte olup bu farklılıkların hepsinin aynı anda ölçülebilmesi mümkün değildir. Arazide yapılan çeşitli çalışmalarda alınan örnek sayısı zaman ve ekonomik nedenlerden dolayı sınırlı kalabilmektedir. Bu nedenle sistematik şekilde gerçekleştirilen örneklemeler ve laboratuvar analizleri sonucu elde edilen verilerle, özellikleri bilinmeyen noktalara ait değerlendirme yapmak oldukça zordur. Bu durumda, bu farklılıkların uygun toprak örnekleme ile kestirimler yolu ile belirlenmesi

gerekir (Ortaş ve Berkman, 1995). Bu amaçla da örneklemelerin sağlıklı yapılması ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır.

Klasik istatistik yöntemler ile yapılan değerlendirmelerde toprak özelliklerinin yapısal uzaklığa bağlı olan ilişkisi dikkate alınmaz ve her noktada alınan örneklerin birbirinden bağımsız olduğu kabul edilir. Bu nedenle yapısal uzaklığa bağlı yani uzaysal olarak değişen toprak özelliklerinin analizinde klasik istatistik yöntemlerinin kullanılması uygun değildir. Toprak özelliklerindeki bu uzaysal değişimlerin belirlenmesinde, yapısal uzaklığa bağlı değişimleri dikkate alarak analizler yapan jeostatistiksel yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır (Sağlam, 2008).

Klasik istatistikte seçilen temsili noktaların birbirlerinden bağımsız olduğu ve örnek ortalamasını en iyi temsil ettiği varsayılır. Oysa gerçekte birbirine yakın olarak örneklenen noktalar kendi aralarında çok daha benzerdirler. Yani ölçülen değerler örnekleme noktaları arasındaki mesafenin bir fonksiyonudur ve mesafeden bağımsız olarak düşünülemezler. Bu nedenle incelenen özelliklerin örneklenen değerleri arasında doğal olarak bulunan yapısal değişimin derecesinin (uzaysal bağımlılığının) belirlenmesi gerekir. Jeostatistik sözkonusu uzaysal bağımlılığın belirlenmesinde kullanılan metodların genel adıdır (Öztaş, 1995).

Ongun (2008)'e göre istatistik, gözlemlere dayanan yorumlamalardaki belirsizliğin değerlendirilebilmesi için geliştirilen ve uygulanan yöntemler ve kurallar bilimidir. Jeostatistik ise, istatistiğin uygulamalı bir dalıdır ve yerbilimlerinde karşılaşılan kestirim problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Başka bir ifade ile jeostatistik, incelenen bir özelliğin eldeki gözlem değerlerini kullanarak örnekleme yapılmayan noktalardaki değerleri tahmin etmede kullanılmaktadır.

Mekânsal veri analizi içerisinde farklı bir metodoloji olan jeostatistik, çeşitli araçları ve modelleme tekniklerini içermektedir. Jeostatistik, uygulamalı bilim üzerine çalışan araştırmacılar ve matematikçiler tarafından geliştirilmiştir ve tarım bilimleri, çevre bilimleri, yer bilimleri gibi çeşitli bilim dallarında uzun zamandır uygulanmaktadır (Aydın, Türkoğlu ve Çiçek, 2015).

Uzun yıllar süresince aynı tarımsal üretim şeklinin uygulandığı tarım topraklarının sürdürülebilir tarım açısından özelliklerinin bilinmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Fiziksel ve kimyasal özellikler birbirini tamamlayan, destekleyen öğelerdir. Üretken bir toprak için

sadece kimyasal özellikler değil aynı zamanda fiziksel özelliklerin de bitki için uygun olması önemlidir. Ancak tarımsal üretimin en önemli unsuru olan çiftçilerimiz tarafından yapılan tekdüze tarım, toprakların kalitelerinin zamanla azalmasına neden olmaktadır. İşlemeli tarım yapılmasının sakıncalı olduğu eğimli alanlarda buğday-ayçiçeği münavebesi yapılmakta ve topraklar erozyona hassas hale gelmektedir. Erozyona uğrayan alanlarda toprak özellikleri değişmekte ve toprak kalitesi azalmaktadır.

Çalışma alanının içinde bulunduğu Silivri, Çatalca ilçesi ile birlikte İstanbul'un en yoğun tarım yapılan ilçesidir. Silivri uygun toprak ve iklim özellikleri nedeni ile uzun yıllardır susuz koşullarda münavebeli olarak ayçiçeği ve buğday tarımı yapılan bir bölgedir. Topraklar genel olarak ağır bünyeli olmasına rağmen buğday ve ayçiçeği yetiştiriciliği için son derece uygundur ve bu nedenle başka bir bitki münavebeye çoğunlukla dahil edilmez. Bu araştırma ile Silivri topraklarının özelliklerini taşıyan ve bu bölge için örnek alan olarak seçilen bir çalışma alanında toprakların bazı fiziksel, kimyasal özellikleri belirlenmiş ve farklı jeostatistiksel yöntemler karşılaştırılarak belirlenen ideal yöntem ile her bir kalite parametresi için dağılım haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan her bir dağılım haritası uzman görüşleri doğrultusunda analitik hiyerarşik süreç (AHS) yardımı ile belirlenen ağırlık puanları ile hesaplanarak sürdürülebilir toprak verimliliği modelini oluşturan tek bir haritada toplanmıştır. Elde edilen sonuçların araştırmacılara ve bölge üreticilerine rehber olması amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 Toprak Kalitesi ve Sürdürülebilir Tarım

Toprak kalitesi toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile yakından ilgilidir ve toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesi toprak kalitesinin de iyileştirilmesi anlamına gelmektedir. Bu toprak özellikleri sadece bitkisel üretim açısından değil aynı zamanda toprakların tamponlama kapasitesini arttırması ve bu özellik sayesinde olumsuz etkilerden toprağın korunmasını sağlaması açısından önemlidirler (Larson ve Pierce, 1994).

Su ve rüzgâr erozyonu, toprak sıkışması, kaymak bağlama, tuzluluk ve alkalileşme, asitlik, organik madde kaybı, toprak kirliliği ve toprak yorgunluğu şeklinde ortaya çıkan süreçler, toprak bozunması olarak tanımlanmaktadır (Öztaş, 1997). Tarım arazilerinde söz konusu bozunma süreçleri ile arazi ve toprak yönetimi uygulamalarının doğal bir sonucu olarak belirli bir periyotta ortaya çıkan toprak özellikleri ise toprak kalitesi olarak bilinmektedir (Öztaş, 2002).

Toprak kalitesinin değerlendirilmesi sürdürülebilir toprak yönetiminin temel unsurlarından birisini oluşturmaktadır. Ancak toprağın birçok işlevi eş zamanlı olarak yerine getirmesinden dolayı belirli işlevlere ve süreçlere ilişkin gösterge özelliklerinin belirlenmesi zorlaşmakla birlikte fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere ilişkin göstergelerle toprak kalitesinin değerlendirilmesi bir bakıma mümkün hale gelmektedir (Andrews ve Carroll, 2001). Örneğin kimi çalışmalarda su tutma kapasitesi, havalandırma, pH ve elektiriksel iletkenlik gibi toprak göstergeleri kullanılmaktadır. Ayrıca toprak kalitesinin değerlendirilmesinde bütünleştirilmiş toprak kalite indeksi ve verimlilik indeksi modeli gibi yaklaşımlar kullanılabilir. Bütünleştirilmiş toprak kalite indeksi, yönetim karar süreci içinde toprak göstergelerinden gelen bilginin bütünleştirilmesiyle elde edilir. Verimlilik indeksi modeli ise toprak kalitesini değerlendirmek için birçok yaklaşımı esas almaktadır (de Lima, 2007).

Tarımsal ilaçların ve gübrelerin bilinçsizce tüketimi çevre ve toprak kirliliğine neden olmaktadır (Doran, 2002). Özellikle günümüz tarım sisteminde azotlu gübrelerin aşırı ve bilinçsizce kullanımı sonucu yer altı ve yerüstü kaynaklarının nitrat içeriklerinin yükselmesi, insan, hayvan ve çevre sağlığı için ciddi problemlere neden olmaktadır (Townsend ve Young,

1997). Bu durum, kimyasal gübre ve ilaç kullanılarak yapılan tarımın sürdürülebilir olmadığı ve günümüz tarımında yenilik yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu amaçla geleneksel tarım sistemlerine alternatif olarak toprak ve ekosisteme olumsuz etkileri olmayan sürdürülebilir ve organik tarım gibi üretim sistemleri üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Tarımda sürdürülebilirlik toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesine ve bu özelliklerin korunmasına olanak verecek en uygun toprak-bitki ve arazi yönetimlerinin seçilmesiyle olacaktır. Doğal kaynak olan toprakların üretkenliği sonsuz değildir. Bu nedenle toprakların korunması ve üretkenliklerinin devamı toprakların temel özelliklerinin sürekliliğine bağlıdır (Gökmen, 2011).

Sürdürülebilir toprak yönetimi erozyon kontrolünü, uygun toprak işleme biçimlerinin seçimini, çevresel ve iklim koşullarına uygun ürün seçimini sağlaması ve doğal kaynaklarla çevrenin korunmasını desteklemesinden dolayı sürdürülebilir tarımın temel unsurunu oluşturmaktadır. Bu açıdan tarımsal verimliliğin devamlılığının sağlanması ve doğal kaynak tabanının ve çevresel kalitenin korunması sürdürülebilir bir toprak yönetiminin benimsenmesini gerektirmektedir. Sürdürülebilir toprak yönetimi bu unsurları arazi planlaması ve toprak kalitesinin sürekli izlenmesi gibi işlevlerle yerine getirmekte, dolayısıyla teorik olarak ifade edilen sürdürülebilir tarım yaklaşımını bilgiye dayalı süreçlerle desteklemektedir (Mollavelioğlu, 2009).

Tarımsal işletim uygulamalarının toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek, tarla bazında verimdeki değişkenliği açıklamak için önemli bilgiler sağlayabilir. Illinois’de biri sürekli mısır yetiştirilen, diğeri ise soya ve mısır münavebeli iki farklı ürün yetiştirme sisteminde, 5 farklı N dozu uygulamalarının, toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri ve ürün üzerindeki etkisinin çoklu analiz ve çoklu regresyon yöntemleriyle değerlendirilmesi sonucu, uzun dönemli N uygulamalarından en çok etkilenen toprak özellikleri sürekli mısır yetiştirilen sistemde belirlenebilirken, münavebeli ürün yetiştirme sisteminde toprak özellikleri, verim ve N arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Jagadamma, Lal, Hoef, Nafziger ve Adee, 2008).

Toprakların kimyasal ve fiziksel özellikleri toprak amenajmanından çok fazla etkilenirler. Bunlar içinde strüktür hacim ağırlığı ve renk gibi fiziksel faktörler; pH, EC ve besin elementlerinin yayılgılığı, gibi kimyasal faktörler bunlara örnektir. çiftlik gübresi uygulanmasının toprak pH’sını, EC’sini ve besin elementi kapsamalarını kontrole göre

arttırması buna örnek olarak verilebilir. Toprakların doğal özelliklerinde değişikliğe neden olan insan etkisine daha birçok faktör eklenebilir. Toprakların işlenmesi, sulama ve drenaj uygulamaları, gübre ve pestisit kullanımı, ürün rotasyonu, araziye katı atık depolanması, endüstriyel çözücülerin ve madencilik artıklarının boşaltılması ve septik tankların oluşturulması arazideki değişkenliğin kaynaklarına örnek olarak verilebilir (Mulla ve McBratney, 2002).

## **2.2 Jeostatistik**

Jeostatistiksel yöntemler, maden yataklarındaki değişimlerin tahmin edilmesinde kullanılmak amacıyla Krige ve Matheron tarafından geliştirilmiştir. İlk olarak uygulanmaya başlandığı 1960'lı yılların başından beri jeostatistiksel yöntemler yeraltı suyu hidrolojisi ve hidrojeolojisi, yüzey hidrolojisi, deprem mühendisliği ve sismoloji, kirlilik kontrolü ve jeokimyasal çalışmalar başta olmak üzere birçok alanda uygulanmıştır (Journel ve Huijbregts, 1991).

Konumsal değişkenlik sürekli bir dağılım göstermekte olup normal dağılımla ifade edilememektedir. Konumsal değişkenlik belirli bir alanda her nokta için belirli bir değeri temsil ettiğinden gerçek bir fonksiyondur. Klasik istatistiksel modeller örneklerin normal dağılım gösterdiğini varsayar ve yerin pozisyonu hakkında bilgi vermezler (Webster ve Burgess, 1980).

Jeostatistik konumu bilinen (örnek noktalarının koordinatları) ana kütle örneklem değerlerinin istatistiğidir. Jeostatistik 3 farklı ortam (doğru-düzlem-uzay) için uygulanabilir olsa da genellikle iki boyutlu düzlemde (haritada veya uydu görüntüsü gibi iki boyutlu düzlemde üzerinde) uygulanmaktadır. Veri setlerinde jeostatistik yöntemlerle matematiksel model kullanılarak tahmin yapabilmek için veri setinin normal dağılım göstermesi gerekmektedir (Konuk, 2011).

## **2.3 Jeostatistiğin Toprak Biliminde Kullanımı**

Toprak özellikleri konumsal değişkenliğe sahiptir ve kısa mesafelerde önemli değişimler ortaya koyarlar (Trangmar, Yost ve Wehara, 1985). Bu nedenle bilim insanları konumsal bağımlılığın analizinde jeostatistiksel yöntemlerin kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir (Journel ve Huijbregts, 1991). Bir alanda yersel olarak ortaya çıkan düzensiz

yönelmenin sebepleri, bazı konumsal yapılar veya farklı konumsal ölçeklerde çeşitli fiziksel, kimyasal veya biyolojik süreçlerin ortak etkileri olabilir. Bu yüzden toprak özelliklerinin konumsal değişkenliğinin tanımlanması toprak ve çevresel faktörler arasındaki karmaşık ilişkilerin anlaşılabilmesi için gereklidir (Goovaerts, 1998).

Hamlett, Horton ve Cressie (1986) toprak özelliklerinin konumsal bağımlılık gösterdiğini ve klasik istatistik metodlarının, değişkenleri uzaydaki konumsal bağımlılıklarına rağmen bağımsız değişkenler olarak ele alması nedeniyle, yetersiz kaldığını bildirmektedirler.

Toprak özellikleri genellikle çok değişkenlidir ve jeostatistik, toprak özellikleri arasındaki değişikliğin korelasyonunun nasıl olduğunu araştırmada sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Goovaerts, 1999).

Toprak özellikleri ile ilgili çalışmalarda küresel (spherical), doğrusal (linear) ve üssel (eksponansiyel) tip yarıvariogram modeller yaygın olarak kullanılmaktadır (McBratney ve Webster, 1986).

Toprağın su içeriği, bitki gelişimini, bitki besin maddeleri taşınımı ve bitki besin maddeleri dönüşümünü, toprak-bitki sistemindeki enerji dengesini etkileyen temel toprak özelliğidir. Toprak kum içeriği ve toprak nemi arasındaki ilişki, toprak bünyesinin toprak su içeriği ve dolaylı olarak bitki besin maddelerinin mekânsal değişkenliğini kontrol ettiğini göstermektedir. Bunu belirlemede jeostatistik ve mekânsal sorgulamalar etkili birer araçtır (Erşahin ve Brohi, 2005).

Webster ve Oliver (1993) normal dağılım gösteren izotropik bir tahmin variogramı oluşturabilmek için en az 150 verinin gerektiğini ancak 225 veriden elde edilen verilerin daha güvenilir olduğunu bildirmişlerdir.

Mekânsal değişkenlik yapısının en uygun şekilde belirlenebilmesi için optimum bir örneklemenin nasıl yapılacağı, karşılaşılan en önemli sorunlardan biri olmakla beraber kesin bir çözümü de yoktur. Ancak yarıvaryogram modelleri ve hata varyansları yardımı ile bazı yaklaşımlar yapmak olanaksız değildir (Warrick ve Myers, 1987).

Lilja ve Nevalainen (2007) tarafından Finlandiya için 1:250.000 ölçekli sayısal toprak haritasının ve veri tabanının oluşturulmasına yönelik yapılan metodoloji çalışmasında, altlık olarak küçük ölçekli kuvaterner çökeltme haritaları, jeofizik ölçümleri, çeşitli kaynaklardan



alınmış CBS verileri ve eski etüd raporları kullanılmıştır. Çalışmada sayısal haritalamanın öneminden bahsedilmiş olup ülkenin toprak haritasının yapılması için 338.000 km<sup>2</sup>'lik bir alandan yaklaşık 370.000 örnek alınması gereği belirtilmiştir.

Buscaglia ve Varco (2003) Mississippi vadisi taşkın ovasında pamuk ekili alanlardan aldığı yüzey toprağında toplam C, N, alınabilir Ca, Mg, K, Na, P ve pH analizlerini yapmışlar ve jeostatistiksel modelleme ile verilerin dağılımı belirlenmiştir. Sözkonusu çalışmada, en doğru sonuca ulaşmak için örnekleme mesafesinin maksimum 46 m olması gerektiğini belirlemişlerdir.

Chang, Scrimshaw, Emmerso ve Lester (1998) gel-git olayının etkisinde olan bir çalışma alanından su baskınından önce ve sonra grid örnekleme metoduna göre toprak ve sediment örnekleri almışlardır. Örneklerde Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn, su içeriği ve tane boyutu analizleri yapılarak orijinal veri setleri oluşturmuşlardır. Tam ve azaltılmış veri setleriyle deneysel variogramlar ve çapraz semivariogramlar oluşturularak, bunları kriging ve co-kriging analizlerinde kullanılmışlardır. Sonuçlar 1995 yılında orijinal örnek yoğunluğunun yaklaşık %50, 1996 yılında yaklaşık %40 azalmasıyla konumsal değerlendirmede herhangi bir kayıp olmadığını göstermiştir. Verilerin analizi 1995 yılındaki %50 azalmanın mümkün olduğunu gösterirken 19 örnek değerlendirmesinin istatistik olarak güvenilir olmayacağını çalışma alanı için minimum örnek sayısının kriging ve cokriging için 28 olarak alınması gerektiğini göstermiştir.

Çetin ve Özcan (1997) toprakların kil içeriklerinin uzaklık boyutu içerisinde gösterdikleri değişkenlik tavrını jeostatistik tekniğiyle belirlemeye çalışmış ve optimum haritalama tekniği ile niceliksel olarak haritalanabilen olanaklarını araştırmışlardır. Çalışma alanı toprakları kil içeriklerinin gözlem noktaları arasındaki uzaklığın bir işlevi olarak konumsal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Yarıvariogram etki uzaklığı 3,5 km olarak belirlenmiştir. Böylece, yarıçapı bu mesafeye eşit ya da küçük olan bir çemberin komşuluğundaki bütün örneklerin birbirleri ile ilişkili olduğu, örneklerin birbirlerinden bağımsız olarak düşünülemeyeceği sonucuna varılmıştır. Çalışma alanında 6000 adet grid noktası oluşturularak basit kriging tekniği ile kestirimler yapılmış, bu kestirimler kullanılarak çalışma alanının eş kil eğrileri haritası ve kriging standart sapma haritası çizilmiştir.

Dahiya, Dahiya, Shanwal, Laura ve Agrawal (1990) güney-batı Haryana'da kumlu topraklarda toprak su kapsamı değişimini jeostatistik yöntemlerle incelemişlerdir. Farklı

derinliklerden 15 gün aralıklarla alınan örneklerde yarıvariogramlar hesaplanmıştır. Kriging analizi uygulanarak kısa aralıklar için toprak su kapsamı tahmin edilmiştir. Kriging için kullanılan yarıvariogram modelinin geçerliliği çapraz doğrulama tekniği kullanılarak test edilmiştir. Model, çalışılan alanda toprak nem kapsamının tahmininde mükemmel sonuç vermiştir. Yarıvariogramlar ayrıca birbirini izleyen örnekler arasında istenilen herhangi bir kesinlikte zaman aralığı belirlemek için de kullanılmıştır. Bu prosedür, örnekleme çabalarının iki örnek arasındaki güvenilirlikte önemli bir azalma olmaksızın zaman aralığının artırılmasıyla azaltılabileceğini göstermiştir.

Karabulut ve Ünver (2012) tarafından bazı toprak parametrelerinin yersel değişkenliği ve mekansal bağımlılık seviyelerinin belirlenmesi amacıyla Çukurova Bölgesinde yapılan bir çalışmada, farklı örnekleme mesafesine sahip 260 noktadan yüzey toprağı alınmış ve bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmış ve elde edilmiş olan değerler jeostatistiksel olarak modellenmiştir. Çalışmada, toprak verimliliğine yönelik göstergelerin değişiminin, jeostatistiksel modelleme ile izlenebileceği ve bunun da çalışmalarda emek ve zaman tasarrufunda bulunabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada da örnekleme mesafesi üzerinde durulmuş ve arazinin mekânsal yapısını temsil edebilecek en az örnek ile çalışmanın uygunluğu vurgulanmıştır.

Turgut ve Öztaş (2012) tarafından Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Pasinler Deneme İstasyonunda yapılan çalışmada, istasyon topraklarının yüzey kısımlarından toplam 68 örnek alınmış, analizleri yapılmış ve jeostatistiksel modelleme uygulanmıştır. Ele alınan toprak özelliklerinden kil ve siltin üssel (exponential) model, kum ve organik maddenin Gaussian model ve kireç ve pH'nın ise küresel (spherical) model ile tahmin edilmesinin daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ongun (2008) tarafından bazı fiziksel ve kimyasal toprak parametrelerinin değerlendirilmesi ve uzaysal değişkenliklerinin jeostatistiksel modelleme yardımı ile ortaya çıkarılması amacıyla İzmir-Menemen'de yürütülen çalışmada, böyle bir modelleme ile kısmi hatalar hariç başarılı sonuçlar elde edilebildiği belirtilmiştir. Sözkonusu çalışmada 182 noktadan ve 0-30 ve 30-60 cm derinliklerden toprak örnekleme yapılmış; analiz sonuçları jeostatistiksel yöntemlerle yorumlanıp, semivaryogramlar değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda ekstrakte olabilen Na değeri gibi kimi toprak özellikleri daha fazla değişken

bulunurken, pH ve KDK gibi bazı özelliklerinde değişkenlik değerleri düşük bulunmuştur. En uygun kriging metodunun ise üssel semivaryogram modeli olduğu belirtilmiştir.

Başaran, Özcan ve Erpul (2006) yaptıkları bir çalışmada düşük kaliteli sulama sularıyla sulanan bir çam fidanlığında toprak tuzluluk derecesinin uzaysal ve mevsimsel değişkenliğini belirlemeye çalışmışlardır. Toprak örnekleri iki dekarlık bir alandan, dört farklı örnekleme periyodunda 0-30 cm derinlikten alınmıştır. Toprak tuzluluk derecesinin varyasyonu istatistiksel olarak %5 seviyesinde önemli bulunmuştur. Jeostatistiksel teknikler toprak tuzluluğunun farklı mesafeler (14, 21, 29, 32 m) için uzaysal korelasyona sahip olduğunu göstermiştir. Toprak tuzluluğunun varyasyonu, toprak tuzluluğu ve farklı örnekleme ları arasındaki dinamik ilişkileri gösteren variogram model ve model parametrelerini kullanarak üretilen kriging haritalarından tahmin edilmiştir.

Toprakta organik karbonun mekânsal değişkenliği ve organik karbon içeriği ile bakının mekânsal korelasyonu hakkında çok az şey bilinmektedir. Söz konusu çalışma kapsamında 354 adet yüzey toprak örneği alınmıştır. Yinma nehrinin ikiye böldüğü çalışma alanında, nehrin batı bölgelerinde organik karbon içeriğinin yüksek mekânsal bağımlığa sahip iken, doğu bölgelerde düşük mekânsal bağımlı sahip olduğu bulunmuştur. Ancak organik karbon içeriğindeki bu mekânsal değişkenlik, topografya ve arazi kullanımı mekânsal yapılarıyla da ilişkilidir (Liu vd. 2006).

Üst ve alt toprak katmanındaki toprak bünyesinin mekânsal değişkenliği ve toprak EC'sindeki mekânsal değişkenlik basit co-krigleme yöntemiyle belirlenmiştir. Her iki toprak özelliğinin haritaları fuzzy k-ortalamları (FKM) eğitimsiz sınıflandırma yöntemi kullanılarak mekânsal sorgulama ile arazide üç farklı tarımsal işletim zonu elde edilmiştir (Vitharana, Van Meirvenne, Cockx ve Bourgeois, 2006).

Öztaş (1995) bir çalışmasında, jeostatistiksel metotlardan semivariogram analizi ile incelenen toprak özelliğinin konumsal (spatial) bağımlılık derecesini yani ölçüm yapılan noktalar arasındaki konumsal bağımlılığı belirlemede, kriging analizinin ise ölçüm yapılmayan nokta veya alanlardaki özelliklerin tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanıldığından bahsetmektedir.

Birbirleriyle mekânsal bakımdan ilişkili olan, yoğun örneklemeye sahip bir veri seti kullanılarak, toprak özelliklerinin mekânsal dağılım yapılarındaki hassasiyet, kiriling hata varyansları ve kokrigleme yardımı ile arttırılabilir (Baxter ve Oliver, 2005).

Lopez Granados vd. (2002) İspanya’da toprak verimlilik parametreleri olarak bünye, OM, P, K,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  ve pH’nın mekânsal değişkenlik parametrelerini jeostatistiksel modelleme ile belirlemiş ve bu parametrelere bağlı olarak da değişken oranlı gübre uygulaması haritaları elde ederek uygulama yapmışlardır.

Toprak elektriksel iletkenliği birçok faktörden etkilendiği gibi toprak nem tutma kapasitesini kontrol eden toprak kil içeriği ve dolayısı ile de toprak nem içeriğinden de direkt etkilenmektedir. Bu nedenle toprak elektriksel iletkenliği toprak nem içeriğinin mekânsal-zamansal değişkenliğinin tespitinde iyi bir gösterge olarak kullanılabilir. Düşük yükselti bölgeleri tepe ve yamaçlara göre daha nemli olma eğilimindedir. Çalışma sonucunda yağışlı yıllarda düşük yükseltilerde EC’nin yüksek olduğu daha nemli alanlar, kurak yıllarda yükselti arttıkça EC’nin de azaldığı kuru alanlar gözlenmiştir. Bu nedenle de verim ile elektriksel iletkenlik ve yükselti arasındaki bu ilişki yardımı ile edilen bölgesel farklarla işletim zonları oluşturulabileceği belirtilmiştir. Bu işletim zonlarında yağışlı ve kuru yıllar dikkate alınarak farklı stratejilerle değişken oranlı gübre uygulaması yapılabileceği ifade edilmiştir (Delin, 2005).

Sağlam (2008) Amasya Gökhöyük Tarım İşletmesi topraklarında bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi ve bunların mekânsal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemler ile analiz edilerek aralarındaki mekânsal ilişkinin ortaya konulması için yürüttükleri bir çalışmada, 298 adet toprak örneğinde fiziksel (kil, silt, kum, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, daimi solma noktası, hidrolik iletkenlik, üst toprak derinliği) ve kimyasal (pH, EC, toplam organik C) kalite parametreleri analiz edilmiştir. Sonuç olarak toprak kalite göstergelerinin yöne bağlı değişim göstermediğini ve en yüksek değişkenlik mesafesinin 1.981 m ile EC’de, en düşük değişkenlik mesafesinin ise 1.054 m ile hacim ağırlığında bulunduğunu bildirmiştir.

Keyes, Cannon ve Kryzanowski (2000) Alberta’da toprak verimlilik parametrelerinden P, K, S, OM ve pH için 0–15 cm derinlikten alınan örneklerle mekânsal değişkenlik parametrelerini ve yapısal uzaklıkları (range) belirleyerek bu toprak özelliklerinin dağılım haritalarını oluşturmuşlar ve K ile OM arasında yapısal benzerlik yakalamışlardır.

Iğdır ovasında bazı toprak özellikleri için yapılan yarıvaryogram analizleri toprak özelliklerinden B, EC ve ESP'nin mekânsal değişkenlik yapılarında benzerlik gözlenmiştir. Düşey yöndeki krigleme mekânsal dağılım haritaları pH hariç önemli bir farklılık göstermezken, yüzeysel dağılımlarında bazı farklılıklar görülmüştür (Ardahanlıoğlu, Öztas, Evren, Yılmaz ve Yıldırım, 2003).

Ankara-Gölbaşı ve yakın çevresinde, toprakların bazı mühendislik ve fiziksel özelliklerinin mekânsal dağılımları jeostatistiksel yöntemle belirlenmiş ve suyla doygunluk, kil, tarla kapasitesi, sürekli solma noktası, kullanılabilir su kapsamı, likit limit, plastik limit, plastiklik indeksi değerlerinin araştırma alanı içerisindeki dağılımlarının benzerlik gösterdiği gözlenmiştir. Toprak mühendislik-fiziksel özellikleri zamanla büyük değişiklikler göstermediğinden, varyogramın tekrar edilebilmesinin yanı sıra benzer topografya ve benzer toprak tiplerinde de kullanılabilir olduğu bulunmuştur (Başkan, 2004).

Ankara'nın Güneyinde Soğulca havzasında, geleneksel yöntemler ve jeostatistiksel yöntemlerle elde edilen toprak erozyonu K (toprak erodibilitesi) faktörü haritaları karşılaştırılmış ve 93 toprak örneğinden krigleme içkestirim yöntemi ile elde edilen mekânsal dağılım sonuçlarının, klasik yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. K faktörünün mekânsal değişkenliğinin arazi kullanımı ve arazi şekilleri ile değiştiği belirlenmiştir (Başkan ve Dengiz, 2008).

Sun, Zhou ve Zhao (2003) Çin'in dağlık subtropikal bir bölgesinde yaptıkları çalışmada toprak kalitesindeki değişikliği ve toprak özelliklerindeki değişkenliği jeostatistiksel yöntemler kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. 112 ha'lık araziye 100×100 m'lik gridlere bölmüş ve 105 noktadan 0-15 cm derinlikten toprak örnekleri almışlardır. Analizler sonucunda toprak özelliklerinin geniş ölçüde değişkenlik gösterdiği, en yüksek varyasyon katsayısının fosforda en düşük varyasyon katsayısının ise pH'da görüldüğünü raporlamışlardır.

Yetgin, Erşahin, Kutlu ve Günel (2006) üç hektarlık bir alanda kil, silt, kum içeriği (%), tarla kapasitesindeki nem içeriği ve doymuş hidrolik iletkenlik için kriging tahminlerinin doğruluğunu ve uzaysal yapı üzerine örnek sayısı ve örnekleme planının etkisini değerlendirmek için bir çalışma yapmışlardır. Toprak örnekleri doğu-batı doğrultusunda 7 ince transekt ve kuzey-güney doğrultusunda 5 transekt oluşturularak 50×50 m gridlerle 30 cm derinlikten alınmıştır. Kriging tahmininin kalitesi ve deneysel semivariogramların özellikleri

üzerine transektlerin yeri ve sayısının etkisi jeoistatistiksel teknikler vasıtasıyla değerlendirilmiştir. Semivariogram analizi ve çapraz doğrulama tekniği; bütün toprak değişkenliklerinin incelenmesinde doğu-batı doğrultusundaki ince transektlerin, kuzey-güney doğrultusundaki transektlerle karşılaştırıldığında tahminin kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak hem yönün hem de ince transektlerin sayısının topraklarda kullanılacak örnekleme modelinin seçiminde önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir.

Anil, Kuhad, Grewal, Dahiya ve Kumar (1996) Hindistan'da Haryana aluviyal platosunda pH, EC ve silt + kil kapsamlarının konumsal bağımlılığını test etmek amacıyla yaptıkları çalışmada; üç farklı nem rejim zonunda, 24 büyük grupta, 10x10 km'lik hücre kareler ağı yöntemi ile 470 adet örnek almışlardır. Varyasyon katsayısı %7,10 ile %29,40 arasında değişkenlik göstermiştir. Yapılan jeoistatistik değerlendirme sonucunda silt + kil kapsamı ve pH tüm uzaklıklar için uyumlu olurken, EC ölçümleri 225 km mesafe ile uyum göstermiştir

Vieira, Hatfield, Nielsen ve Biggar, (1983)'e göre, çapraz doğrulama analizi, kriging metodu içerisinde yer alan ölçüm noktalarındaki değerleri çevresindeki değerlerle tahmin ederek, gerçek değerlerle tahmin değerlerini karşılaştıran, seçilen modelin güvenilirliğini test eden bir yöntemdir.

Başbozkurt, Öztaş, Karaibrahimoglu, Gündoğan ve Genç (2013) Adıyaman'da 19 köyü kapsayan alana ait toprak örneklerinde belirlenen; tane büyüklüğü (kum, silt ve kil), % saturasyon, toprak reaksiyonu (pH), çözünebilir tuz, elektriksel iletkenlik (EC), kireç miktarı, değişebilir Ca+Mg ve Na içerikleri ile B (Bor) konsantrasyonu gibi özelliklerin mekânsal bağımlılıklarının jeoistatistiksel metotlarla incelenmesi ve haritalanmasını amaçladıkları çalışmalarında; incelenen toprak özelliklerinden kum, silt, Ca+Mg ve Na izotropik lineer model, % saturasyon, pH, EC, kireç, kil ve B ise izotropik üssel model ile tanımlamışlardır. Araştırmacılar, toprak özelliklerinin mekânsal bağımlılıklarını varyasyon katsayısı, variogram ve Moran's I indeksine göre değerlendirmiştir. Yapılan araştırmada bu üç yöntemle göre saturasyon, tuz, kireç, kil ve B'un mekânsal bağımlılığının "orta ve yüksek" derecede olduğu görülmüştür. Araştırmacılar ayrıca ayrıca alansal kriging enterpolasyon metodunu kullanarak her bir özelliğin çalışma alanında örneklenmeyen alanlardaki değerlerini tahmin ederek dağılım desenlerini haritalamıştır. Araştırma sonuçlarına göre çalışma alanı topraklarının

mekânsal bağımlılık derecelerinin genellikle “orta ve yüksek” düzeylerde olduğu belirlenmiştir.

Budak, Günal, Çelik, Acir ve Sırrı (2018), Dicle Havzası’nda bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerini belirlemiş, mesafeye bağlı değişkenlikleri modellemiş ve haritalamışlardır. Diyarbakır ile Siirt illeri arasında grid yöntemine göre 4.341 km<sup>2</sup>’lik alanda toplam 175 noktadan aldıkları toprak örneklerinde tekstür (kum, kil ve silt), organik madde, kireç, toprak reaksiyonu, elektriksel iletkenlik, alınabilir fosfor ve potasyum analizleri yapmışlardır. Çalışma alanında en düşük değişkenliğin pH (%VK= 3,9) ve en yüksek değişkenliğin ise alınabilir fosfor (%VK= 137,77) konsantrasyonunda olduğunu belirlemişlerdir. En yüksek range değerine sahip toprak özelliğinin elektriksel iletkenlik (135,4 km), en küçük range değerinin pH (4,74 km) olduğunu tespit etmişlerdir.

Akıncı, Özalp ve Turgut (2012) Artvin ili Yusufeli ilçesinde tarıma uygun alanların belirlenebilmesi amacıyla, büyük toprak grubu, arazi kullanım kabiliyet sınıfı, toprak derinliği, eğim, bakı, yükseklik derecesi ve diğer toprak özellikleri parametrelerini uzman görüşlerine başvurarak değerlendirmiş ve AHS yöntemine göre ikili karşılaştırma matrisleri oluşturmuşlardır. Ağırlıklı toplam bindirme analizi ile elde edilen parametreler ve alt parametre puanları ArcGIS ortamında çakıştırılarak tarımsal arazi kullanımı uygunluk haritası üretmişlerdir. Çalışma sonucunda, üretilen tarımsal arazi kullanımı uygunluk haritasına göre alanın %0.42’si tarımsal üretim için yüksek derecede uygun ve %61,03 ünün ise düşük derecede uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Gündüzoğlu ve Çukur (2019) Küçük Menderes Havzası’nın tarımsal potansiyelinin analiz edilmesi amacı ile yaptıkları bir çalışmada; eğim, bakı, drenaj özellikleri, erozyon durumu, toprak grupları, toprak derinliği, yağış ve sıcaklık verilerini AHS ile değerlendirmiş ve ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile sorgulamışlardır. Arazinin yanlış kullanılması, tarımsal potansiyeli olan toprakların değer kaybetmesi ve amacı dışında kullanılmasının özellikle sürdürülebilirlik açısından problem oluşturduğunu belirlemişlerdir. Elde edilen arazi uygunluk haritasının değerlendirilmesi sonucunda; yerleşim alanlarının tarımsal potansiyelinin yüksek arazilere yayılım gösterdiğini, tarımsal potansiyelin düşük olduğu alanlarda ise yapılan tarım faaliyetlerinin yanlış arazi kullanımına sebep olduğunu tespit etmişlerdir.

Dengiz ve Sarıoğlu (2013) Bafra Ovası Çetinkaya bölgesinde bulunan 1762.4 hektar büyüklüğündeki tarım arazisinin tarımsal uygunluk sınıflarının belirlenmesini, doğrusal

kombinasyon tekniğini ilk kez kullanarak yapmışlardır. Ayrıca bu kapsamda seçilen niceliksel arazi (eğim, derinlik, bünye ve drenaj) ve toprak parametrelerinin (EC, pH, CaCO<sub>3</sub> içeriği, verimlilik) ağırlık değerlerinin hesaplanmasını analitik hiyerarşik süreç tekniği ile gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen tarımsal uygunluk haritasına göre 1035,7 ha alanın uygun ve çok uygun alan olarak belirlenmiştir.

Akbulak (2010) tarafından Yukarı Karamenderes Havzası'nın arazi kullanımı uygunluk analizini gerçekleştirmek için yapılan çalışmada, coğrafi bilgi sistemleri metodolojisi ile analitik hiyerarşik süreç birlikte kullanılmıştır. Çalışmada tarım, çayır-mera ve orman olmak üzere üç farklı arazi kullanım türü değerlendirmeye alınmış ve optimal arazi kullanım haritasına göre inceleme alanının %75,1'inin "orman" %15,2'sinin "tarım alanı" ve %8,5'inin ise "çayır-mera alanı" olarak kullanılması önerilmiştir. Önerilen optimal arazi kullanımı ile mevcut arazi kullanımı karşılaştırıldığında, mevcut arazi kullanımında tarım alanlarının önerilen tarım arazilerinden fazla, orman ve çayır-mera alanlarının ise daha az olduğu tespit edilmiştir. Buna göre inceleme alanında arazilerin bir bölümünün potansiyeline uygun olarak kullanılmadığı, orman veya çayır-mera olarak değerlendirilmesi gereken arazilerin bir bölümünde tarım yapıldığı belirlenmiştir.

İmamoğlu, Sertel, Kurucu ve Örmeci (2011) tarafından toprak kullanımlarının planlanması, değişimlerinin izlenmesi ve karar vericilere toprak özelliklerine ait mekansal veri sunulması için bir model geliştirilmesi amacıyla yapılan çalışmada; İstanbul' un Büyükçekmece havzası içerisinde farklı 42 noktadan alınan toprak örneğinde; bünye, kireç içeriği, tuz içeriği ve pH analizleri yapılmıştır. Toprak analiz sonuçlarına göre, jeostatistik yöntemler uygulanarak, çalışma bölgesine ait alansal kireç içeriği, pH ve tuzluluk haritaları üretilmiştir. Bu çalışma kapsamında, kriging yöntemlerinden ordinary (sıradan) kriging yöntemi kullanılmıştır.

Yalew, van Griensven, Mul ve van der Zaag (2016) Abbay havzası (Etiyopya)'nda yaptıkları tarımsal arazi uygunluk analizi için coğrafi bilgi sistemleri ve AHP tekniğini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada 9 önemli kriterin (bünye, toprak derinliği, su tutma kapasitesi, taşlılık, eğim, rakım, şehir merkezine, yollara ve su kaynaklarına yakınlık) ağırlık değerleri AHP tekniği ile hesaplanmış ve ağırlıklı bindirme analizi (overlay analysis) ile haritalandırılması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen uygunluk haritasına göre; havzanın %53,8'i "çok uygun", % 23,2'si "uygun", %11'i "az uygun" ve % 12'si "uygun değil" olarak



belirlenmiştir. Ayrıca analizler sonucunda çalışma alanında arazi bozunumu ve toprak erozyonu için hassas bölgeler de tespit edilmiştir.

Ennaji vd. (2018) Tadla Ova'sında bulunan 1100 km<sup>2</sup> lik bir alanda, toprak kalitesini değerlendirmek ve sürdürülebilir tarım arazi uygunluk haritası oluşturmak amacıyla yüzey toprak örnekleme yapılmıştır. Alınan 60 adet toprak örneğinde eğim, pH, organik karbon, KDK, tekstür ve tuzluluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Parametrelerin ağırlık değerleri AHP tekniği ile hesaplanarak, ağırlıklı bindirme analizi ile haritalandırılmıştır. IDW yöntemi ile oluşturulan sürdürülebilir tarım arazi uygunluk haritasına göre; arazinin %1,12'si tekstür ve tuzluluk yüzünden "uygun değil" olarak değerlendirilirken, %78'inin "uygun" olduğu belirlenmiştir.

Davarpanah, Bonab ve Khodaverdizadeh (2016) Ardebil ilinde sürdürülebilir tarım modelini, AHP ve TOPSIS kombinasyonunu birlikte kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışma çevresel, sosyal ve ekonomik kriterler olmak üzere 3 ana kriterde değerlendirilmiştir. Parametrelerin ağırlık değerleri AHP tekniği ile belirlenmiş, alt kriterlerin bağlılık önemi ise TOPSIS tekniği kullanılarak kategorize edilmiştir. Sonuçlar çevresel kriterlerin 0,443 bağlı (göreceli) ağırlık ile sürdürülebilir tarıma en yüksek etkiye sahip olduğunu gösterirken, sosyal kriterlerin 0,169 bağlı ağırlık ile en düşük etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Dedeoğlu ve Dengiz (2018) Konya-Beşgözler'de gerçekleştirdikleri çalışmada, tarımsal potansiyelin belirlenmesi amacıyla, bitki yetiştiriciliğini doğrudan etkileyen faktörler olan toprak derinliği, eğim, bünye, drenaj, taşlılık, pH, EC, CaCO<sub>3</sub>, organik madde parametrelerini değerlendirmişler ve CBS-AHS entegrasyonunun karmaşık alternatif seçimler gerektiren modeller için güçlü bir araç olduğunu bildirmişlerdir.

Dengiz ve Özyazıcı (2016) Çarşamba Ovası'nda çeltik yetiştiriciliğine en uygun alanların belirlenmesi amacıyla seçtikleri fiziksel (derinlik, bünye, drenaj) ve kimyasal (pH, CaCO<sub>3</sub>, toplam azot, yarıyıllık P, K ve Zn) parametrelerin analizinde CBS, jeoistatistik ve AHP yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Çalışma sonucu elde edilen, çeltik yetiştiriciliği uygunluk sınıflarına ait alansal dağılım haritasına göre; çalışma alanının %69'luk kısmı "uygun" ve "orta uygun", %20'si ise "uygun değil" olarak sınıflandırılmıştır.

Roy ve Saha (2018) çeltik yetiştiriciliği için uygun alanların belirlenmesi amacıyla çevresel- iklim-topoğrafik-hidrojeomorfolojik faktörler, fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri

başlıkları altında, toplam 20 parametreyi AHP yöntemi ile değerlendirerek, ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile haritalandırmışlardır. Hinglo nehri havasında yürütölen çalışma sonucunda arazinin sadece %10,88'i çeltik yetiştiriciliği için çok uygun olarak belirlenmiştir.

şener Güzel (2017) Harran Ovası topraklarında yürüttüğü bir çalışmada, grid sistemini kullanarak yüzey toprak örneklemeği gerçekteşirmiştir. Alınan 472 örnekte alınabilir fosfor, toplam fosfor, organik madde, pH ve EC analizleri yapmış ve jeoistatistiksel modelleme yöntemlerinden kriging ile haritalar oluşturmuştur. Toprak organik madde içerikleri için "gaussion"; alınabilir fosfor, toplam fosfor, pH ve EC için ise "küresel model" kullanılmıştır. Sonuç olarak çalışma alanının alınabilir fosfor, pH ve organik made içerikleri düşük olarak belirlenmiştir.

Kesen (2018) tarafından Harran Ovası topraklarından alınan 163 örnekte analizler yapılmış ve bu analiz sonuçları doğrultusunda; doğrusal ve doğrusal olmayan skorumlama yöntemleri kullanılarak kalite indeksi elde edilmiştir. Çapraz doğrulama sonucunda seçilen ordinary kriging yönteminde, küresel ve üssel modeller tercih edilmiştir. Jeoistatistik yöntemler kullanılarak elde edilen haritalarda toprak kalitesinin düşük olduğu belirlenmiştir.

Dey, Karwariya ve Bhogal (2017) tarafından Hindistan'ın Katni bölgesinin toprak özelliklerinin yersel değişkenliğinin haritalandırılması amacıyla yürütölen çalışmada, rasgele örnekleme yöntemiyle 505 adet yüzey toprak örneği alınmıştır. Çapraz doğrulama yapılmış ve değerlendirme sonucunda, yüzey haritaları ordinary kriging yöntemi ile oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda pH, organik karbon, alınabilir N, P, K, S ve Zn için üssel model kullanılırken, EC için küresel model uygunluk göstermiştir

Denton vd. (2017) tarafından Oyo eyaletinde sürdürülebilir tarımsal üretim amacıyla, pH, azot, fosfor, potasyum, OC, SAR, ESP ve KDK gibi toprak parametrelerinin yersel değişkenliğini belirlemek amacı ile kriging yöntemi ile haritalandırılmışlardır. Sonuçlar değerlendirildiğinde varyasyon katsayısı; alınabilir fosfor ve potasyum için "çok yüksek", azot-KDK-OC-SAR ve ESP için "orta", pH için "düşük değişkenlik" göstermektedir. Bu değişkenliğin ana materyal ve farklı toprak yönetim uygulamalarından kaynaklandığı bildirilmiştir.

Kahsay, Haile, Gebresamuel ve Mohammed (2018) tarafından Etiyopya'nın kuzeyindeki merkezi plato bölgelerinde sorgum bitkisi için arazi uygunluk analizi amacı ile

yapılan çalışmada; coğrafi bilgi sistemleri, bulanık küme modelleri ve AHP nin birlikte kullanımının uygunluğu hedeflenmiş ve bu amaçla toprak, iklim ve topoğrafik karakteristikler kullanılmıştır. Değerlendirme sonucunda, modelden elde edilen haritalara göre arazinin %30,54'ü yetiştiriciliğe “kısmen uygun”, %15,24'ü “uygun olmayan” olarak belirlenmiştir. Coğrafi bilgi sistemleri ile entegre çok kriterli karar verme analizinin birlikte kullanımının arazi uygunluk değerlendirmesinde büyük uyum sağladığını bildirmişlerdir

Algür Avcı (2019) tarafından yoğun tarımsal üretimin yapıldığı Yukarı Dicle Havzasında, toprak kalite indeksinin farklı yöntemler kullanılarak belirlenmesi ve alansal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle haritalandırılması amacı ile yapılan çalışmada sistematik şekilde toprak örnekleme gerçekleştirilmiştir. Toprak kalitesini en iyi şekilde temsil edecek indikatörlerin yer aldığı minimum veri seti (MVS) (tekstür, agregat stabilitesi, pH, elektriksel iletkenlik (EC), organik madde, alınabilir fosfor (P) ve potasyum (K), sodyum (Na), adsorpsiyon oranı (SAR), kireç (CaCO<sub>3</sub>), hacim ağırlığı, yarayıslı su içeriği, toplam gözeneklilik ve su ile dolu gözenek hacmi) oluşturulmuştur. Minimum veri setine dahil edilen parametrelerin ağırlıkları, analitik hiyerarşi süreci (AHP) yardımı ile belirlenmiştir. Uzman görüşü ile belirlenen toprak kalite indeksine (TKI<sub>AHP</sub>) en yüksek katkı yapan parametre olarak tekstür (%22) ve en düşük etki eden parametre olarak ise kireç içeriği (%4) bulunmuştur

Muhammad Saleh (2018) tarafından Babylon bölgesinde toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yersel değişkenliğinin tanımlanması ve karşılaştırılması amacıyla yapılan çalışmada; 150 adet yüzey toprak örneğinde bünye (kum, kil, silt), organik madde, EC ve CaCO<sub>3</sub> analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar hem klasik istatistiksel metodlar hem de jeostatistiksel metodlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada değerlendirilen toprak özelliklerinin ortadan-güçlüye mekânsal değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Güçlü mekânsal değişkenlik gösteren toprak özelliklerinin ana materyal ve mineralojiden kaynaklandığı bildirilmiştir. Varyasyon katsayısı, bölgedeki tuzluluk kaynaklı problemlerden dolayı EC için en yüksek olarak belirlenmiştir.

Bhnia, Shit ve Maiti (2016) Hindistan'da gerçekleştirdikleri çalışmada toprak organik karbonunun yersel değişkenliğini haritalandırmak amacıyla IDW, local polynomial enterpolasyon, radial basis function, ordinary kriging ve empirical bayesian kriging yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda toprak organik

karbonunun haritalandırılmasında en düşük RMSE ve en yüksek <sup>2</sup> değeri veren ordinary kriging metodu öne çıkmıştır.

Taşan ve Demir (2017) Samsun'un Alaçam ilçesinde çeltik yetiştirilen alanlardaki toprakların Fe ve Mn içeriklerinin alansal değişimini belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmada, çalışma alanını temsil edecek şekilde 54 farklı noktadan ve dört farklı derinlikten (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90cm, 90-120 cm) toprak örnekleri almışlardır. Alansal dağılımda en uygun yöntemi belirlemek amacıyla radyal tabanlı fonksiyon (RBF), ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon (IDW), ordinary kriging (OK), basit kriging (SK), universal kriging (UK), birleştirilmiş kriging (COK) metotlarını karşılaştırmışlardır. En uygun enterpolasyon yöntemini belirlemede ise ortalama hata kareleri karekökü (RMSE) ve mutlak ortalama hata (MAE) değerleri kullanılmıştır. Demir haritalarının dağılımında RBF, IDW ve SK en iyi sonuç verirken mangan için IDW ve SK yöntemlerinin en doğru hesaplamaları yaptığı görülmüştür.

Dengiz ve İmamoğlu (2016) Samsun ilinde farklı arazi kullanımı ve arazi örtüsü altında dağılım gösteren toprakların erozyona karşı duyarlılık (K faktörü), dağılım haritalarını farklı enterpolasyon yöntemleri (IDW, radial basis functions, ordinary kriging, simple kriging ve universal kriging) kullanarak oluşturmuşlardır. Rastgele örnekleme sistemine göre 995 adet toprak örneği alınmış ve her bir yöntemin RMSE değeri hesaplanmıştır. Çalışma sonucuna göre en küçük RMSE değerini veren simple kriging ideal yöntem olarak belirlenmiştir.

Doğru vd. (2011) tarafından Bulgaristan'a ait 39 farklı meteorolojik ölçüm istasyonundan ve Türkiye'ye ait 41 farklı meteorolojik ölçüm istasyonundan 2000-2009 yıllarına ait veri setlerinin değerlendirilmesi ve elde edilen bilgilerin haritalar aracılığı ile sunulması için veri kaynaklarının mekansal dağılımı ve verilerin niteliğine bağlı olarak, kullanılacak en uygun mekansal enterpolasyon yöntemi araştırılmıştır. Söz konusu verilerden ikinci derece IDW (Inverse Distance Weighted - IDW2), kriging ve doğal K-komşuluk (Natural Neighborhood) yöntemleri kullanılarak yüzey verileri üretilmiştir. Her bir enterpolasyon yöntemi için karesel ortalama hata hesabı yapılmıştır. Yapılan doğruluk analizleri sonucunda Bulgaristan verisinin enterpolasyonu için IDW2 yöntemi, Türkiye verisi için ise kriging yöntemi en uygun yöntem olarak belirlenmiştir.

Süenal vd. (2018) Samsun Terme ilçesinde yaklaşık 1400 ha genişliğindeki bir alanda toprakların kimyasal özelliklerinin uzaysal değişkenliklerini inceledikleri çalışmada toprak

kimyasal özelliklerinin uzaysal yapısının toprak tipi ve arazi kullanımı gibi iki önemli faktör tarafından kontrol edildiğini belirlemişlerdir. Çalışılan toprak özelliklerinin uzaysal yapısında: arazi boyunca gösterdikleri genel eğilim ve değerlerin yer yer azaldığı ya da arttığı lokal alanların varlığı gibi iki hususun dikkat çektiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, genel eğilimin büyük ölçüde toprak oluşum faktörlerinin bir sonucu olarak toprak tipi tarafından, parçalı yapının ise arazi kullanımından ve toprak amenajman uygulamalarındaki farklılıklardan kaynakladığı kanaatine varmışlardır. Araştırmacılar ayrıca, toprak özelliklerinden organik madde içeriği, pH ve KDK için hesaplanan nugget etkisinin orta olması nedeni ile yapılacak benzer çalışmalarda örnekleme aralıklarının daha düşük tutulması gerektiğini önermişlerdir.



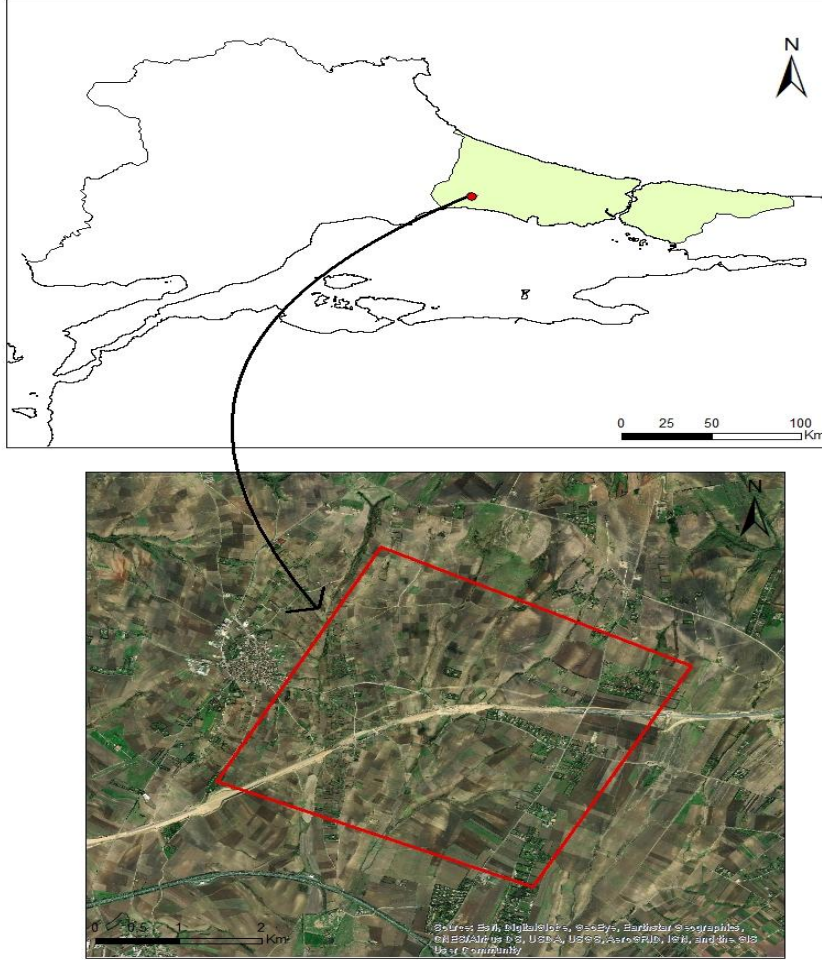
### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Çalışma Alanı Konumu**

Çalışma alanı İstanbul'un Avrupa yakasında, tarımsal üretimin yoğun olarak gerçekleştirildiği Silivri-Fenerköy mevkiindedir. Yaklaşık 1600 hektar büyüklüğünde olan çalışma alanı, 41°12' ve 41° 16' kuzey enlemleri ile 28° 23' ve 28° 29' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 3.1).

İstanbul'a yaklaşık 70 km mesafede bulunan Silivri ilçesinin doğusunda Büyükçekmece, kuzeyinde Çatalca, kuzeybatısında Çerkezköy, batısında Çorlu ve Marmara Ereğlisi ve güneyinde de Marmara Denizi bulunur.



Şekil 3.1. Çalışma alanı konum haritası

### 3.1.2. Topoğrafya

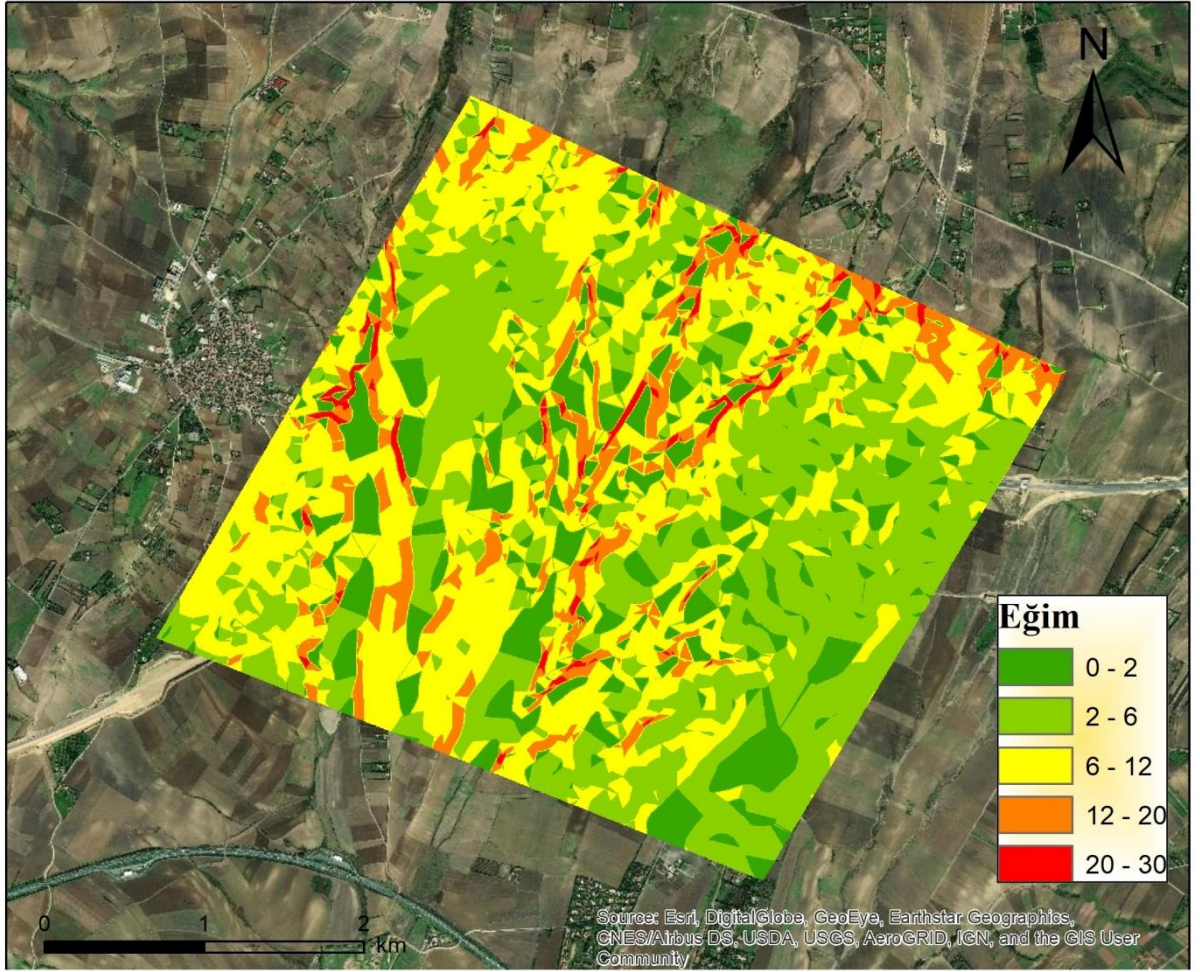
Silivri, genelde az eğimli toprak yapısına sahiptir (Şekil 3.2). Yörenin içinde bulunduğu bölgedeki topoğrafya, derelerle bölünmüş hafif dalgalı düzlükler biçiminde, yüksekliği 60 metreyi geçmeyen tepeler şeklinde oluşmuştur (Çizelge 3.1). Uzunlukları 15-20 km kadar olan dereler, birbirine paralel şekilde Marmara Denizi'ne dökülürler. Topoğrafyası güneyde Marmara Denizi kıyısından başlamakta ve kuzeye doğru yavaş yavaş yükselmektedir. İlçe sınırlarında yüksek dağlar bulunmamaktadır (Üçoş, 2017; Anonim, 2020).

Çizelge 3.1. Silivri ilçesi eğim grupları (Anonim, 1987)

Eğim grupları	Düz (%0-2)	Hafif (%2-6)	Orta (%6-12)	Dik (%12-20)	Çok Dik (%20-30)	Sarp (>30)	TOPLAM
---------------	------------	--------------	--------------	--------------	------------------	------------	--------

<b>Alan</b>	(ha)	4.502	42.987	22.558	8.534	-	22	78.603
	(%)	5,73	54,69	28,70	10,86	-	0,02	100,00

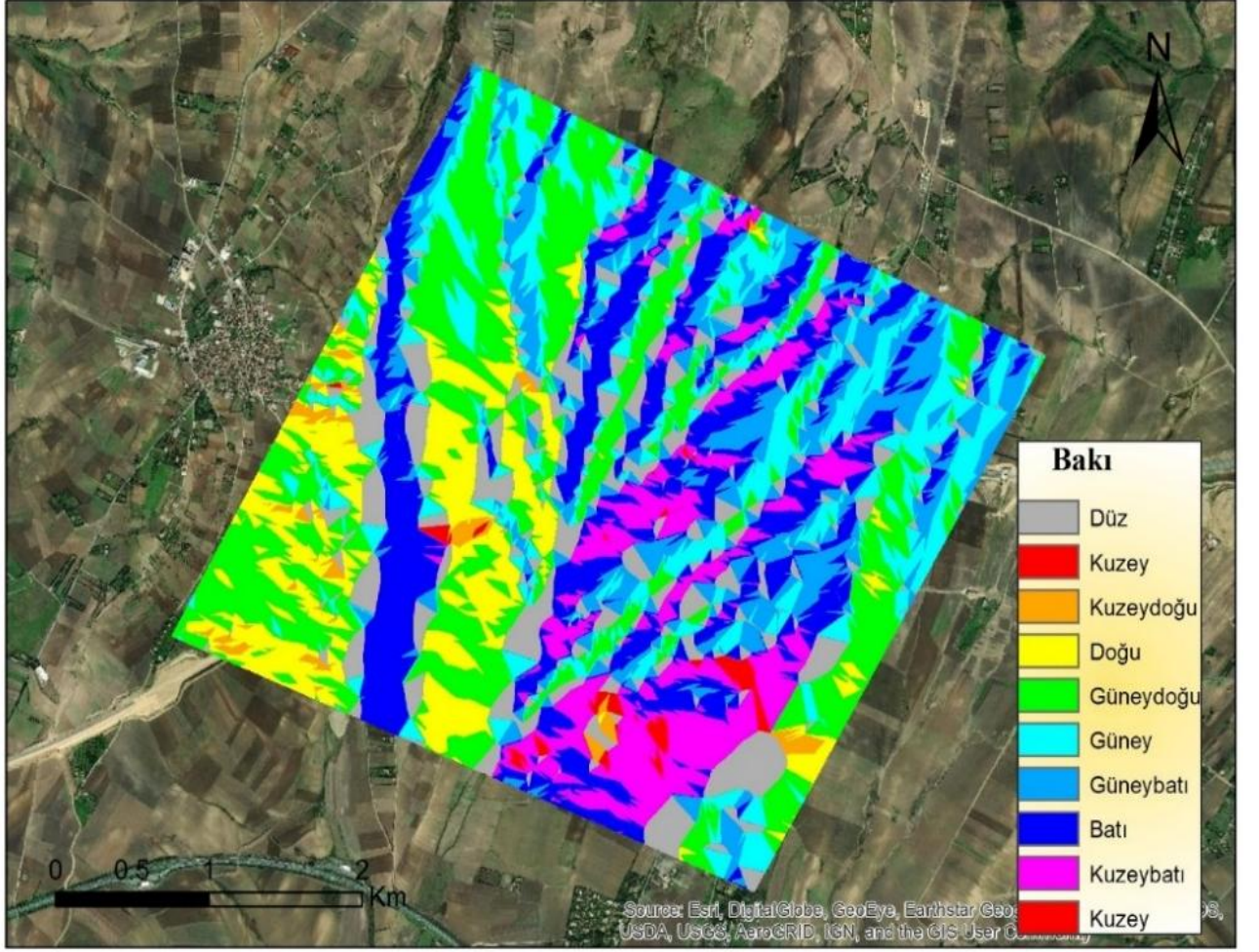
Çalışma alanının topoğrafyası Silivri'nin genel topoğrafyasına benzerdir. Çalışma alanının Şekil 3.2' de görülen eğim haritasına göre arazide hafif eğime (%2-6) sahip alanlar çoğunluktadır ve arazinin yaklaşık %55'ini oluştururlar. Çalışma alanında en yüksek eğim (%28,34) kuzey-kuzey doğu bölümünde bulunmaktadır.



Şekil 3.2. Çalışma alanı eğim haritası

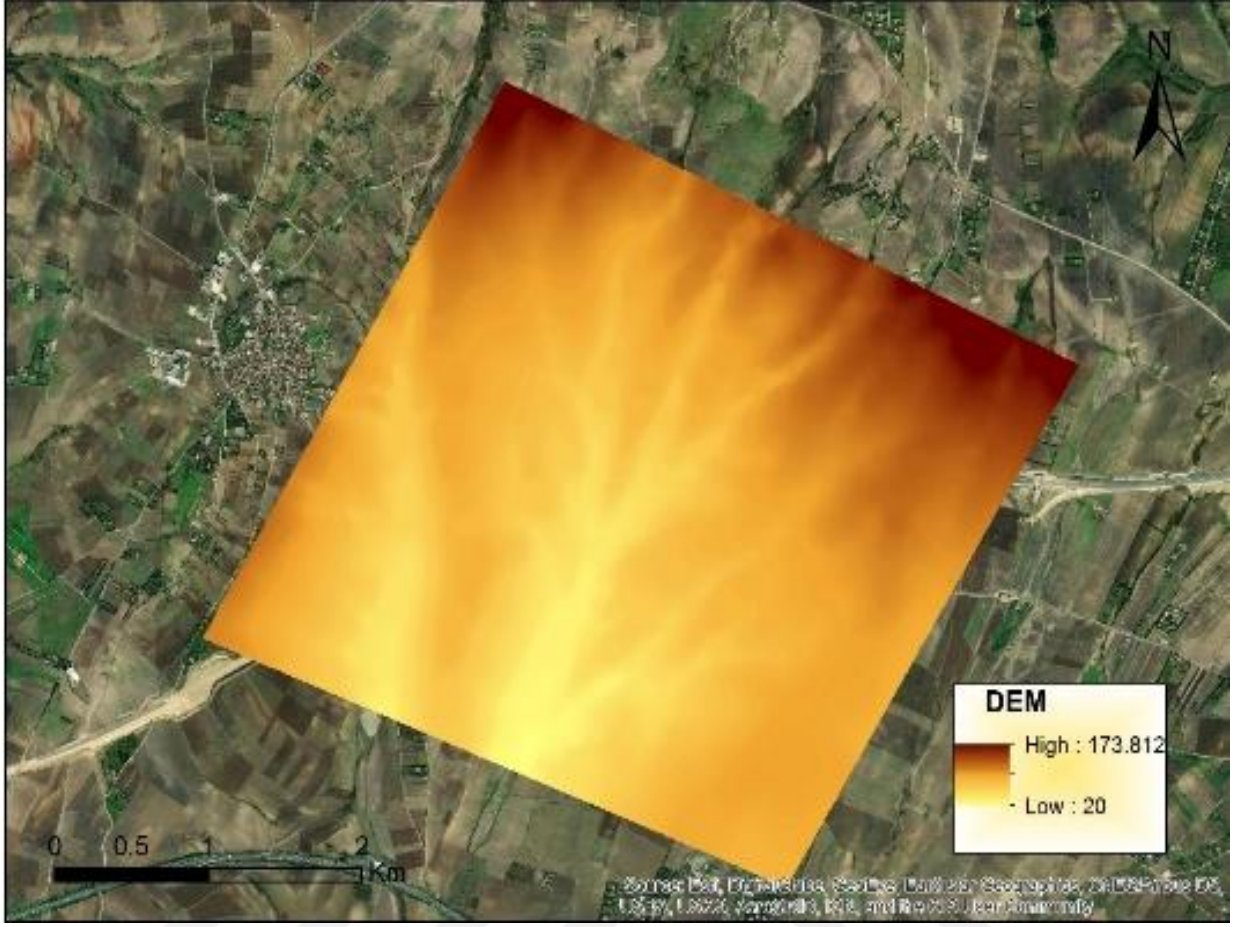
Çalışma alanına ait bakı haritası Şekil 3.3'te verilmiştir. Haritaya göre çalışma alanındaki eğimin genel olarak Güney-Batı (Güney, Güneybatı-Batı) yönlü olduğu görülmektedir.





Şekil 3.3. Çalışma alanı baki haritası

Çalışma alanı dalgalı bir topoğrafyaya sahiptir. Sayısal yükseklik modeli (DEM) haritasına göre (Şekil 3.4), arazinin en düşük noktasında yükseklik 20 m iken en yüksek noktasında yaklaşık 174 m' dir. Yüksekliğin en düşük olduğu kısım güney ve güney-batı bölümünde iken en yüksek kısmın kuzey ve kuzey-doğu bölümünde olduğu görülmektedir. Bu durum çalışma alanının bulunduğu arazide yükselti farkının daha çok güneyden kuzeye doğru arttığını göstermektedir. DEM haritası incelendiğinde çalışma alanı içinden geçen, yazları kuruyan ancak kış aylarında yağışlarla birlikte daha aktif olan derelerin izi görülmektedir. Dere yatakları en açık renkte görülmekte ve yükseltinin en düşük olduğu bölümleri göstermektedir.



Şekil 3.4. Çalışma alanı DEM haritası

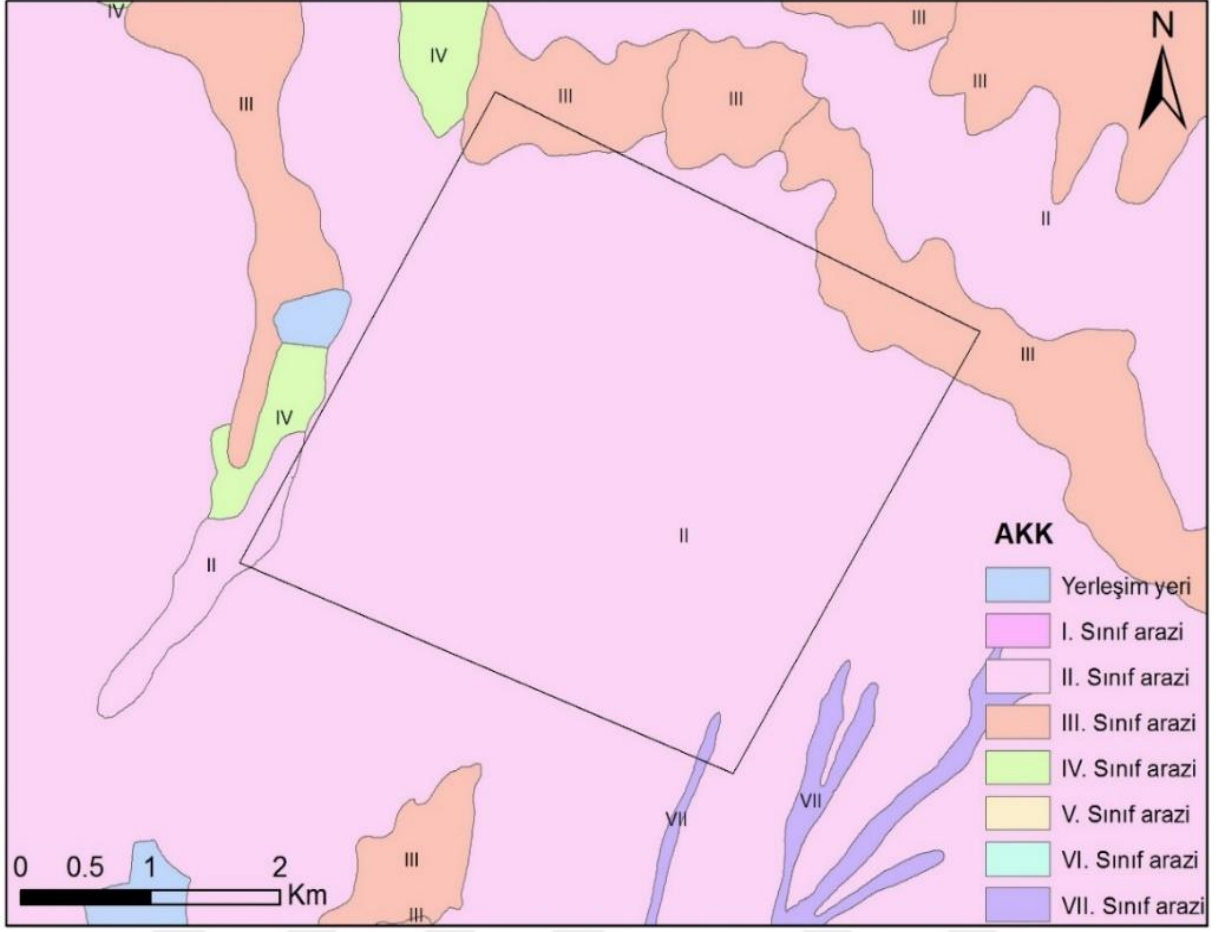
### 3.1.3. Toprak Özellikleri

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, İstanbul İli Arazi Varlığı Raporu'na göre Silivri ilçesinin toplam alanı 78.603 ha'dır (Çizelge 3.2). Bu alanın yaklaşık 73.000 ha'ı işlemeli tarıma uygun topraklar iken, yaklaşık 6.000 ha'ı ise işlemeli tarıma uygun olmayan topraklardır. Buna göre Silivri topraklarının yaklaşık %96'sı işlemeli tarıma uygundur. İşlemeli tarıma uygun alanların sadece %1,66'sı I. sınıf alanlar olmakla birlikte, çok fazla dik tepeler olmadığı için VI-VIII. sınıf arazi alanları toplam alanın sadece %6,63'ü kadardır (Anonim, 1987).

Çizelge 3.2. Silivri ilçesi arazi kullanım sınıflarının genel dağılımı (Anonim, 1987)

Arazi kullanım yetenek sınıfı	Alan		Tarımsal kullanıma uygun	
	(ha)	(%)	Alan (ha)	(%)
I	1.301	1,66	72.824	92,65
II	43.895	55,84		
III	22.236	28,29		
IV	5.392	6,86		
			<b>Tarımsal kullanıma uygun olmayan</b>	
V	568	0,72	5.779	7,35
VI	4.396	5,59		
VII	815	1,04		
VIII	-	-		
<b>TOPLAM</b>	<b>78.603</b>	<b>100</b>	<b>78.603</b>	<b>100,00</b>

Çalışma alanının arazi kullanım kabiliyet haritası Şekil 3.5'te verilmiştir. Bu haritaya göre çalışma alanının büyük bir kısmı II. sınıf topraklardan oluşurken, kuzey ve kuzey-batı bölümünde az da olsa III. sınıf topraklar bulunmaktadır. Deneme alanının kuzey bölümünde bulunan ve çalışma alanı arazi kullanım kabiliyeti haritasında küçük alanlar olarak görülen III. sınıf araziler (yukarıda verilen eğim haritasına paralel olarak), arazinin bu kısmında yükseltinin (dolayısı ile de eğimin) fazla olduğunu göstermektedir. Toprak derinliği (>50 cm) bakımından mutlak tarım arazisi olarak sınıflandırılan bu arazilerde toprak derinliği bir sorun yaratmadığından dikkate alınmamış ve çalışma alanı toprakların sınıfını belirlemede eğim ve toprak bünyesi etkili faktörler olarak kabul edilmiştir. Sonuç olarak bu alanın eğim ve ağır bünyeye sahip olması dışında sınıf değiştirmesine neden olacak bir faktör bulunamamıştır.



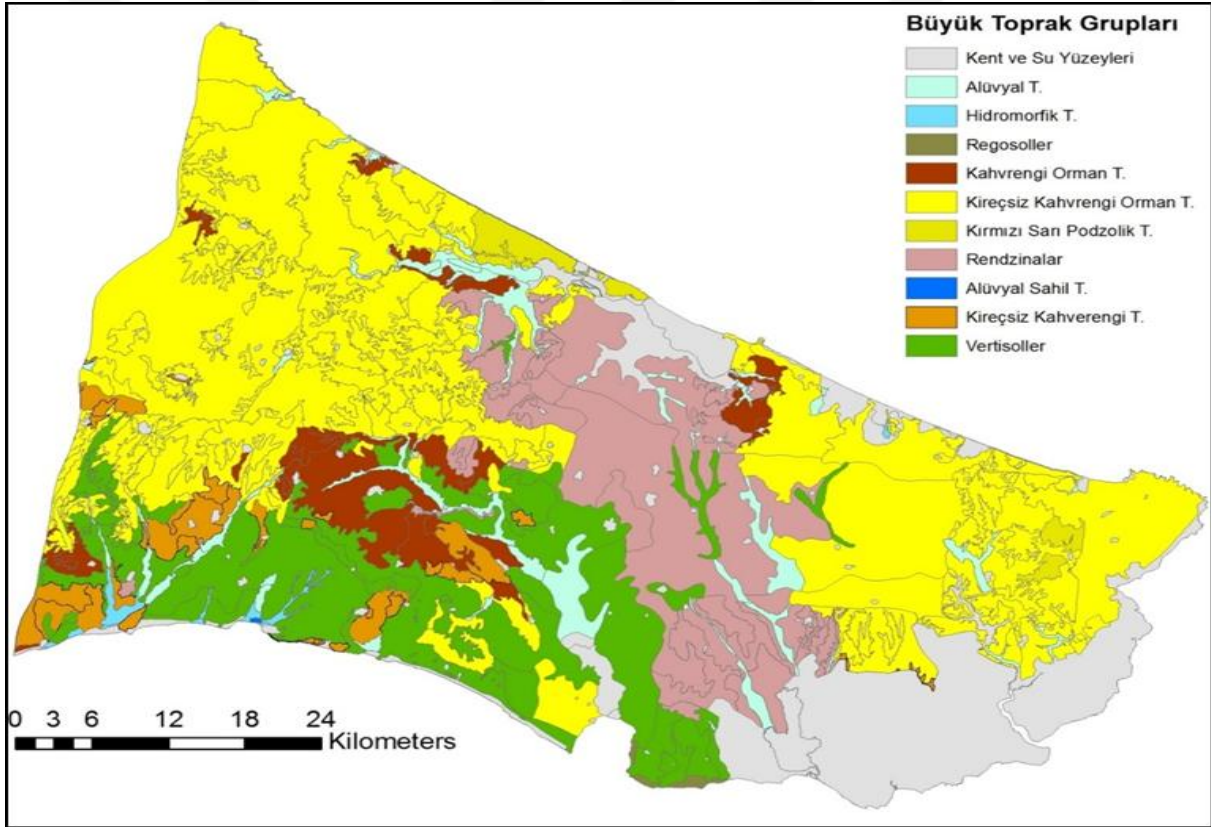
Şekil 3.5. Çalışma alanı arazi kullanım kabiliyeti haritası

Silivri topraklarının büyük toprak gruplarına göre sınıflandırılması Çizelge 3.3'te verilmiştir. Buna göre Silivri'de en büyük paya sahip büyük toprak grubu %35,48 ile Kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır. İkinci sırayı %33,10 ile Vertisol topraklar almakta ve toplam alanın yaklaşık 1/3'ünü kaplamaktadır.

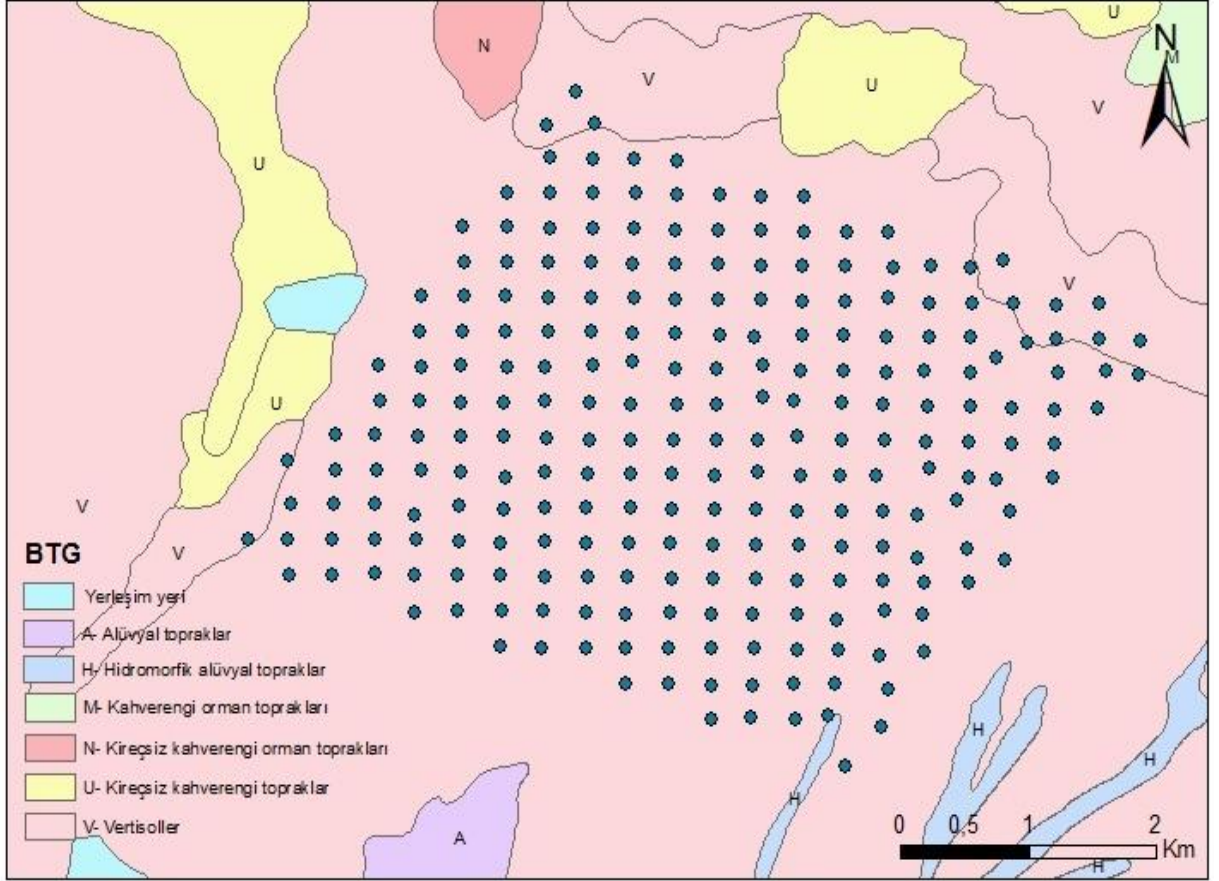
Çizelge 3.3. Silivri ilçesi başlıca büyük toprak grupları ve dağılım oranları (Anonim, 1987)

Alan	Büyük Toprak Grupları						TOPLAM
	Alüvyal T.	Kahverengi Orman T.	Kireçsiz Kahverengi Orman T.	Vertisol T.	Kireçsiz Kahverengi T.	Diğer	
(ha)	2.647	9.358	27.891	26.017	11.155	1.535	78.603
(%)	3,37	11,91	35,48	33,10	14,19	1,95	100,00

Araştırma alanı olarak seçilen Silivri İlçesi Fenerköy mevkiî toprakları Şekil 3.6’da verilen “İstanbul ili Avrupa yakası arazilerinin büyük toprak grupları haritası”na göre ve Şekil 3.7’de verilen örnekleme noktalarının büyük toprak grupları haritası üzerinde dağılımına göre Vertisol büyük toprak grubu içinde yer alır. Türkiye’de birçok bölgede bulunan ve farklı anamateryaller üzerinde oluşabilen Vertisoller; koyu renkli, ağır veya çok ağır tekstüre sahip düşük organik madde içeren topraklardır. A-C ve A-C-R horizonları ile kalın bir A tabakasına sahiptirler. Yüksek oranda smektit grubu kil minerali içermelerinden dolayı kurudukları zaman büzülerek çatlaklar oluştururlar. Bu topraklar kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yaygın olarak bulunsa da nemli ve tropik bölgelerde de yer alırlar (Dinç, Şenol, Atalay ve Cangir, 1993).



Şekil 3.6. İstanbul ili Avrupa yakası büyük toprak grupları (Bahar, 2014)



Şekil 3.7. Örnekleme noktalarının büyük toprak grupları üzerinde dağılımı

### 3.1.4. Tarım Potansiyeli

Silivri İlçesi işlenen tarım alanlarının TÜİK (2018) verilerine göre elde edilen ürün deseni dağılımı Çizelge 3.4’te verilmiştir. Çizelgeye göre yaklaşık 402.000 da alanda tarımsal faaliyet yapılmakta ve en büyük payı %96 ile tahıllar ve diğer bitkisel üretim almaktadır. Bölgede sebze tarımı yapılan alanların oranı ise %3 ‘tür.

Çizelge 3.4. Silivri ilçesi ürün deseni dağılımı (TÜİK, 2018).

Tarım alanı	Ekim alanı (da)	%
Tahıllar ve diğer bitkisel üretim alanları	386.068	96,08
Sebze alanı	12.088	3,01
Meyveler, içecek ve baharat alanı	2.616	0,65
Süs bitkileri alanı	38	0,01
Nadas alanı	1.000	0,25
Toplam	401.810	100,00

### 3.1.5. İklim Özellikleri

Silivri, Karadeniz ve Akdeniz iklimlerinin geçiş sahasında yer alır. Bu nedenle şehrin Karadeniz kıyılarına yakın olan kuzey kesimlerinde Karadeniz ikliminin etkisi daha fazla hissedilirken, güney kesimlerinde Akdeniz ikliminin etkisi daha yoğun hissedilmektedir. Ancak burada kışlar Akdeniz iklimine göre daha sert, yazlar da daha kurak geçer (Üçoş, 2017). İstanbul iline ait uzun yıllar iklim verileri Çizelge 3.5'te verilmiştir. Buna göre İstanbul'da yıllık ortalama sıcaklık 14,4 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 823 mm'dir (MGM, 2020).

Çizelge 3.5. İstanbul ili iklim verileri (MGM, 2020)

İstanbul	Ölçüm periyodu (1929-2018)												Yıllık
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Ortalama sıcaklık (°C)	6,0	6,1	7,7	12,0	16,7	21,4	23,8	23,8	20,1	15,7	11,7	8,2	14,4
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	8,5	9,0	11,0	15,5	20,1	24,7	26,7	26,9	23,8	19,2	14,9	10,9	17,6
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	3,2	3,1	4,3	7,7	12,2	16,6	19,5	20,2	16,9	13,0	9,0	5,5	10,9
Ortalama yağışlı gün sayısı	17,3	15,0	13,7	10,2	8,0	6,2	4,3	5,0	7,7	11,2	12,9	16,9	128,4
Aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm)	105,5	77,8	71,9	45,6	34,4	36,3	34,1	39,6	64,6	87,1	102,2	123,9	823,0

### 3.1.6. Bitki Örtüsü

Silivri’de bitki örtüsü, genel itibariyle zayıftır ve buna bağlı olarak genel görünüm steptir. Kuzeyde dağ köylerine doğru çıkıldıkça yükseklik ve rutubetin artması nedeniyle orman başlar. Bugün genel olarak görünen bitki örtüsü gövdeli ağaç ve yer yer çalılıklardan ibarettir. Bu topluluğu meydana getiren ağaçlar arasında yaprağı dökülen çeşitler daha fazladır. En fazla görülen ağaçlar arasında gürgen, akağaç, meşe ve kayın sayılabilir. Yapraklarını dökmeyen çeşitler arasında ardıç ve özellikle bodur meşe en önemlileridir. Bu bitkilerin yanında kekik otu yaygın olarak görülür. Silivri de ormanlık alan 27.453 ha’dır. Silivri ormanlarında yaygın olarak bulunan meşe, gürgen, ardıç, ıhlamur, kızılılık, fındık, söğüt, orman kavağı, muşmula, yabani elma, ahlat gibi ağaç türleri doğal olarak oluşmuşken, karaçam, sahilçamı, fıstıkçamı, akasya, ceviz ve selvi gibi ağaçlar ise dikim yolu ile oluşmuşlardır (Anonim, 2020).

### 3.1.7. Nüfus

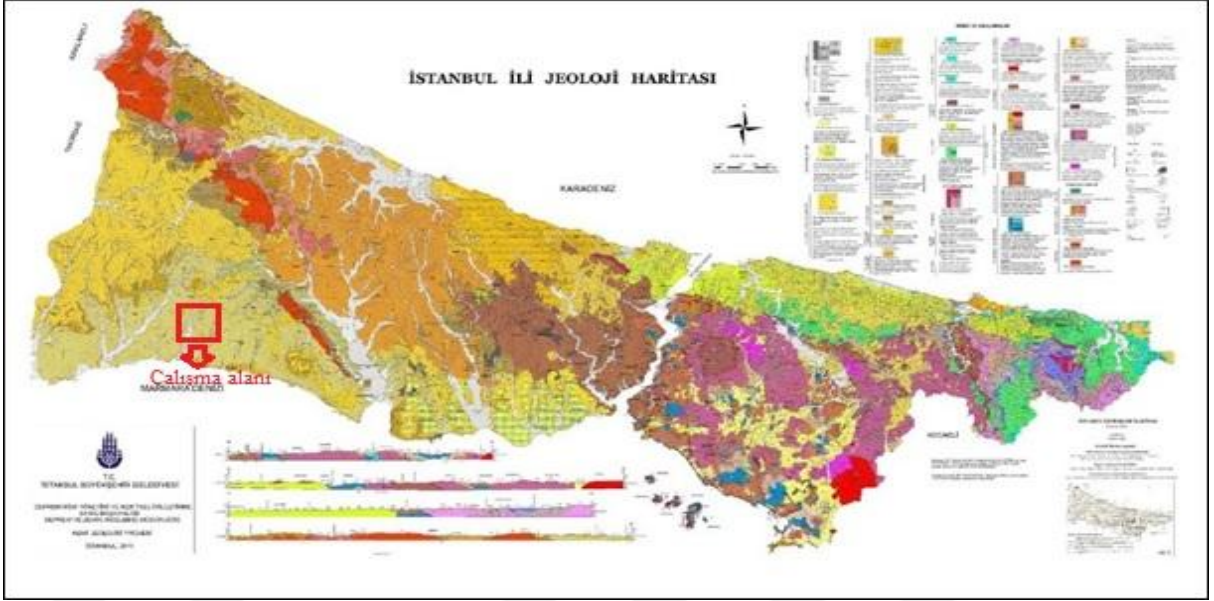
Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından “Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi” sayımına göre 2018 yılı nüfusu 187.621’dir. Silivri’nin genel nüfusu 1935 yılından günümüze devamlı artış göstermiştir. Silivri’de şehir nüfusu, 1935 yılından 2007 yılına kadar kırsal nüfustan daha azdır. Buna neden olarak tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin gelişmiş olması ve dolayısıyla refah seviyesinin yüksek olması gösterilmektedir (Üçoş, 2017).

### 3.1.8. Jeoloji

Çalışma alanı Oligosen’den günümüze kadar çok çeşitli kaya birimlerini kapsamaktadır. Bu bağlamda; çalışma alanında en geniş sahada koyu mavi, yeşil, yeşilimsi gri ve sarımsı gri renklerde ince-orta tabakalı kumtaşı, şeyl ve marn ardalanmasından oluşan Danişmen formasyonu yer almaktadır. Bu formasyon içeriğinde yer yer kumtaşı ve kıltaşı-marn-şeyl yoğunlaşması gözlenir. Kumtaşları gri ve sarımsı gri, ince – orta ve yer yer çapraz tabakalıdır. Yer yer sıkı yer yer de gevşek tutturulmuş olan kumtaşları, karbonat çimentolu olduğu düzeylerde serttir. Kıltaşı, şeyl ve marnlar yeşil, mavi, yeşilimsi gri, ince-orta tabakalıdır. Formasyonda bitki kırıntıları ve kömürleşmiş tabakalar izlenir (MTA, 2006).

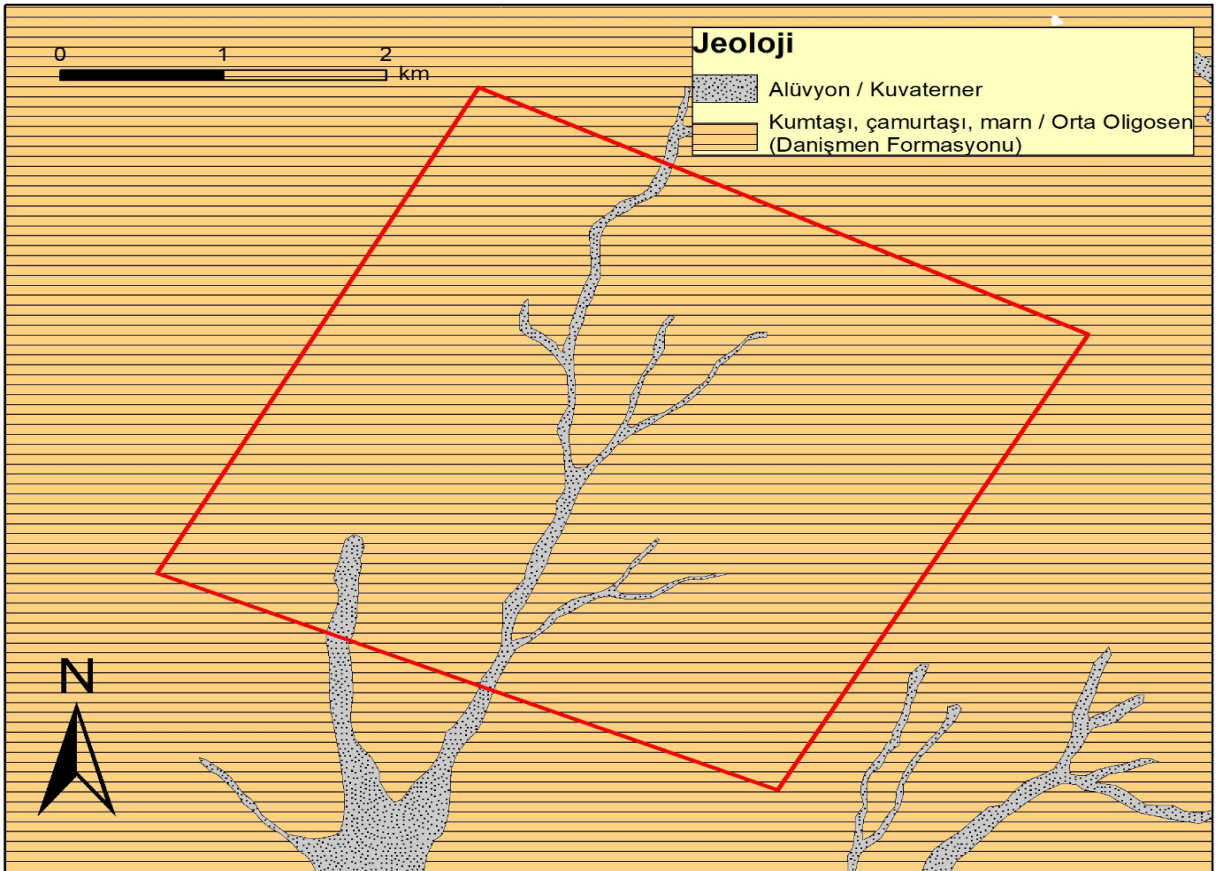
İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından hazırlanan detaylı jeoloji haritası Şekil 3.8’de görülmektedir.





Şekil 3.8. İstanbul İli jeoloji haritası (İBB, 2011)

Büyükçekmece-Çatalca hattının batısında geniş alan kaplayan Danişmen formasyonu üzerinde bulunan çalışma alanının jeolojik özellikleri Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



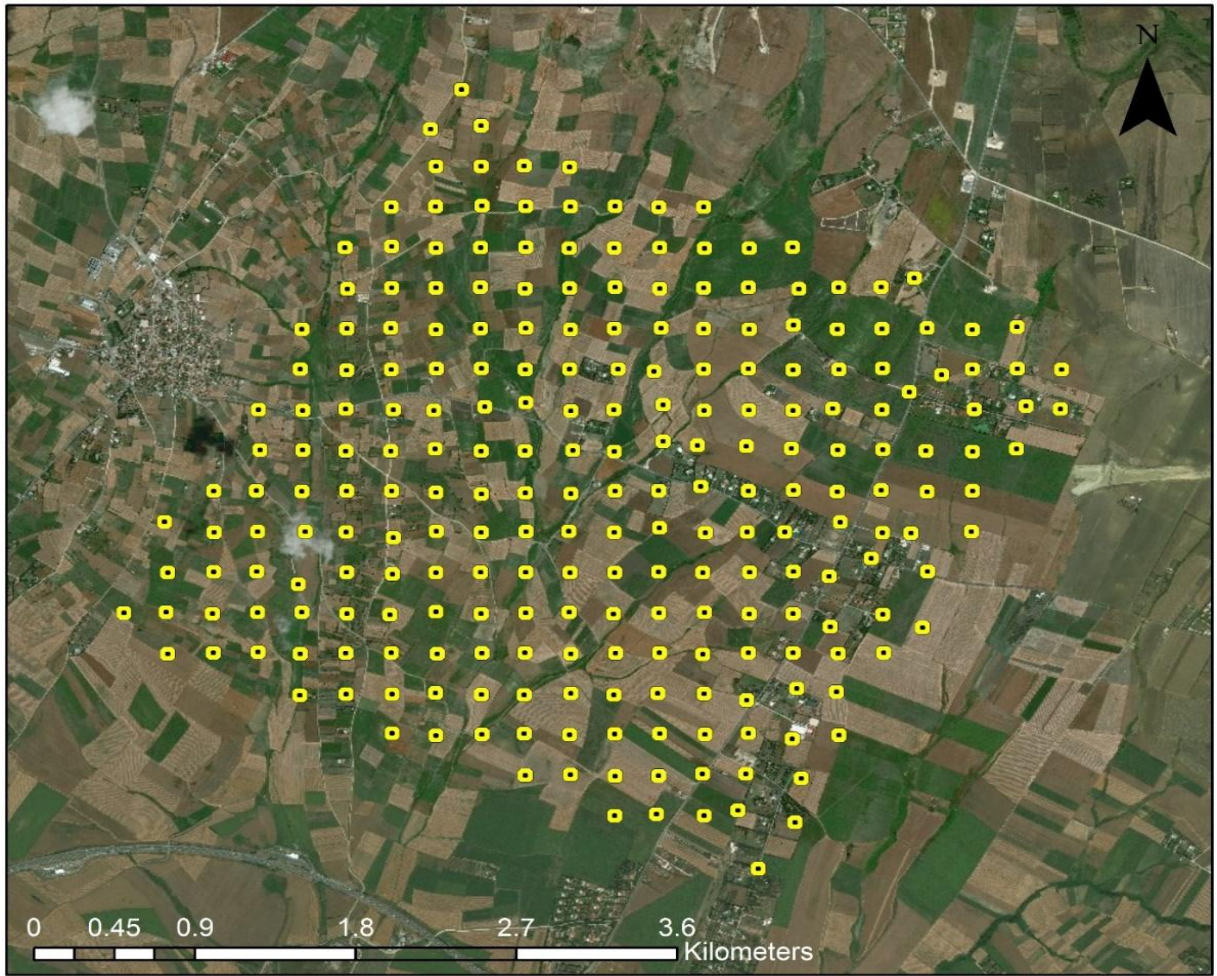
Şekil 3.9. Çalışma alanının jeolojik özellikleri

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Çalışma alanındaki örnekleme noktalarının belirlenmesinde grid örnekleme metodu kullanılmıştır. Çalışma alanı 250×250 m'lik gridlere ayrılarak, gridlerin kesim noktalarından olacak şekilde 240 adet örnekleme noktası belirlenmiştir (Şekil 3.10). Örnekleme noktalarına ait koordinatlar  $\pm 3$  m sapmalı el GPS'ine yüklenerek yüzey toprak örnekleme (0-20 cm) gerçekleştirilmiş ve arazi çalışmaları, belirlenen tüm örneklerin alınması ile tamamlanmıştır (Soil Survey Staff, 1993).

Çalışma alanından alınan toprak örnekleri kurutulduktan sonra öğütülmüş ve 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.10. Çalışma alanı örnekleme planı

### 3.2.2. Toprak Analiz Yöntemleri

Toprak örneklerinde yapılan analizler ve yöntemleri aşağıdaki gibidir.

#### Toprak Bünyesi (Tane Büyüklüğü Dağılımı)

Bouyoucos hidrometre metoduna göre belirlenmiştir (Gee ve Bauder, 1986). Elde edilen fraksiyon değerlerine göre tekstür üçgeni yardımı ile toprak örneklerinin tekstür sınıfları saptanmıştır (Black, 1965).

#### Toprak reaksiyonu (pH)

Hazırlanan saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH-metre ile ölçülmüştür (Richards, 1954).

#### Toprak tuzluluğu (EC, dS m<sup>-1</sup>)

Hazırlanan saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH-metre ile ölçülmüştür (Richards, 1954).

#### Organik madde (%)

Daha önce elenmiş toprak örneklerinin tekrar öğütülmesi ve 0,5 mm'lik elekten elenmesi ile elde edilen örneklerde modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982).

#### Kireç (CaCO<sub>3</sub>, %)

Toprak örneklerinin kireç (%CaCO<sub>3</sub>) içerikleri Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir. Kalsiyum karbonatın hidroklorik asit (HCl) ile reaksiyona girmesi ile oluşan CO<sub>2</sub> gazı hacminin ölçülmesiyle hesaplanmıştır (Loeppert ve Suarez, 1996).

#### Alınabilir Fosfor (P, mg kg<sup>-1</sup>)

Toprakların alınabilir fosfor içerikleri, NaHCO<sub>3</sub> ekstraksiyonu (Olsen) yöntemi ile belirlenmiştir (Olsen ve Sommers, 1982)

### **Alınabilir Potasyum (K, mg kg<sup>-1</sup>)**

1 N amonyum asetat (pH=7.0) çözeltisi ile ekstrakte edilerek belirlenmiştir (Knudsen, Peterson ve Pratt, 1982).

### **3.2.3. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde organik madde için ve kireç için Schlichting ve Blume (1966); pH ve EC için Richards (1954); Alınabilir P ve K için FAO (1990)'da belirtilen sınıflandırmalar kullanılmıştır.

### **3.2.4. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği Modellemesi**

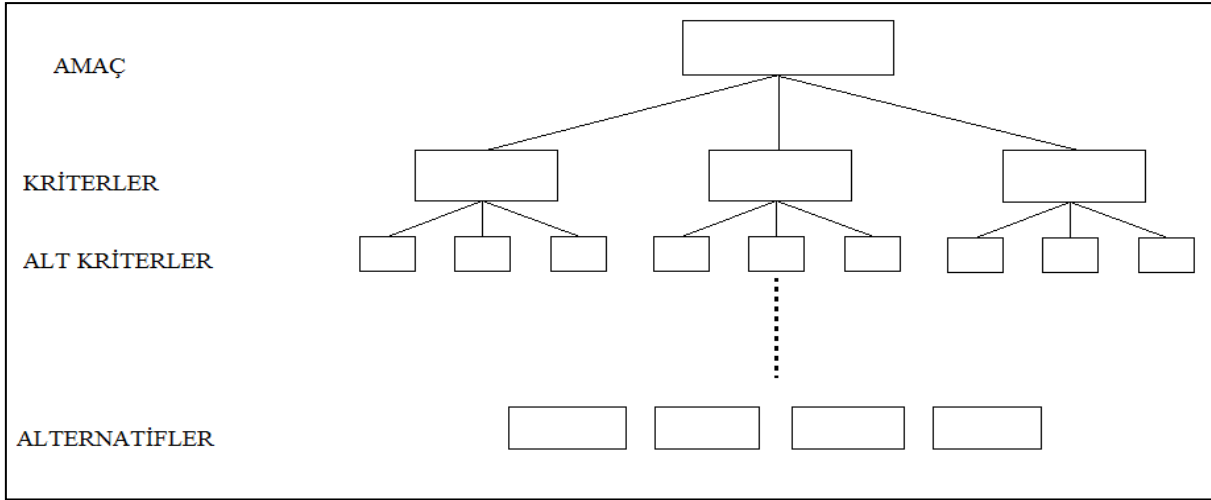
Sürdürülebilir toprak verimliliği modellemesi için belirlenen toprak kalite parametrelerinin birbiri içerisinde ağırlıklandırılması analitik hiyerarşik süreç ile gerçekleştirilmiş, modelin haritalandırılması jeoistatistiksel yöntemlerle tamamlanmıştır. Oluşturulan her bir dağılım haritası “weighted sum” aracı ile modeli oluşturan tek bir haritada toplanmıştır. İlgili metodlar aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

### **3.2.5. Analitik Hiyerarşik Süreç (AHS)**

Analitik hiyerarşik süreç (AHS), çok kriterli karmaşık problemlerin analizi için bir hiyerarşi oluşturulması esasına dayanır. Başka bir ifadeyle, AHS tekniği herhangi bir problemin elemanlarının ortaya konulması için izlenen sistematik bir yoldur. AHS, hiyerarşik yapısına dayanarak, farklı katmanlar için öğelerin kendi aralarında göreceli üstünlüklerini belirleyerek, çok kriterli karar verme süreçleri için etkin bir çözüm getirmektedir. Amaç, kriter ve alt kriterler belirlendikten sonra, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak; kriter ve alt kriterlerin kendi aralarındaki önem dereceleri belirlenir (Saaty, 1980). Yapılan karşılaştırmalar sonucunda yöntemin tutarlılık oranı (CI) %10'un altında olmalıdır.

Arazi uygunluk çalışmaları, toprak kalite indeksinin belirlenmesi, verimlilik modeli çalışmaları gibi pek çok arazi tanımlama ve yönetim çalışmalarında skora yöntemi yaygınla kullanılmaktadır. Uzman görüşleri ile yürütülen AHS metodu hem oluşturulan veri setlerinin içerisindeki parametrelerin kendi içerisinde değerlendirilmesi hem de modeldeki ağırlık değerlerinin hesaplanması sonucunda elde edilen ağırlık değerleri ile parametrelerin önem sıralamasının belirlenmesine kolaylıkla olanak sağlamaktadır.

AHS modelinde hiyerarşinin en üstünde bir amaç; bu amacın altında sırasıyla ölçütler ve alt ölçütler basit bir hiyerarşik yapıyı oluşturmaktadır. Her bir seviyedeki ölçütler, kendilerinden bir üst seviyedeki ölçüte göre ikili olarak karşılaştırılır. Bu işlemler en alt seviyedeki seçeneklerden, en üst seviyede yer alan amaca kadar hiyerarşik bir şekilde tekrarlanır. Şekil 3.11’ de tipik bir AHS’in yapısı görülmektedir.



Şekil 3.11. Tipik bir AHS yapısı

Kriterlerin birbiri içinde değerlendirilmesinde Saaty (2008) tarafından geliştirilen 1-9 arasında skorlar bulunan tercih ölçeğinden yararlanır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. AHS 1-9 skorlu tercih ölçeği (Saaty, 2008).

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre yüksek derecede kuvvetle tercih edilmelidir.
9	Mutlak Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre çok yüksek derecede önemlidir.
2-4-6-8	Ara Değerler	İki faktör arasında küçük farklar olduğunda kullanılır.

Sürdürülebilir toprak verimliliği modeli içerisinde yer alan toprak kalite parametreleri uzman görüşleri doğrultusunda tercih ölçeği ile değerlendirilerek, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur

### **3.2.6. Jeostatistiksel Analiz**

Jeostatistik, uzaysal modelleme (variogram) ve uzaysal enterpolasyon (krigleme) olmak üzere iki basamaktan oluşmaktadır Kriging; ölçüm yapılan noktaların uzaysal bağımlılığının, ölçüm yapılmayan noktaların hesaplanmasında kullanılan enterpolasyon yöntemidir. Enterpolasyon yöntemleri deterministik ve jeostatistiksel (stokastik) yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989). Bu çalışmada toprak biliminde yaygın olarak kullanılan IDW (deterministik), simple kriging ve ordinary kriging (jeostatistik) yöntemleri karşılaştırılmıştır.

Her bir toprak özelliği için belirlenen variogram parametreleri kullanılarak ArcGIS “Geo-statistical Analyst” programı ile haritalar üretilmiştir. Yöntemlerin karşılaştırılması için oluşturulan haritalara ait tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin ortalama hatalar karekökü kriterleri (RMSE) değerleri kullanılmıştır. En düşük RMSE değerini veren yöntem en uygun yöntem olarak değerlendirilmiştir (Johnston, Ver Hoef, Krivoruchko ve Lucas, 2001)

#### **3.2.6.1. Variogram Analizi**

Modelleme içinde yer alan toprak özelliklerine ait mekânsal değişkenliğin jeostatistiksel metodlarla değerlendirilebilmesi için öncelikle variogram analizleri gerçekleştirilmiştir.

##### **3.2.6.1.1. Variogram (uzaklığa bağlı ilişki) fonksiyonu**

Bölgesel değişkenlerin arasındaki uzaklığa bağlı ilişki fonksiyonu variogram fonksiyonu ile belirtilir. Bu fonksiyon birbirinden “h” kadar uzaktaki iki değişken arasındaki farkın varyansı olarak ifade edilmektedir. Variogram, örnekler arasındaki konumsal bağımlılık derecesinin bir sonucudur. Örnekler arasındaki variogram büyüklüğü, örnekleme noktaları arasındaki mesafeye bağlıdır. Örnekleme noktaları arasında ki mesafe küçüldükçe variogram azalır, mesafe büyüdükçe artar. Variogramların mesafeye bağlı olarak bir grafik

üzerinde gösterilmesiyle elde edilen şekle variogram denir (Yeşilirmak, Anaç ve Solow, 2009). Örnekler arasındaki konumsal bağlılığın sonucu olarak variogram, incelenen özellikler için örnek çiftlerinin birbirleri ile ilişkili olabileceği en üst düzeyi belirlemeyi sağlar. Variogram eşitliği aşağıda verilmiştir.

$$2\gamma(h) = \text{Var} [Z(a) - Z(a+h)] \quad (3.1)$$

$2\gamma(h)$  : variogram fonksiyonu

$Z(a)$  : a noktasındaki rastlantı değişkeninin değeri

$Z(a+h)$  : a noktasından h kadar uzaklıktaki rastlantı değişkeninin değeri

Buna göre variogramı aşağıdaki şekilde ifade etmek de mümkündür.

$$2\gamma(h) = E [Z(x) - Z(x+h)]^2 \quad (3.2)$$

h: noktalar arası uzaklık (lag mesafesi) ve yarıvariogram denklemi

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2n} \sum [Z(a) - Z(a+h)]^2 \quad (3.3)$$

Variogram yöne bağlı olmadan ortalanıyorsa izotropik, yöne bağlı olarak değişiyorsa anizotropik olarak tanımlanır (Yetgin, 2004). Variogram fonksiyonu ( $\gamma$ ) bilindiğinde incelenen değişkenin homojenlik ve izotropik dereceleri, düzenliliği ve bir örneğin yapısal uzaklık, sayısal olarak belirlenebilmektedir (Tercan ve Saraç, 1998). Variogram parametreleri ve özellikleri aşağıdaki gibidir;

**Külçe Varyansı ( $C_0$ ):** Teorik olarak yarı-variogram fonksiyonunun orijin civarındaki değeri sıfır "0" olmalıdır. Ancak, bazı değişkenler için elde edilen yarı-variogram fonksiyonunda orijinde de süreksizlikler görülebilir ve bu durum da, değişkenin değişiminde külçe (nugget) varyansının etkisi gözlemlenir. Yarıvariogramın orijindeki süreksizliğini gösteren külçe varyansı, örnekleme ve ölçüm hatalarından veya değişkenin yapısından kaynaklanmaktadır.

**Eşik Değer ( $C_0+C$ ):** Variogram fonksiyonunun belirli bir düzlüğe ulaştığı noktadır. Eşik (sill) değeri, variogramı hesaplamak için kullanılan tüm örneklerin varyansdır.

**Külçe etki oranı ( $\epsilon = C_0/C$ ):** Deneysel yarıvariogram değerlerinden külçe etkisinin ( $C_0$ ), yapısal varyansa ( $C$ ) oranına külçe etki oranı ( $\epsilon = C_0/C$ ) denilmektedir. Jeostatistiksel

yöntemlerle yapılacak tahminlerde, külçe etki oranı ( $e$ ) ile orantılı olarak tahmin değerlerinde düzeltme yapılmalıdır. Külçe etki oranı (külçe etki), değişkenin rassal değişiminin büyüklüğünü göstermektedir.

Yapısal uzaklık (A): Variogram fonksiyonunun düzlüğe ulaştığı uzaklıktır ve belirtilen bir örnek noktasından belirli bir uzaklıkta bulunan diğer örnek noktası değerlerinin o ilk örnek noktası değerini etkilediğini göstermektedir. Bölgesel değişken, içerik açısından zengin ve yoksul bölgeler şeklinde geçişli bir yapı sergiliyorsa, diğer bir ifadeyle toprak özellikleri belirli bir mesafe içerisinde değişim gösteriyorsa variogram belirli bir uzaklıktan sonra artışını durdurur ve belirli bir değerde sabit kalır. Bu değere tepe değeri (C), variogramın bu değeri aldığı uzaklığa da yapısal uzaklık (A) denir. Bu uzaklık kovaryansın sıfır olduğu ve fiziksel olarak bir örneğin etki zonunu belirtmektedir. Etki zonu dışında örneklerin birbiriyle korelasyonu yoktur ve birbirlerinden bağımsızdırlar (Konuk, 2011)

Uzaklığın sıfıra eşit olduğu ( $h=0$ ) durumlarda variogramın değeri de teorik olarak sıfıra eşittir. Ayrıca, uzaklığa bağlı değişimin verilerden belirlenebileceği sınır bir uzaklık bulunmaktadır. Bu da bütün örnekler içinde, birbirine en yakın iki örnek arasındaki uzaklığa eşittir. Veri bulunmadığı için bu uzaklıktan daha küçük mesafelerde bu değer belirlenemez ve bu durum variogramın orijininde bir süreksizliğe neden olur. Orijindeki süreksizliğin bir başka nedeni de, örnekleme ve analiz hatalarıdır. Sıfırdan farklı bir değer örnek alımındaki hataları göstermekte veya örnek aralığından daha küçük bir yapısal uzaklığa sahip çok küçük ölçekte yapılanmış bir bileşenin tepe değerini göstermektedir. Süreksizliğe yol açan bu kaynakları birbirinden ayırmak mümkün değildir ve bu durum variogramda külçe etkisi (nugget effect) şeklinde belirtilir ve  $C_0$  simgesi ile gösterilir. İdeal olarak aynı noktadan alınmış iki örneğin değerleri aynı olacağından külçe etkisinin sıfır olması gerekmektedir (Tercan ve Saraç, 1998).

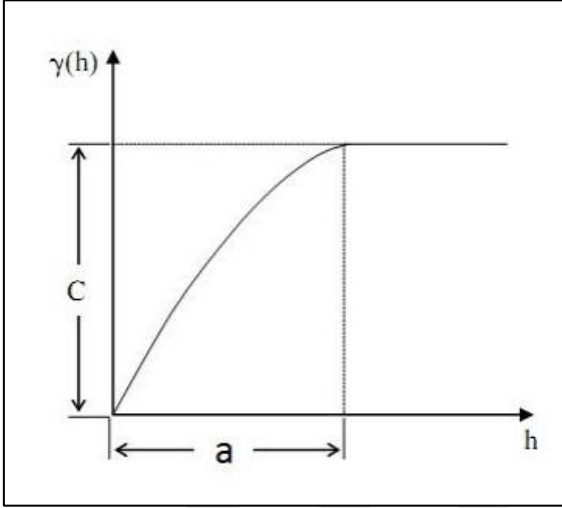
### **3.2.6.1.2. Variogram Modelleri**

Variogram değerleri belirli mesafeler için hesaplanmakta ve bunun dışındaki mesafelerde ki değerleri bilinmemektedir. Bölgeselleşmiş değişkenin özelliklerinin belirlenmesinde ve özellikle örneklenmemiş noktadaki değerlerin kestiriminde, variogramı bütün uzaklık değerleri ile birlikte bilmek gerekir. Bu durum variogram modellemeyi yani deneysel variogram değerlerine bir fonksiyon uyarlamayı gerektirir (Tercan ve Saraç, 1998).



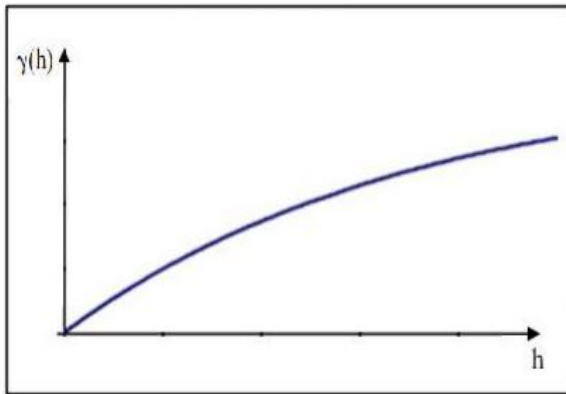
Toprak biliminde yaygın olarak kullanılan variogram modelleri aşağıdaki gibidir

- Küresel Model: Sıklıkla kullanılan variogram modelidir. C parametresi, variogramın en yüksek değerini, A parametresi ise yapısal uzaklığı (range) göstermektedir. Küresel variogramın değeri, orijinden başlayıp h mesafesi ile artar. Yapısal uzaklığa ulaşıldığında artışını durdurur. Bu uzaklıkta, variogramın değeri C'ye eşittir. Modele ait grafik Şekil 3.12'de verilmektedir (Aksoy, 2018).



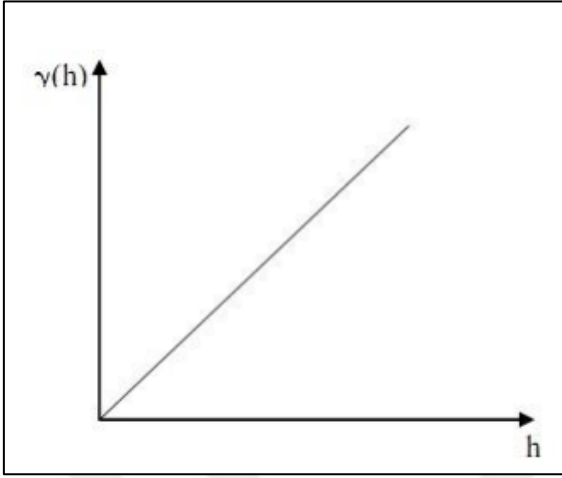
Şekil 3.12. Küresel variogram modeli

- Üssel Model: Bu model için çizilen yarıvariogram bir etki uzaklığına sahip değildir, fakat eğri asimtotik olarak eşik değere ulaşır. Modele ait grafik Şekil 3.13'de verilmektedir.



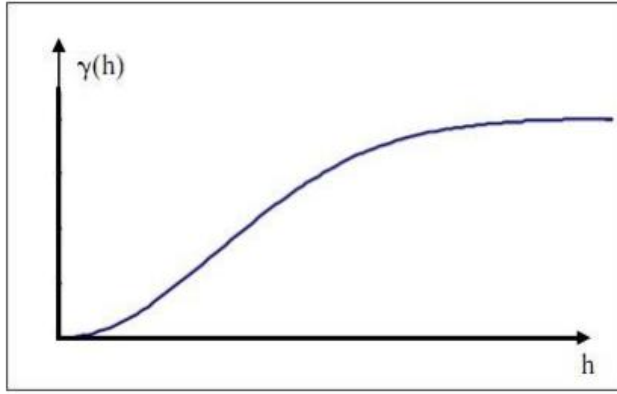
Şekil 3.13. Üssel variogram modeli

- Doğrusal Model: Artan  $h$  uzaklığı ile birlikte bölgesel değişkenin de orantılı bir şekilde artış gösterdiği variogramlardır. Modele ait grafik Şekil 3.14’de verilmektedir.



Şekil 3.14. Doğrusal variogram modeli

- Gauss Modeli: Kısa mesafeler için parabolik model gibi davranış gösterirken çok uzak mesafelerde yatay özellik gösterir. Modele ait grafik Şekil 3.15’de verilmektedir.



Şekil 3.15. Gauss variogram modeli

### 3.2.6.2. Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma (IDW)

Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma, yakın noktalara uzak noktalardan daha yüksek ağırlık değeri atayan enterpolasyon yöntemidir. Her örnek noktası, değeri tahmin edilecek noktaya olan uzaklığına ters oranda ağırlık değeri alır. Buna göre  $x_0$  noktasındaki tahmini değer aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Z_{IDW}^*(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} \cdot Z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

$Z^*(x_0)$ :  $x_0$  noktasındaki tahmini değerini,

$Z(x_i)$ :  $x_i$  noktasındaki örnek noktası değerini,

$d$  : örnek noktası ile tahmini yapılacak nokta arasındaki uzaklığı,

$p$  : üssel değeri,

$n$  : örnek nokta sayısını ifade eder.

Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yönteminde tahmin değerlerini önemli ölçüde etkileyen, eşitlikte tanımlanmayan parametreler bulunmaktadır. Bu parametrelerin en önemlilerinden biri “etki mesafesi”dir. Etki mesafesi, belirli uzaklıktaki gözlem değerlerinin hesaplamada kullanılabileceğini ifade eder. Etki mesafesinden daha uzakta olan noktalar hesaplamalara dahil edilmez (Uyguçgil, 2007).

### 3.2.6.3. Kriging

Doğrusal, sistematik sapması olmayan en iyi tahminleyici olarak tanımlanmaktadır. Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemine benzer şekilde, kriging katsayıları da gözlem yapılmamış noktaların çevresindeki değeri bilinen gözlem noktalarından tahmin edilmektedir. Her iki yöntemde de tahmin noktasına yakın gözlem değerleri, uzak gözlem değerlerinden daha etkilidir. Kriging katsayılarının hesaplama yöntemi uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemine kıyasla daha karmaşıktır. Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yönteminde uzaklığa bağlı basit algoritma kullanılırken, kriging yönteminde verinin konumsal yapısını ele alan semivariogram modelleri kullanılmaktadır (Uyguçgil, 2007).

Kriging analizini diğer enterpolasyon metotlarından ayıran en önemli özellik, tahmin edilen her bir nokta veya alan için ayrı bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir ki bu, tahmin edilen değer için güven derecesinin bir ölçüsüdür. Eğer bir nokta veya alan için hesaplanan varyans değeri, gerçek varyanstan daha küçük ise toprak özelliğinin ölçülmeyen nokta veya alanı için tahmin edilen değerinin güvenilir olduğu kabul edilir (Trangmar, Yost ve Wehara, 1985).

## Ordinary Kriging

Ordinary kriging yönteminde, veri setinin durağan bir varyansa sahip olduğu ve simple krigingden farklı olarak, tarama alanı içinde durağan olmayan ortalama değerinin bulunduğu varsayılır ve bilinmez. Ordinary kriging oldukça güvenilir sonuçlar verdiği için birçok veri seti için önerilen kriging yöntemidir. Ordinary kriging sistematik sapması olmayan (yansız) ve tahmin hata ortalamasının sıfıra eşit olduğu bir enterpolasyon yöntemidir. Ordinary kriging yöntemi ile  $x_0$  noktasındaki tahmin değeri;

$$Z_{OK}^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_{(x_i)} \quad \text{şeklinde hesaplanır.} \quad (3.5)$$

Buna göre eşitlikte;

$Z^*(x_0)$ :  $x_0$  noktasındaki örneklenmemiş değeri,

$Z_{(x_i)}$ :  $x_i$  noktasındaki örnek noktası değerini,

$\lambda_i$ :  $i$  inci örnek değerlerine atanmış ağırlık değerini,

$n$ : örnek nokta sayısını

ifade etmektedir.

Ordinary kriging yönteminde yansızlık koşulu gereği, kriging katsayılarının toplamı bire (1) eşit olmalıdır. Simple kriging yönteminde katsayılar için herhangi bir kısıtlama sözü konusu olmadığı gibi “m” ortalama değeri bilinmektedir. Ancak ordinary kriging yönteminde ortalama değeri bilinmediği ve tahmin varyansını minimize etmek için kriging katsayılarının toplamının bire eşit olması koşulu kriging katsayıları üzerine bir kısıtlama getirmektedir. Dolayısı ile tahmin varyansının hesaplanmasında variogram kullanılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Uyguçgil, 2007).

## Simple Kriging

Ordinary kriginge oldukça benzer bir enterpolasyon yöntemidir. Ancak burada ağırlıkların toplamının 1'e eşit olması yerine ağırlık, veri setlerinin ortalaması ile bulunur. Simple kriging yönteminde ortalama değer bilinmektedir. Simple kriging yönteminde

noktaların enterpolasyonu genelleştirilmiş lineer regresyon altında 2. derece durağanlık varsayımı ve bilinen ortalamaya dayanır.

Kriging yöntemlerinin en önemli özelliği esnek oluşu ve kestirimin varyansını (o noktadaki belirsizliği) göstermesidir. Kestirim varyansı için de en önemli olan kovaryans modelidir. Yani verilerin kestirimi yapılacak olan noktaya olan geometrisi önemlidir. Deterministik uygulamalarda kestirim yapılacak noktaya model noktalarının mesafesi eşitse ağırlıklar eşittir. Ancak kriging uygulamalarında mesafeler eşit ancak geometri farklı ise ağırlıklar da farklı olacaktır (Yaprak, 2007).

### **3.2.7. İstatistiksel Analizler**

Çalışma alanından alınan 240 toprak örneğinde laboratuvar analizi sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla tanımsal veri analizi yapılmıştır. Her bir değişken (kum, kil, silt, pH, EC, organik madde, kirec, alınabilir fosfor ve potasyum) için aritmetik ortalama, minimum, maksimum, standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık değerleri SPSS 14.0 paket programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Verilerin normal dağılıp dağılmadığını incelemek amacıyla Kolmogorov-Smirnov analizi SPSS 14.0 paket programı ile yapılmıştır. Tüm parametreler incelenmiş ve normal dağılım göstermeyen verilere ilgili dönüştürme işlemleri uygulanmıştır.

Normalite testi neticesinde normal dağılım gösteren veriler ve ilgili dönüşümlerle normal dağılıma yaklaşması sağlanan veriler kullanılarak variogramlar oluşturulmuştur. Jeostatistiksel modelleme öncesi variogram oluşturma işlemleri GS+10 ile gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen variogramlar kullanılarak ArcGIS 10.4.1 paket programı ile haritalandırma ve sürdürülebilir toprak verimliliği modellemesi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. İstatistiksel Analiz Sonuçları

Araştırma alanında incelenen her bir toprak kalite parametresine ait veri setlerinde gerçekleştirilen tanımlayıcı istatistik sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprak örneklerinin tanımlayıcı istatistik analizi sonuçları

Toprak Özellikleri	n	En Düşük	En Yüksek	Ort.	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)	Çarpıklık	Basıklık
Kum (%)	240	20,00	45,64	31,86	5,46	17,15	0,28	-0,22
Kil (%)	240	24,88	60,36	46,07	5,60	12,15	-0,28	0,53
Silt (%)	240	6,00	36,36	22,08	3,57	16,18	0,58	3,14
pH	240	5,64	7,84	7,39	0,38	5,15	-2,32	5,76
EC (ds m <sup>-1</sup> )	240	0,01	0,92	0,08	0,06	71,74	13,74	203,91
Kireç (%)	240	0,01	12,62	2,26	2,42	107,13	1,51	1,97
O.M (%)	240	0,50	3,74	1,83	0,43	23,38	0,71	2,30
P (mg kg <sup>-1</sup> )	240	3,21	368,23	15,43	26,01	168,52	10,92	143,52
K (mg kg <sup>-1</sup> )	240	30,40	1678,96	279,26	177,31	63,49	3,02	18,23

n: örnek sayısı

Toprak değişkenliği varyasyon katsayısına (VK) göre üç sınıfa ayrılmıştır. Buna göre VK %15’den küçük olanlar az değişken, %16-35 arasında olanlar orta derecede değişken ve %36’dan büyük olanlar ise yüksek derecede değişken olarak gruplandırılmıştır (Mulla ve Mc Bratney, 2002). Bu sınıflamaya göre çalışma alanı topraklarında kil ve pH az değişken; kum, silt ve organik madde orta derecede değişken; EC, kireç, alınabilir fosfor ve potasyum ise yüksek derecede değişkenlik göstermektedir.

Normalite testi için örnek sayısı 50 ve daha az olduğu durumda Shapiro-Wilks, örnek sayısı 50’den fazla olduğu durumda ise Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmaktadır (SPSS,

2009). Kolmogorov-Smirnov testi ile gerçekleştirilen normalite testine ait analiz sonuçları Çizelge 4.2’ de verilmiştir. Çizelgede yer alan P değerinin 0,05’ten küçük olması veri setinin normal dağılıma uymadığını göstermektedir. Kum ve organik madde normal dağılım gösterirken kil, silt, pH, EC, kireç, P ve K normal olmayan dağılım göstermektedirler. Bu verilere karekök ve logaritmik dönüştürme uygulanarak normal dağılıma yaklaşması sağlanmış ve variogram hesaplaması yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Toprak örneklerinin normalite testi sonuçları

Toprak Özellikleri	İstatistik	Önem (P)
<b>Kum (%)</b>	0,05	0,200*
<b>Kil (%)</b>	0,06	0,020
<b>Silt (%)</b>	0,12	0,000
<b>pH</b>	0,23	0,000
<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>	0,31	0,000
<b>Kireç (%)</b>	0,18	0,000
<b>O.M (%)</b>	0,05	0,200*
<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	0,32	0,000
<b>K (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	0,14	0,000

\*: p>0,05

Sürdürülebilir toprak verimliliği modelinde kullanılan parametrelere ait korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Toprak özelliklerine ait korelasyon analizi sonuçları

	Kum	Silt	Kil	pH	EC	Kireç	OM	P
<b>Silt</b>	-0,289**							
<b>Kil</b>	-0,792**	-0,356**						
<b>pH</b>	-0,152*	0,313**	-0,052					
<b>EC</b>	-0,185**	-0,001	0,182**	0,065				
<b>Kireç</b>	-0,074	0,459**	-0,221**	0,397**	-0,014			
<b>OM</b>	-0,187**	0,093	0,124	0,157*	0,294**	0,187**		
<b>P</b>	0,081	-0,125	0,000	-0,183**	0,054	-0,085	0,087	
<b>K</b>	-0,097	-0,056	0,130*	0,078	0,089	-0,050	0,214**	0,577**

\*\* : p<0.01

\* : p<0.05

## 4.2. Toprak Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi

### 4.2.1. Bünye

Analizi gerçekleştirilen 240 adet toprak örneğinin bünye sınıflarına göre dağılımı Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelgeye göre toprakların %90'ı ağır, %9,58'i orta ağır ve yaklaşık 0,5'i orta bünyeli sınıfta yer almaktadır. Buna göre, alınan toprak örneklerinin hemen hemen tamamı ağır ve orta ağır bünyeli sınıftadır.

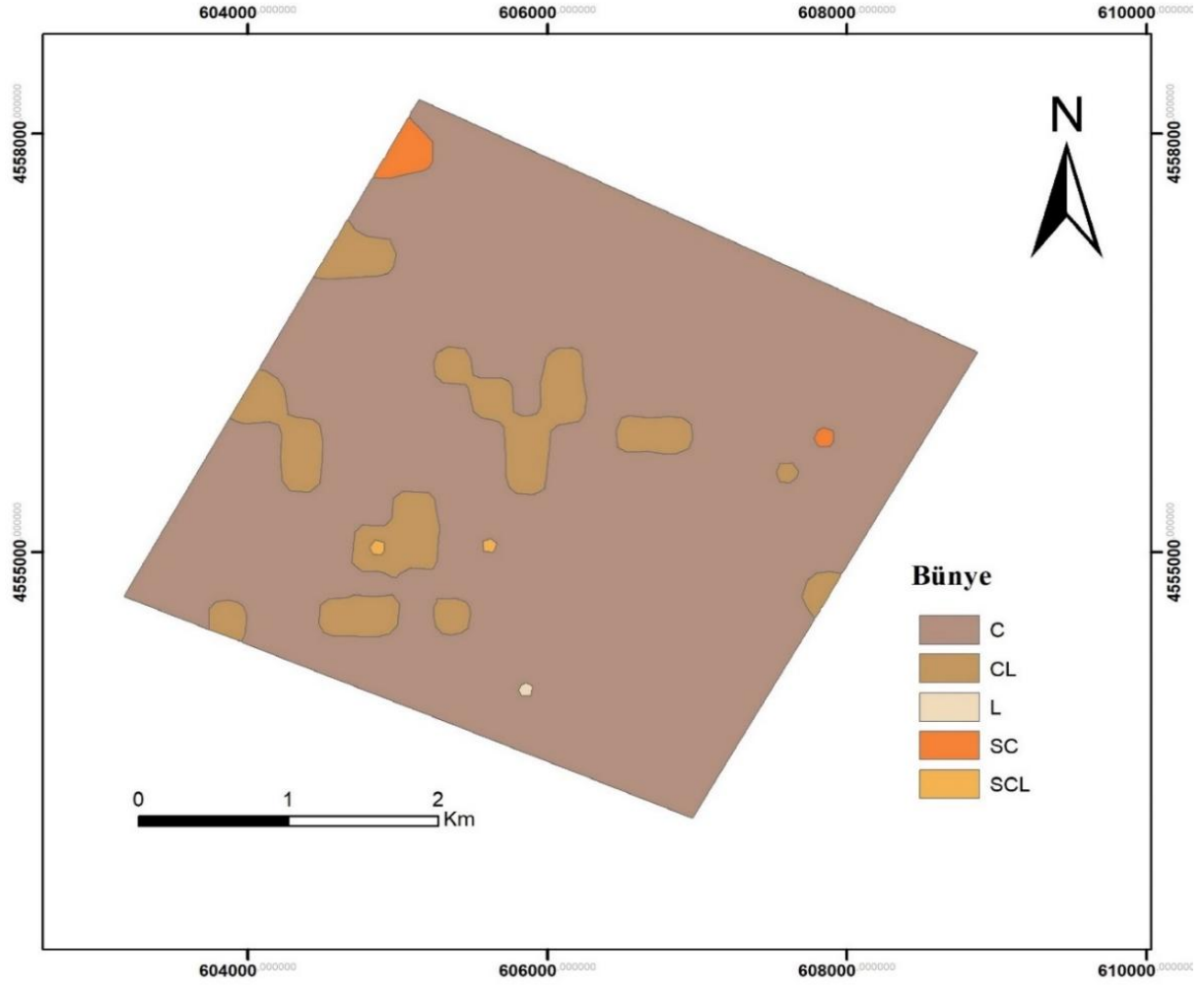
Çizelge 4.4. Toprak örneklerinin bünye sınıflarına göre dağılımı \*

Bünye			Toprak Sayısı	Dağılımı (%)
Sınıfı	Sembolü	İsmi		
Ağır (ince)	C, SiC, SC	Kil, Siltli kil, Kumlu kil	216	90,00
Orta ağır (orta ince)	CL, SiCL, SCL	Killi tın, Siltli killi tın, Kumlu killi tın	23	9,58
Orta	L, SiL	Tın, Siltli tın	1	0,42
Orta hafif (orta kaba)	SL	Kumlu tın	-	
Hafif (kaba)	LS	Tınlı kum	-	
Çok hafif (çok kaba)	S	Kum	-	

\* Toprak ve arazi sınıflaması standartları teknik talimatından uyarlanmıştır (Anonim, 2008).

Çalışma alanı toprakları Vertisol büyük toprak grubunda yer almaktadır. Vertisoller yüksek oranda kil içeren, ağır veya çok ağır bünyeli topraklardır. Dolayısı ile örneklerin büyük bir kısmının kil içerikleri de yüksek bulunmuştur. Çalışma alanının bünye dağılım haritası incelendiğinde (Şekil 4.1) toprakların genel olarak C bünye sınıfında bulunduğu, bazı bölümlerde lokal olarak CL ve çalışma alanının kuzey ucunda SC bünye sınıfına sahip alanlar olduğu görülmektedir.



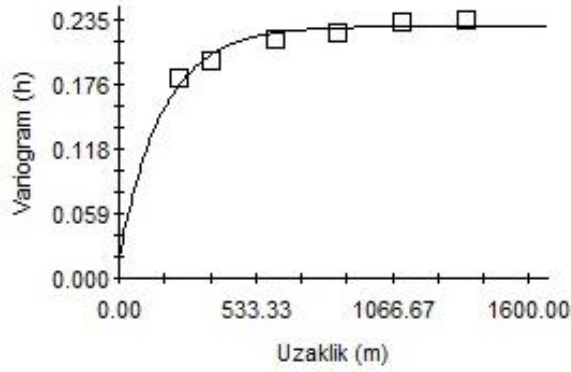


Şekil 4.1. Çalışma alanı bünye dağılım haritası

#### 4.2.1.1. Kum

Laboratuvar analiz sonuçlarına göre toprak örneklerinin kum içerikleri %20,00 ile %45,64 arasında değişmekte olup ortalaması %31,86 ve standart sapması 5,46'dır. Varyasyon katsayısı ise %17,15 olup, orta derecede değişkendir (Çizelge 4.1).

Normalite testi sonucu P değeri 0,200 bulunmuştur. Çizelge 4.1'de yer alan P değeri 0,05'ten büyük olduğu için veri setinin normal dağılıma uyduğu belirlenmiştir. Bu nedenle kum içeriği için herhangi bir dönüşüm uygulanmamış olup variogram modeli olarak üssel model belirlenmiştir. Variogram grafiği Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Kum içeriği (%) için isotropik variogram grafiği

Modelde yapısal uzaklık 489 m, külçe etkisi 0,01 ve eşik değer 28,89 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Kum içeriği (%) için isotropik variogram göstergeleri

Özellik	Model	$C_0$	$C_0+C$	A (m)	$R^2$	RSS
Kum	Küresel	0,01	28,89	489	0,995	0,343

Nugget ( $C_0$ ) / Sill ( $C_0+C$ ) oranı mekânsal bağımlılığı vermektedir. Bu oranın %25'in altında olması yüksek, %25-75 arasında olması orta ve %75'in üzerinde olması ise zayıf mekânsal bağımlılığın olduğunu göstermektedir (Cambardella vd. 1994). Bu çalışmada kum değeri 0,0003 (%0,03) oran ile yüksek mekânsal bağımlılık göstermektedir. Duffera, White ve Weisz (2007) tarafından yapılan bir çalışmada bulunan kum oranına ait mekansal bağımlılık değeri (%0,1) bu çalışmadaki belirlenen değer ile benzerlik göstermektedir.

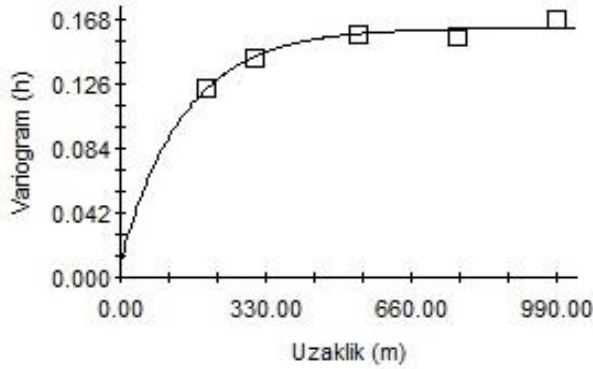
Yöntemlerin karşılaştırılması için oluşturulan haritalara ait tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin ortalama hatalar karekökü (RMSE) kriterleri kullanılmıştır. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri

	IDW	OK	SK
RMSE	5,263	<b>5,506</b>	5,556
ME	0,054	<b>0,052</b>	0,011



uygulanmıştır. Verilerin normal dağılıma yaklaşması sağlanarak analiz yapılmış ve variogram modeli olarak üssel model belirlenmiştir. Variogram grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Kil içeriği (%) için isotropik variogram grafiği

Modelde yapısal uzaklık 297 m, külçe etkisi 0,20 ve eşik değeri 26,39 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Kil içeriği (%) için isotropik variogram göstergeleri

Özellik	Model	$C_0$	$C_0+C$	A (m)	$R^2$	RSS
Kil	Üssel	0,20	26,39	297	0,998	4,395E-03

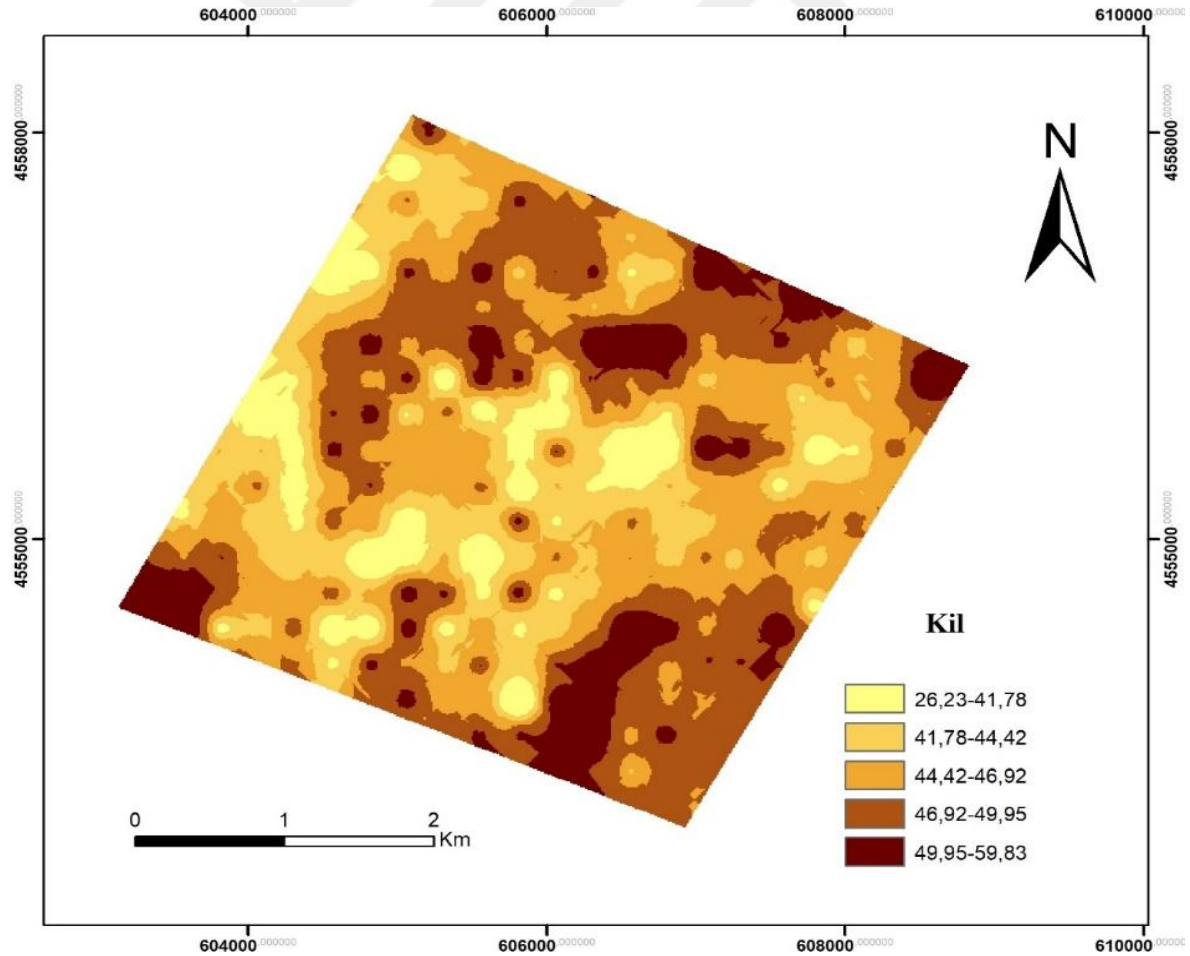
Nugget ( $C_0$ ) / Sill ( $C_0+C$ ) oranı mekânsal bağımlılığı vermektedir. Bu oranın %25'in altında olması yüksek, %25-75 arasında olması orta ve %75'in üzerinde olması ise zayıf mekânsal bağımlılığın olduğunu göstermektedir (Cambardella vd. 1994). Bu çalışmada kil değerinin 0,007 (%0,76) oranı ile yüksek mekânsal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu oranın Sağlam (2008)'de verilen değerle benzer (0,01) olduğu belirlenmiştir.

Yöntemlerin karşılaştırılması için oluşturulan haritalara ait tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin ortalama hatalar karekökü (RMSE) kriterleri kullanılmıştır. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri Çizelge 4.8'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri

	IDW	OK	SK
RMSE	5,628	5,632	<b>5,512</b>
ME	0,052	0,035	<b>0,030</b>

Değerlendirme sonucunda belirlenen SK yöntemi ile dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.5). Haritada görülen dağılıma göre, deneme alanında kil içeriklerinin en yüksek olduğu alanlar olarak kuzey, kuzey-doğu ve güney bölümleri görülmektedir. Haritada kuzey, kuzey-batı ucu eğim haritasında da görüldüğü gibi eğimin genel olarak en fazla olduğu alanlardır. Bu bölgelerde örnek alınan noktalarda topoğrafyadan kaynaklı kil birikimlerinin olduğu tahmin edilmektedir. Örneğin, araştırma alanı içinde yer dere yataklarına yaklaşıldıkça kil içeriklerinin azaldığı görülmektedir. Bu alanda etkin olan Fener Deresi kollarının ve arazi eğiminin toprakların kil içerikleri üzerine etkili olduğu düşünülmektedir.

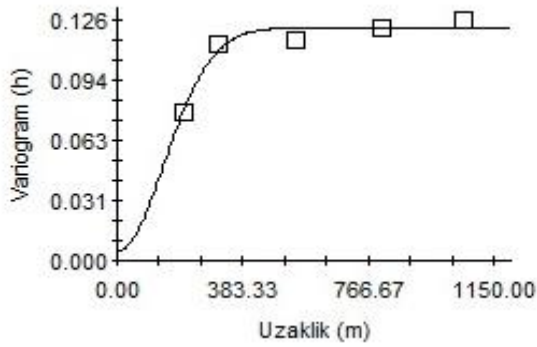


Şekil 4.5. Kil içeriği (%) dağılım haritası

### 4.2.1.3. Silt

Toprak örneklerinin silt içerikleri %6,00 ile %36,36 arasında değişmekte olup ortalaması %22,08'dir. Standart sapması 3,57 ve varyasyon katsayısı ise %16,18'tir (Çizelge 4.1).

Normalite testi sonucu P değeri 0,00 bulunmuştur. P değeri 0,05'ten küçük olduğu için veri setinin normal dağılıma uymadığı görülmektedir. Bu nedenle karekök dönüşüm uygulanmıştır. Verilerin normal dağılıma yaklaşması sağlanarak analiz yapılmış ve variogram modeli olarak üssel model belirlenmiştir. Variogram grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Silt içeriği (%) için isotropik variogram grafiği

Modelde yapısal uzaklık 478 m, külçe etkisi 0,004 ve eşik değer 0,128 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Silt içeriği (%) için isotropik variogram göstergeleri

Özellik	Model	$C_0$	$C_0+C$	A (m)	$R^2$	RSS
Silt	Küresel	0,004	0,128	478	0,962	1,28E-05

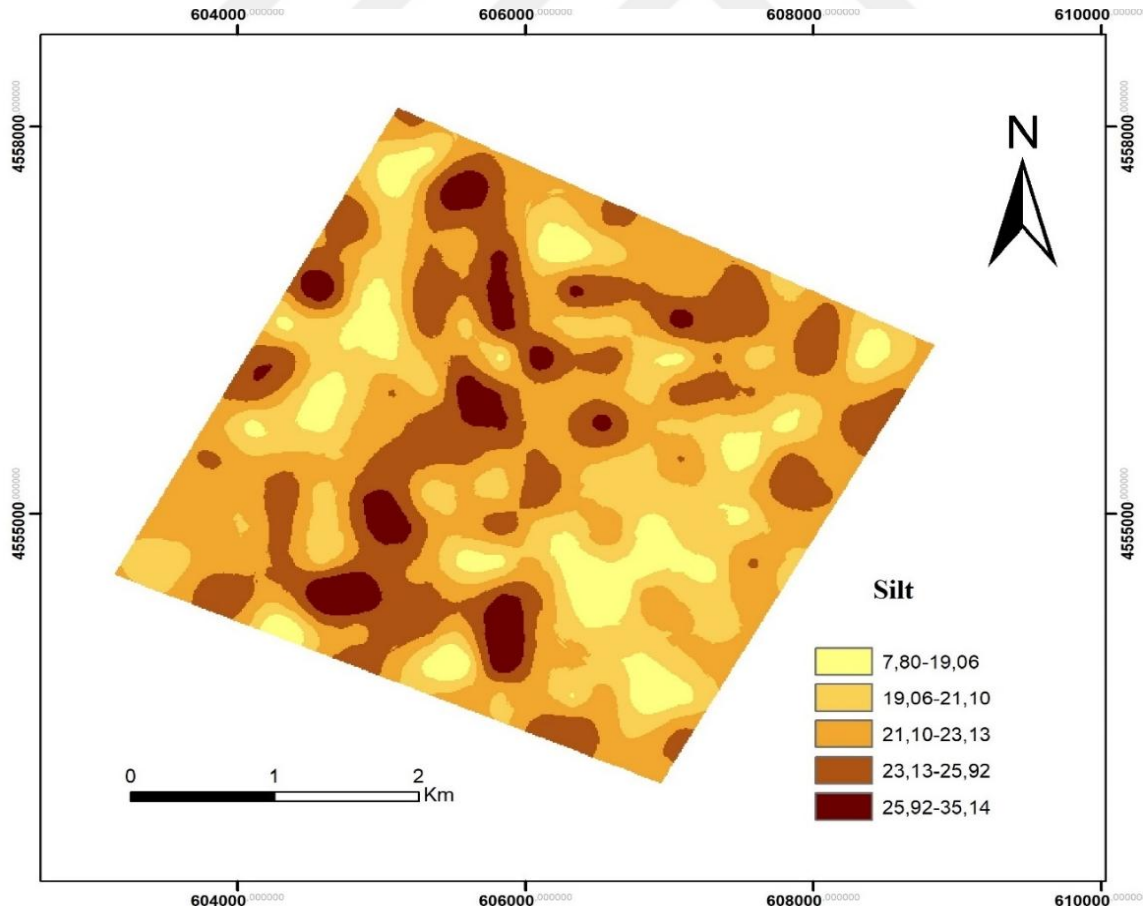
Nugget ( $C_0$ ) / Sill ( $C_0+C$ ) oranı mekânsal bağımlılığı vermektedir. Bu oranın %25'in altında olması yüksek, %25-75 arasında olması orta ve %75'in üzerinde olması ise zayıf mekânsal bağımlılığın olduğunu göstermektedir (Cambardella vd. 1994). Bu çalışmada silt oranı 0,031(%3,12) ile yüksek mekânsal bağımlılık göstermektedir.

Yöntemlerin karşılaştırılması için oluşturulan haritalara ait tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin ortalama hatalar karekökü (RMSE) kriterleri kullanılmıştır. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri Çizelge 4.10'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri

	<b>IDW</b>	<b>OK</b>	<b>SK</b>
RMSE	3,452	3,596	<b>3,447</b>
ME	0,002	0,005	<b>0,058</b>

Değerlendirme sonucunda SK yöntemi ile dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.7). Haritada görülen dağılıma göre deneme alanında silt içeriğinin yoğun olduğu bölge kuzeyden güneye doğru dik olarak inen bir bölgede yoğunlaşmıştır. Bu bölgeler genel olarak akarsu izi bulunan ve eğimin de nispeten yüksek olduğu bölgelerdir. Bu nedenle bu bölgelerde topoğrafya ve arazi içinden geçen derelerin toprakların silt içerikleri üzerine etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.7. Silt içeriği (%) dağılım haritası

#### 4.2.2. pH

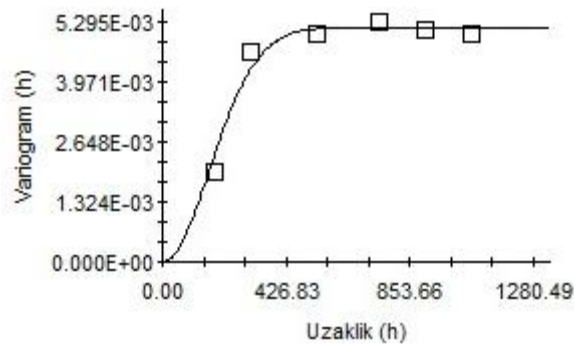
Analizi gerçekleştirilen 240 adet toprak örneğinin pH sınıflarına göre dağılımı Çizelge 4.11’de görülmektedir. Buna göre toprakların %51’i orta alkali, %45’si nötr, %4’ü hafif asit ve %2’si orta asit sınıfa girmektedir.

Çizelge 4.11. Toprak örneklerinin reaksiyon sınıflarına göre dağılımı

pH		Toprak sayısı	Dağılımı (%)
Değeri	Sınıfı		
<4,5	Kuvvetli asit	-	-
4,5-5,5	Orta asit	-	-
5,5-6,5	Hafif asit	9	4
6,5-7,5	Nötr	109	45
7,5-8,5	Orta alkali	122	51
>8,5	Kuvvetli alkali	-	-

Toprak örneklerinin pH’sı 5,64 ile 7,84 arasında değişmekte olup ortalaması 7,39 ve standart sapması 0,38’dir. Varyasyon katsayısı ise %5,15 olup az değişkendir (Çizelge 4.1).

Normalite testi sonucu P değeri 0,00 bulunmuştur. P değeri 0,05’ten küçük olduğu için veri setinin normal dağılıma uymadığı görülmektedir. Bu nedenle karekök dönüşüm uygulanmıştır. Verilerin normal dağılıma yaklaşması sağlanarak analiz yapılmış ve variogram modeli olarak üssel model belirlenmiştir. Variogram grafiği Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. pH için isotropik variogram grafiği



Modelde yapısal uzaklık 354 m, külçe etkisi 0,009 ve eşik değeri 0,141 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. pH için isotropik variogram göstergeleri

Özellik	Model	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	A (m)	R <sup>2</sup>	RSS
pH	Üssel	0,009	0,141	354	0,940	5,244E-05

Nugget (C<sub>0</sub>) / Sill (C<sub>0</sub>+C) oranı mekânsal bağımlılığı vermektedir. Bu oranın %25'in altında olması yüksek, %25-75 arasında olması orta ve %75'in üzerinde olması ise zayıf mekânsal bağımlılığın olduğunu göstermektedir (Cambardella vd. 1994). Bu çalışmada pH 0,063 (%6,30) oran ile yüksek mekânsal bağımlılık göstermektedir.

Yöntemlerin karşılaştırılması için oluşturulan haritalara ait tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin ortalama hatalar karekökü (RMSE) kriterleri kullanılmıştır. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri Çizelge 4.13'te verilmektedir.

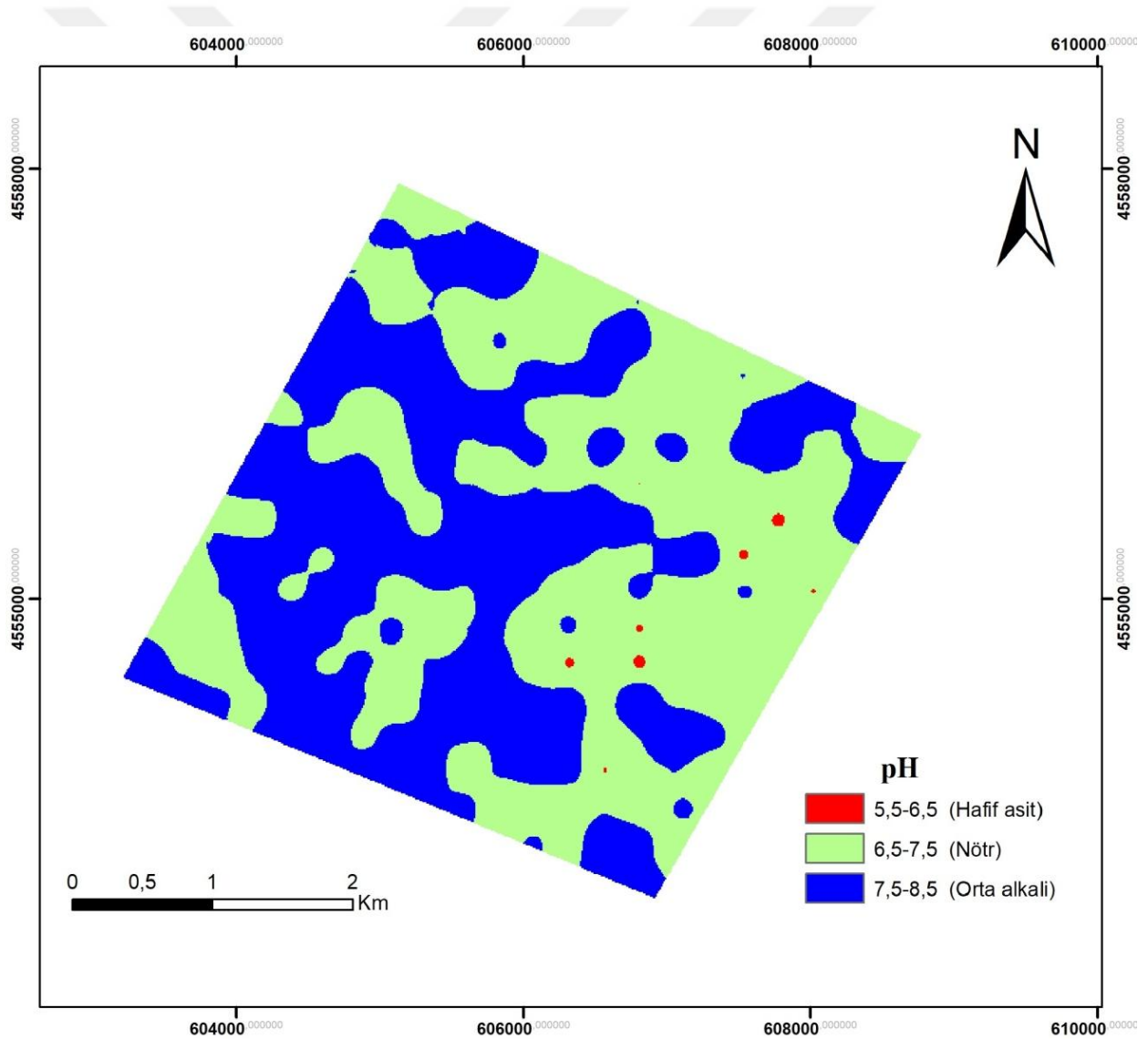
Çizelge 4.13. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri

	IDW	OK	SK
RMSE	0,368	<b>0,375</b>	0,384
ME	0,001	<b>0,004</b>	0,097

Değerlendirme sonucunda belirlenen OK yöntemi ile dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.9). Haritada görülen dağılıma göre deneme alanının pH değerleri genel olarak nötr ve orta alkalidir. Lokal olarak 9 noktada hafif asit pH değerlerine rastlanmıştır. Bu bölgelerde pH değerlerinin düşük olmasının nedeni olarak toprakların kireç içeriklerinin de düşük olması söylenebilir. Aslında toprak pH'sı birçok faktörün karşılıklı etkileşimi sonucu oluşmakta ve toprağın tamponluk özelliğine bağlı olarak geniş sınırlar arasında değişebilmektedir. Genellikle kurak iklim, ince bünye, fazla doygunluk, yüksek kireç içeriği, düşük organik madde, yüksek tuz ve Na içerikleri toprakların pH'sının yükselmesine neden olmaktadır. Bunlar içinde kireç kapsamı anahtar rol oynamaktadır. Bu nedenle kireci yıkanmış topraklarda asitleşme görülmektedir (Aydeniz, 1985). Saygan ve Aydemir (2016) biyochar çalışmasında toprak pH'sındaki artışın nedenini, çalışmada uygulanan biyokömürün yüksek

pH değerine sahip olmasının ve kullanılan toprağın kireç içeriğinin yüksek olmasına bağlı olarak zaman içerisinde karbonatın hidrolizi ile toprak pH değerinin nispeten yükselbilmesi olarak açıklamışlardır.

Toprak pH'sının düşük olduğu noktalarda kum içeriklerinin nispeten yüksek olmasının topraklarda yıkanmanın artmasına, dolayısı ile alkali karakterli katyonların topraktan uzaklaşmasına ve sonuçta da pH değerlerinin düşmesine neden olduğu tahmin edilmektedir. Yapılan korelasyon analizinde pH ile toprakların kireç içerikleri arasında %1 düzeyinde önemli ve pozitif bir ilişki bulunurken, kum içerikleri arasında %1 düzeyinde negatif ilişki bulunmuştur. Bu sonuçlar çalışma alanında toprak pH'sının, kireç içeriğinin artışına paralel olarak arttığı, kum içeriğinin artışına paralel olarak düştüğü istatistiksel olarak da göstermiştir.



Şekil 4.9. pH dağılım haritası

### 4.2.3. EC

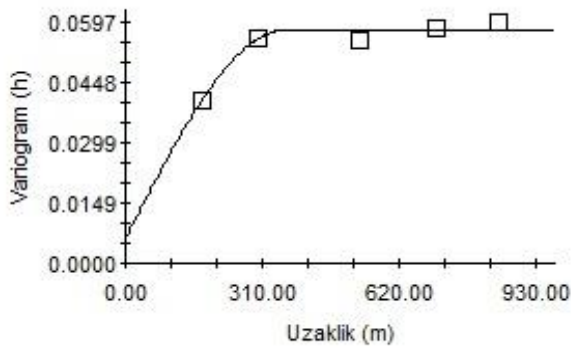
Araştırma alanından alınan toprak örnekleri tuzluluk (EC) durumuna göre sınıflandırılmış ve dağılımları aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Buna göre toprakların tamamı tuzsuz sınıftadır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Toprak örneklerinin tuzluluk sınıflarına göre dağılımı

EC		Toprak sayısı	Dağılımı (%)
Değeri (dS m <sup>-1</sup> )	Sınıfı		
0-4	Tuzsuz	240	100
4-8	Çok hafif tuzlu	-	-
8-15	Hafif tuzlu	-	-
> 15	Orta kuvvetli tuzlu	-	-

Toprak örneklerinin EC'si 0,01 ile 0,92 dS m<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup ortalaması 0,08'dir. Standart sapması 0,06 ve varyasyon katsayısı ise %71,74'tür. Varyasyon katsayısına göre yüksek derecede değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.1).

Normalite testi sonucu P değeri 0,00 bulunmuştur. P değeri 0,05'ten küçük olduğu için veri setinin normal dağılıma uymadığı görülmektedir. Bu nedenle karekök dönüşüm uygulanmıştır. Verilerin normal dağılıma yaklaşması sağlanarak analiz yapılmış ve variogram modeli olarak küresel model belirlenmiştir. Variogram grafiği Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. EC için isotropik variogram grafiği

Modelde yapısal uzaklık 362 m, külçe etkisi 0,0059 ve eşik değeri 0,578 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. EC için isotropik variogram göstergeleri

Özellik	Model	C <sub>o</sub>	C <sub>o</sub> +C	A (m)	R <sup>2</sup>	RSS
EC	Küresel	0,0059	0,578	362	0,960	9,675E-06

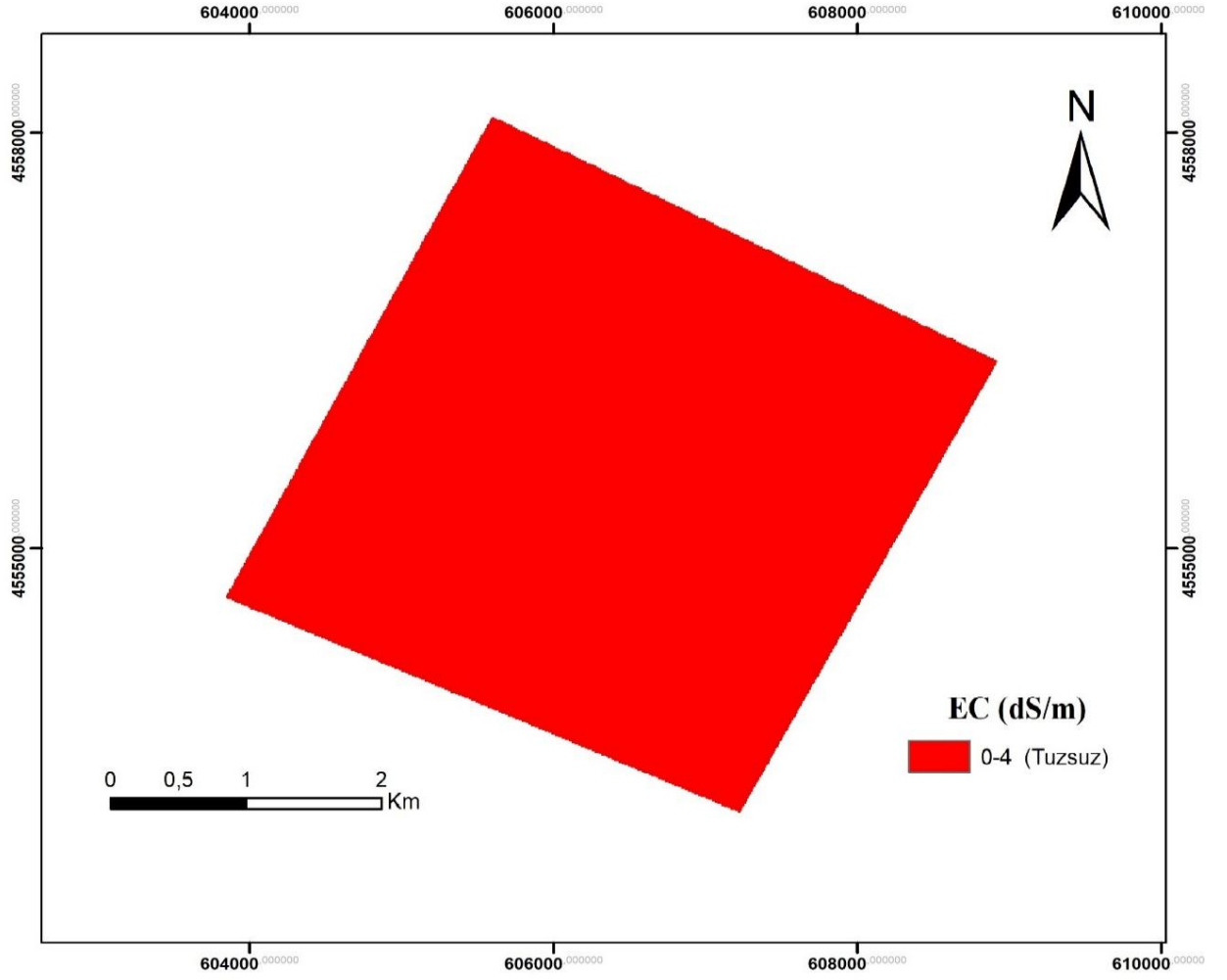
Nugget (C<sub>o</sub>) / Sill (C<sub>o</sub>+C) oranı mekânsal bağımlılığı vermektedir. Bu oranın %25'in altında olması yüksek, %25-75 arasında olması orta ve %75'in üzerinde olması ise zayıf mekânsal bağımlılığın olduğunu göstermektedir (Cambardella vd. 1994). Bu çalışmada EC 0,0102 (%1,02) oran ile yüksek mekânsal bağımlılık göstermektedir.

Yöntemlerin karşılaştırılması için oluşturulan haritalara ait tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin ortalama hatalar karekökü (RMSE) kriterleri kullanılmıştır. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri Çizelge 4.16'da verilmektedir.

Çizelge 4.16. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri

	IDW	OK	SK
RMSE	0,059	0,061	<b>0,056</b>
ME	0,001	0,001	<b>0,004</b>

Değerlendirme sonucunda belirlenen SK yöntemi ile dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.11). Araştırma alanı topraklarının tuz içerikleri, bitkisel üretim açısından sorun yaratmayacak düzeydedir. Bu sonuçlar, bölgede yağışların tuz birikimini önleyecek düzeyde olduğunu, taban suyu ve drenaj sorunu gibi tuzluluğa sebep olacak faktörlerin olmadığını göstermektedir. Yapılan araştırmalar Trakya bölgesinde özellikle Vertisol topraklarda tuzluluk sorununun bulunmadığını göstermektedir. Yapılan çeşitli araştırmalara göre, Trakya Bölgesi topraklarının tamamı (Gürbüz, Kayalı, Bahar ve Öz, 2018), Marmara Bölgesi topraklarının %98,4'ü (Taşova ve Akın, 2013) tuzsuz sınıfta yer almaktadır.



Şekil 4.11. EC dağılım haritası

#### 4.2.4. Kireç

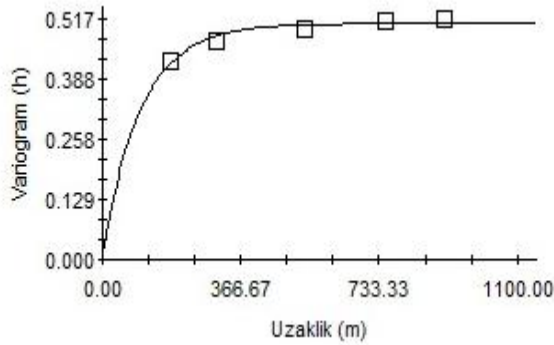
Araştırma alanından alınan toprak örnekleri kireç içeriğine göre sınıflandırılmış ve dağılımları aşağıda Çizelge 4.17’de verilmiştir. Buna göre toprakların %42’si az kireçli, %18’i az kireçli, %44’ü kireçli ve %14’ü orta kireçli sınıfa girmektedir.

Çizelge 4.17. Toprak örneklerinin kireç sınıflarına göre dağılımı

Kireç		Toprak sayısı	Dağılımı (%)
Değeri (%)	Sınıfı		
<1	Az kireçli	101	42
1-5	Kireçli	106	44
5-15	Orta kireçli	33	14
15-25	Fazla kireçli	-	-
> 25	Çok fazla kireçli	-	-

Toprak örneklerinin kireç oranı %0,01 ile %12,62 arasında değişmekte olup ortalaması %2,26'dır. Standart sapması 2,42 ve varyasyon katsayısı ise %107,13'tür. Varyasyon katsayısına göre yüksek derecede değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.1).

Normalite testi sonucu P değeri 0. P değeri 0,05'ten küçük olduğu için veri setinin normal dağılıma uymadığı görülmektedir. Bu nedenle karekök dönüşüm uygulanmıştır. Verilerin normal dağılıma yaklaşması sağlanarak analiz yapılmış ve variogram modeli olarak üssel model belirlenmiştir. Variogram grafiği Şekil 4.12'de verilmektedir.



Şekil 4.12. Kireç (%) için isotropik variogram grafiği

Modelde yapısal uzaklık 309 m, külçe etkisi 0,012 ve eşik değeri 0,507 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Kireç (%) için isotropik variogram göstergeleri

Özellik	Model	C <sub>o</sub>	C <sub>o</sub> +C	A (m)	R <sup>2</sup>	RSS
Kireç	Üssel	0,012	0,507	309	0,926	4,048E-04

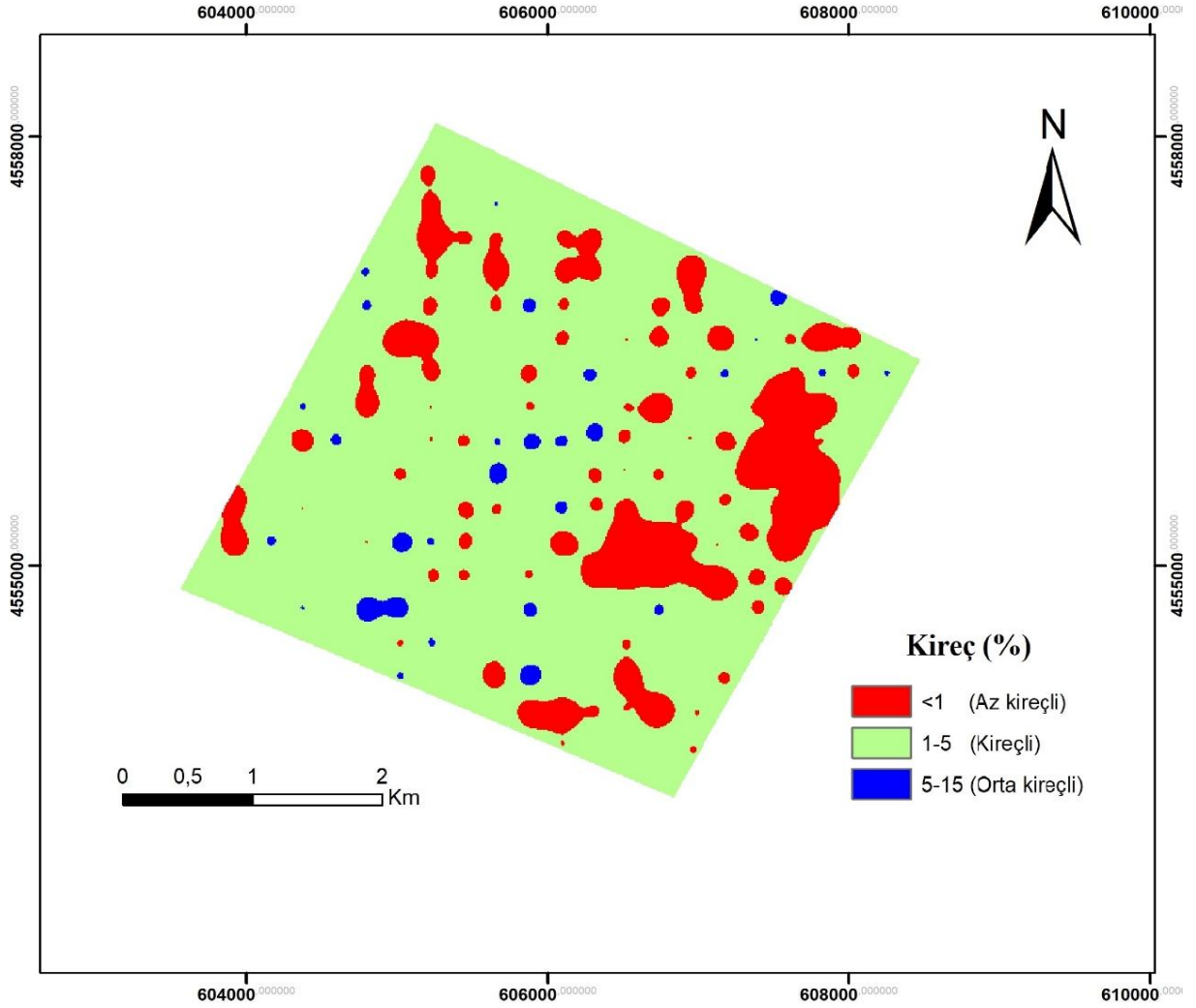
Nugget (C<sub>o</sub>) / Sill (C<sub>o</sub>+C) oranı mekânsal bağımlılığı vermektedir. Bu oranın %25'in altında olması yüksek, %25-75 arasında olması orta ve %75'in üzerinde olması ise zayıf mekânsal bağımlılığın olduğunu göstermektedir (Cambardella vd. 1994). Bu çalışmada kireç içeriği 0,0236 (%2,36) oran ile yüksek mekânsal bağımlılık göstermektedir.

Yöntemlerin karşılaştırılması için oluşturulan haritalara ait tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin ortalama hatalar karekökü (RMSE) kriterleri kullanılmıştır. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri Çizelge 4.19'da verilmektedir.

Çizelge 4.19. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri

	IDW	OK	SK
RMSE	2,382	2,418	<b>2,389</b>
ME	0,003	0,031	<b>0,344</b>

Değerlendirme sonucunda belirlenen SK yöntemi ile dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.13). Dağılım haritasına göre araştırma alanı topraklarının kireç içerikleri genel olarak az kireçli ve kireçli sınıftadır. Dağılım haritasında genel olarak orta kireçli toprakların araştırma alanının ortasından bir hat şeklinde yayıldığı görülmektedir. Bu bölge akarsu etkisi ile aşınmanın meydana geldiği ve DEM haritasında (Şekil 4.3) açık renkle ortaya çıkmış bölümdür. Bu alanda aşınmanın etkisi ile kireçli ana materyalin yüzeye çıktığı ve bu nedenle kireç içeriğinin nispeten yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Vertisoller kireçli ana materyaller üzerinde oluşabilmektedirler. Bu nedenle bu toprakların üst katmanının aşınması kireç miktarının zamanla artmasına neden olabilir. Bölüm 3.1.8'de belirtildiği gibi çalışma alanı Danişmen formasyonu içinde yer almaktadır ve çalışma alanının jeolojik materyalleri arasında marn ana materyal bulunmaktadır. Trakya bölgesinde yapılan bir survey çalışmasına göre, toprakların büyük çoğunluğunun kireç içeriklerinin (0-30 cm de) kireçsiz ve az kireçlidir (Gürbüz vd. 2018).



Şekil 4.13. Kireç (%) dağılım haritası

#### 4.2.5. Organik Madde

Araştırma alanından alınan toprak örnekleri organik madde (%) içeriğine göre sınıflandırılmış ve dağılımları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Buna göre toprakların %2’si organik madde içeriği yönünden zengin, %31’i orta, %66’sı az ve %1’i çok az sınıfta yer almaktadır.

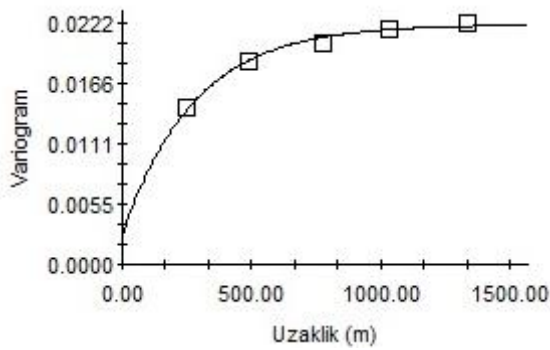


Çizelge 4.20. Toprak örneklerinin organik madde kapsamına göre dağılımı

Organik madde		Toprak sayısı	Dağılımı (%)
Değeri (%)	Sınıfı		
<1	Çok Az	3	1
1-2	Az	159	66
2-3	Orta	74	31
3-5	Zengin	4	2
>5	Çok zengin	-	-

Toprak örneklerinin organik madde içeriği %0,50 ile %3,74 arasında değişmekte olup ortalaması %1,83'tür. Standart sapması 0,43 ve varyasyon katsayısı ise %23,38'dir. Varyasyon katsayısına göre orta derecede değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.1).

Normalite testi sonucu P değeri 0,00 bulunmuştur. P değeri 0,05'ten küçük olduğu için veri setinin normal dağılıma uymadığı görülmektedir. Bu nedenle karekök dönüşüm uygulanmıştır. Verilerin normal dağılıma yaklaşması sağlanarak analiz yapılmış ve variogram modeli olarak üssel model belirlenmiştir. Variogram grafiği Şekil 4.14'te verilmektedir.



Şekil 4.14. Organik madde (%) için isotropik variogram grafiği

Modelde yapısal uzaklık 828 m, külçe etkisi 0,00268 ve eşik değeri 0,00226 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Organik madde (%) kapsamı için isotropik variogram göstergeleri

Özellik	Model	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	A (m)	R <sup>2</sup>	RSS
O.M.	Üssel	0,002680	0,022060	828	0,989	4,705E-07

Nugget (C<sub>0</sub>) / Sill (C<sub>0</sub>+C) oranı mekânsal bağımlılığı vermektedir. Bu oranın %25'in altında olması yüksek, %25-75 arasında olması orta ve %75'in üzerinde olması ise zayıf mekânsal bağımlılığın olduğunu göstermektedir (Cambardella vd. 1994). Bu çalışmada organik madde 0,012 (%1,12) oran ile yüksek mekânsal bağımlılık göstermektedir.

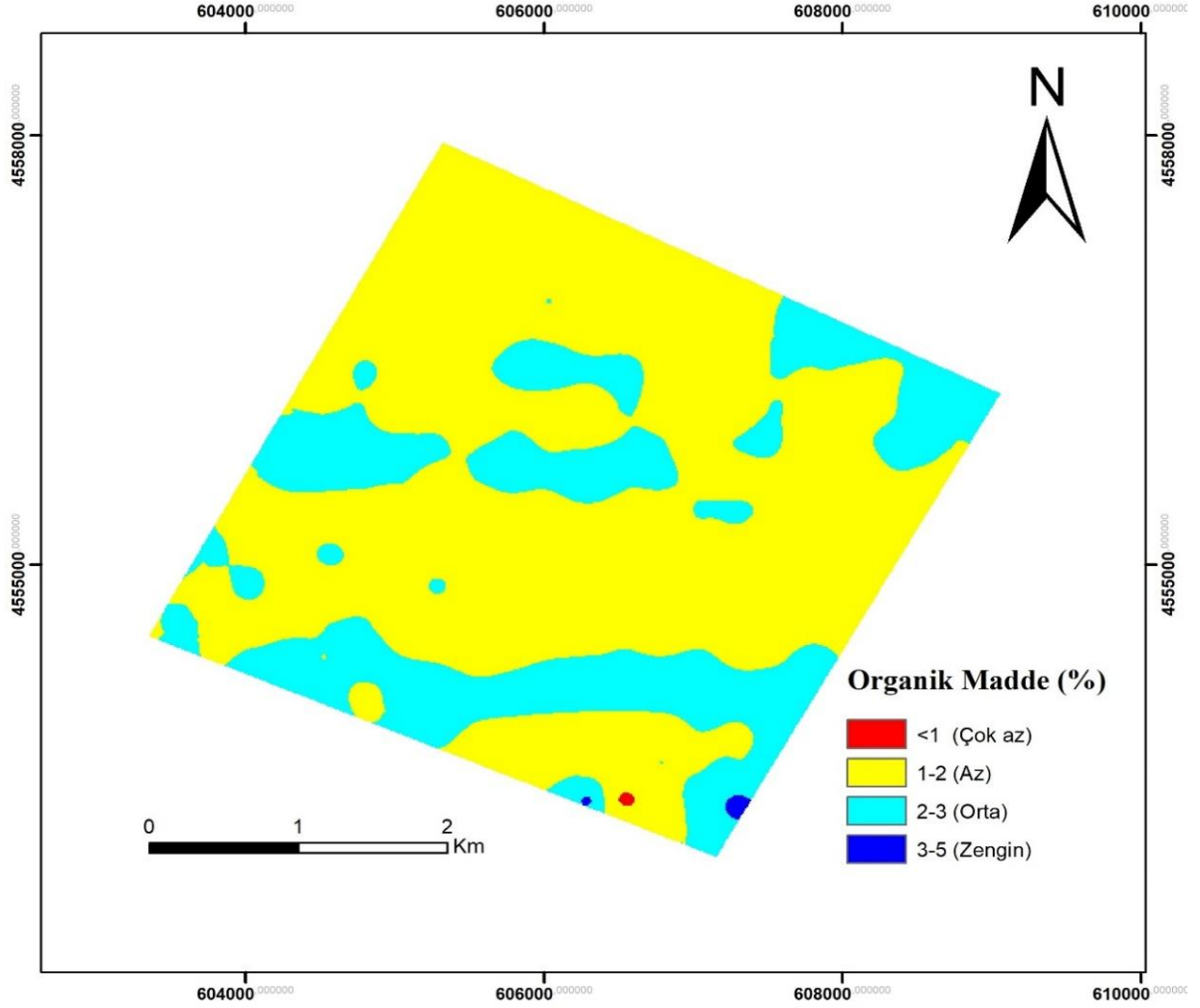
Yöntemlerin karşılaştırılması için oluşturulan haritalara ait tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin ortalama hatalar karekökü (RMSE) kriterleri kullanılmıştır. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri Çizelge 4.22'de verilmektedir.

Çizelge 4.22. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri

	IDW	OK	SK
RMSE	0,403	0,408	<b>0,400</b>
ME	0,009	0,004	<b>0,026</b>

Değerlendirme sonucunda belirlenen SK yöntemi ile dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.15). Haritaya göre araştırma alanı topraklarının organik madde dağılımı bölgenin kuzey ve orta bölümünde genel olarak az düzeyde iken farklı alanlarda orta düzeyde bulunmuştur. Genel olarak iklim faktörleri, bitki örtüsü, tarım teknikleri gibi faktörlerin yanında erozyon, toprakların organik madde kapsamı üzerine son derece etkilidirler (Aydeniz, 1985; Sağlam vd., 1993). Araştırma yapılan bölge tamamen kuru tarım yapılan, bitki örtüsü bakımından step benzeri bir bölgedir. Bölgede tarım yapılan bu alanlarda topraklara uygulanan farklı kültürel işlemler toprakların organik madde içeriklerine etkide bulunabilmektedir. Toprak örnekleri ekim ayında henüz ekim işlemlerinin yapılmadığı dönemde alınmıştır. Bu alanlara ekim öncesi verilmiş organik gübreler ve önceki dönemden kalmış anız atıkları da organik madde içeriklerine etki edebilmektedir. Yapılan önceki

çalışmalarda, Trakya bölgesinde toprakların büyük çoğunluğunun organik madde içeriklerinin orta ve az düzeyde olduğunu gstermektedir (Gurbuz, Kayalı, Bahar ve öz, 2018).



şekil 4.15. Organik madde (%) dağılım haritası

#### 4.2.6. Alınabilir Fosfor (P)

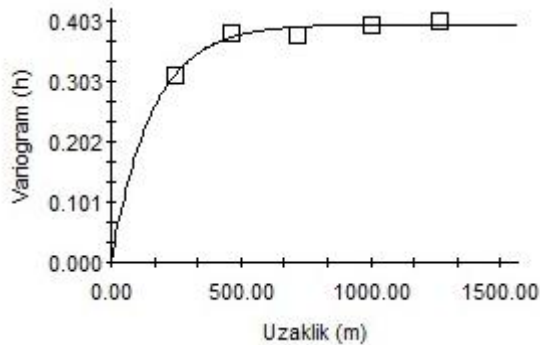
Araştırma alanından alınan toprak örnekleri içerdikleri alınabilir fosfor kapsamlarına göre sınıflandırılmış ve dağılımları izelge 4.23'te verilmiştir. Buna göre toprakların %1'i alınabilir fosfor içeriği yönünden çok yüksek, %11'i yüksek, %55'i yeterli ve %33' az sınıfa girmektedir.

Çizelge 4.23. Toprak örneklerinin alınabilir fosfor içerikleri göre dağılımı

Alınabilir P		Toprak sayısı	Dağılımı (%)
Değeri (mg kg <sup>-1</sup> )	Sınıfı		
<2,5	Çok az	-	-
2,5-8,0	Az	78	33
8-25	Yeterli	132	55
25-80	Yüksek	27	11
>80	Çok yüksek	3	1

Toprak örneklerinin alınabilir fosfor miktarı 3,21 mg kg<sup>-1</sup> ile 368,23 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup ortalaması 15,43 mg kg<sup>-1</sup> dir. Standart sapması 26,01 ve varyasyon katsayısı ise %168,52'dir. Varyasyon katsayısına göre yüksek derecede değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.1).

Normalite testi sonucu P değeri 0,00 bulunmuştur. P değeri 0,05'ten küçük olduğu için veri setinin normal dağılıma uymadığı görülmektedir. Bu nedenle logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Verilerin normal dağılıma yaklaşması sağlanarak analiz yapılmış ve variogram modeli olarak üssel model belirlenmiştir. Variogram grafiği Şekil 4.16'de verilmiştir.



Şekil 4.16. Alınabilir fosfor (mg kg<sup>-1</sup>) içeriği için isotropik variogram grafiği

Modelde yapısal uzaklık 477 m, külçe etkisi 0,0010 ve eşik değeri 0,3980 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Alınabilir fosfor içeriği için isotropik variogram göstergeleri

Özellik	Model	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	A (m)	R <sup>2</sup>	RSS
P	Üssel	0,0010	0,3980	477	0,950	2,710E-04

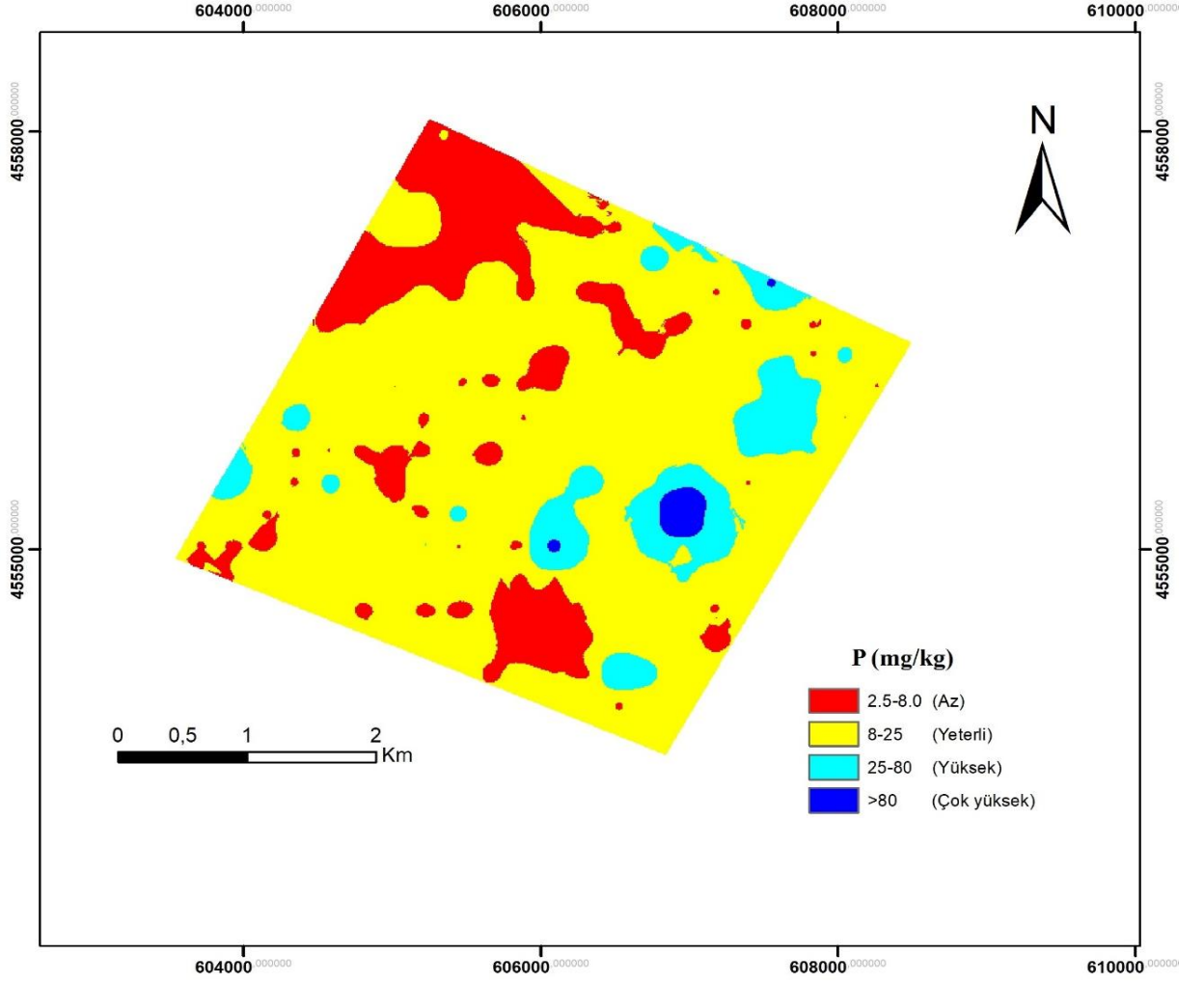
Nugget (C<sub>0</sub>) / Sill (C<sub>0</sub>+C) oranı mekânsal bağımlılığı vermektedir. Bu oranın %25'in altında olması yüksek, %25-75 arasında olması orta ve %75'in üzerinde olması ise zayıf mekânsal bağımlılığın olduğunu göstermektedir (Cambardella vd. 1994). Bu çalışmada alınabilir fosfor 0,0025 (%0,25) oranı ile yüksek mekânsal bağımlılık göstermektedir.

Yöntemlerin karşılaştırılması için oluşturulan haritalara ait tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin ortalama hatalar karekökü (RMSE) kriterleri kullanılmıştır. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri

	IDW	OK	SK
RMSE	26,159	26,551	<b>25,305</b>
ME	0,026	0,029	<b>3,419</b>

Değerlendirme sonucunda belirlenen SK yöntemi ile dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.17). Dağılım haritası incelendiğinde araştırma alanının alınabilir P içerikleri bakımından genel olarak kuzey-doğu yönünde bir yoğunlaşma olduğu görülmektedir. Ancak lokal olarak görülen yüksek miktardaki P içeriğinin farklı gübreleme işlemleri nedeniyle olduğu tahmin edilmektedir. Yapılan çeşitli çalışmalarda, Trakya topraklarında yoğun tarımsal faaliyetler nedeni ile yapılan gübrelemelerden kaynaklanan P birikimi olduğu belirtilmektedir. Çalışma alanında bazı bölümlerde P içeriğinin düşük olduğu görülse de bu durumun nedeni olarak daha önce söz edilen ve Silivri bölgesinin genel özelliği olan dalgalı topoğrafya ve bunun sonucu ortaya çıkan eğim gösterilebilir.



Şekil 4.17. Alınabilir P içeriği dağılım haritası

#### 4.2.7. Alınabilir Potasyum (K)

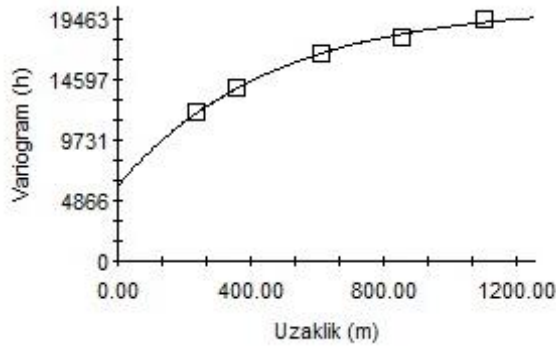
Araştırma alanından alınan toprak örnekleri içerdikleri alınabilir potasyum kapsamalarına göre sınıflandırılmış ve dağılımları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Buna göre toprakların %1'i potasyum içeriği yönünden çok fazla, %34'ü fazla, %53'ü yeterli, %9'u az ve %3'i çok az sınıfa girmektedir.

Çizelge 4.26. Toprak örneklerinin alınabilir potasyum içeriklerine göre dağılımı

Alnabilir K		Toprak sayısı	Dağılımı (%)
Değeri (mg kg <sup>-1</sup> )	Sınıfı		
<50	Çok az	8	3
50-100	Az	20	9
100-300	Yeterli	127	53
300-1000	Fazla	82	34
>1000	Çok fazla	3	1

Toprak örneklerinin alınabilir potasyum miktarı 30,40 mg kg<sup>-1</sup> ile 1678,96 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup ortalaması 279,26 mg kg<sup>-1</sup> dir. Standart sapması 177,31 ve varyasyon katsayısı ise %63,49'dır. Varyasyon katsayısına göre yüksek derecede değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.1).

Normalite testi sonucu P değeri 0,00 bulunmuştur. P değeri 0,05'ten küçük olduğu için veri setinin normal dağılıma uymadığı görülmektedir. Bu nedenle karekök dönüşüm uygulanmıştır. Verilerin normal dağılıma yaklaşması sağlanarak analiz yapılmış ve variogram modeli olarak üssel model belirlenmiştir. Variogram grafiği Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18. Alnabilir K (mg kg<sup>-1</sup>) içeriği için isotropik variogram grafiği

Modelde yapısal uzaklık 1377 m, külçe etkisi 6080,0 ve eşik değer 20520,0 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Alınabilir potasyum içeriği için isotropik variogram göstergeleri

Özellik	Model	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	A (m)	R <sup>2</sup>	RSS
K	Üssel	6080,0	20520,0	1377	0,997	115115,0

Nugget (C<sub>0</sub>) / Sill (C<sub>0</sub>+C) oranı mekânsal bağımlılığı vermektedir. Bu oranın %25'in altında olması yüksek, %25-75 arasında olması orta ve %75'in üzerinde olması ise zayıf mekânsal bağımlılığın olduğunu göstermektedir (Cambardella vd. 1994). Bu çalışmada alınabilir potasyum 0,30 (530) oranı ile orta mekânsal bağımlılık göstermektedir.

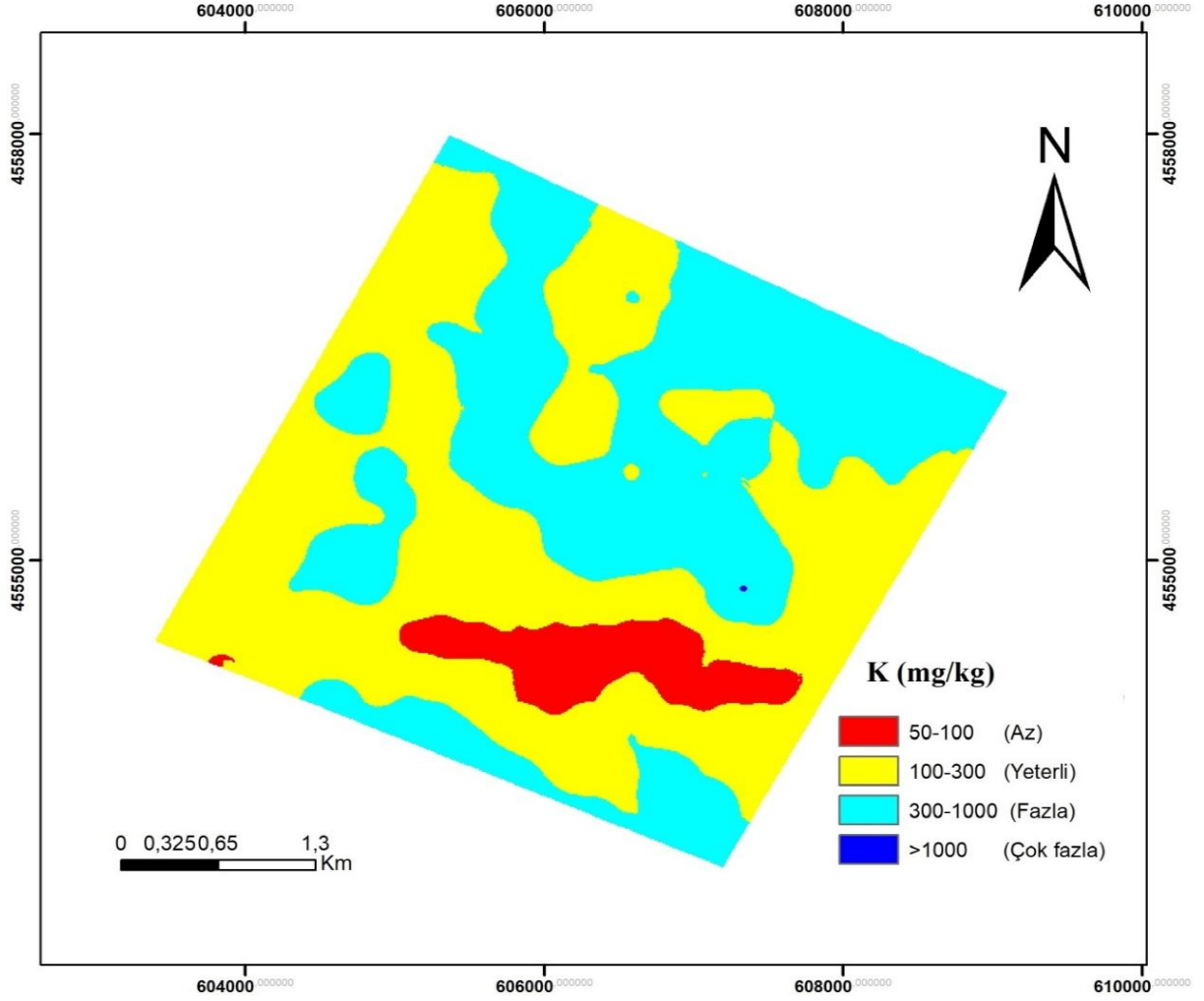
Yöntemlerin karşılaştırılması için oluşturulan haritalara ait tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin ortalama hatalar karekökü (RMSE) kriterleri kullanılmıştır. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Yöntemlere ait RMSE ve ME değerleri

	IDW	OK	SK
RMSE	165,927	<b>169,124</b>	23150,62
ME	2,517	<b>1,063</b>	23139,43

Değerlendirme sonucunda belirlenen OK yöntemi ile dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.19). Dağılım haritasına göre araştırma alanının K içerikleri genel olarak “yeterli ve fazla” olarak dağılım göstermiştir. Ancak harita incelendiğinde araştırma alanının güney bölümünde toprakların K içeriklerinin bir hat halinde “az” düzeyde olduğu görülmektedir. Bu bölümdeki K yetersizliğinin yapılan tarımsal faaliyetler ve ana materyalden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kil içeriğinin yüksek olduğu topraklarda genel olarak K noksanlığının görülmediği, toprakta bulunan K un bitkiler için yeterli olduğu ifade edilmektedir (Aydeniz, 1985). Korelasyon analizine göre toprakların K içerikleri ile kil miktarları arasında %5 düzeyinde önemli ve pozitif bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 4.3).





Şekil 4.19. Alınabilir potasyum içeriği dağılım haritası

### 4.3. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği Modeli

Kalite parametrelerinin birbiri içerisinde değerlendirilmesi analitik hiyerarşik süreç doğrultusunda uzman görüşleri ile yapılmıştır. Her bir parametre için ağırlık değerleri belirlenerek dağılım haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan tüm haritalar 'weighted sum' aracı ile tek bir haritada toplanarak sürdürülebilir toprak verimliliği modeli oluşturulmuştur. AHS ile oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.29'da, her bir parametreye ait ağırlık değeri Çizelge 4.30'da verilmiştir.

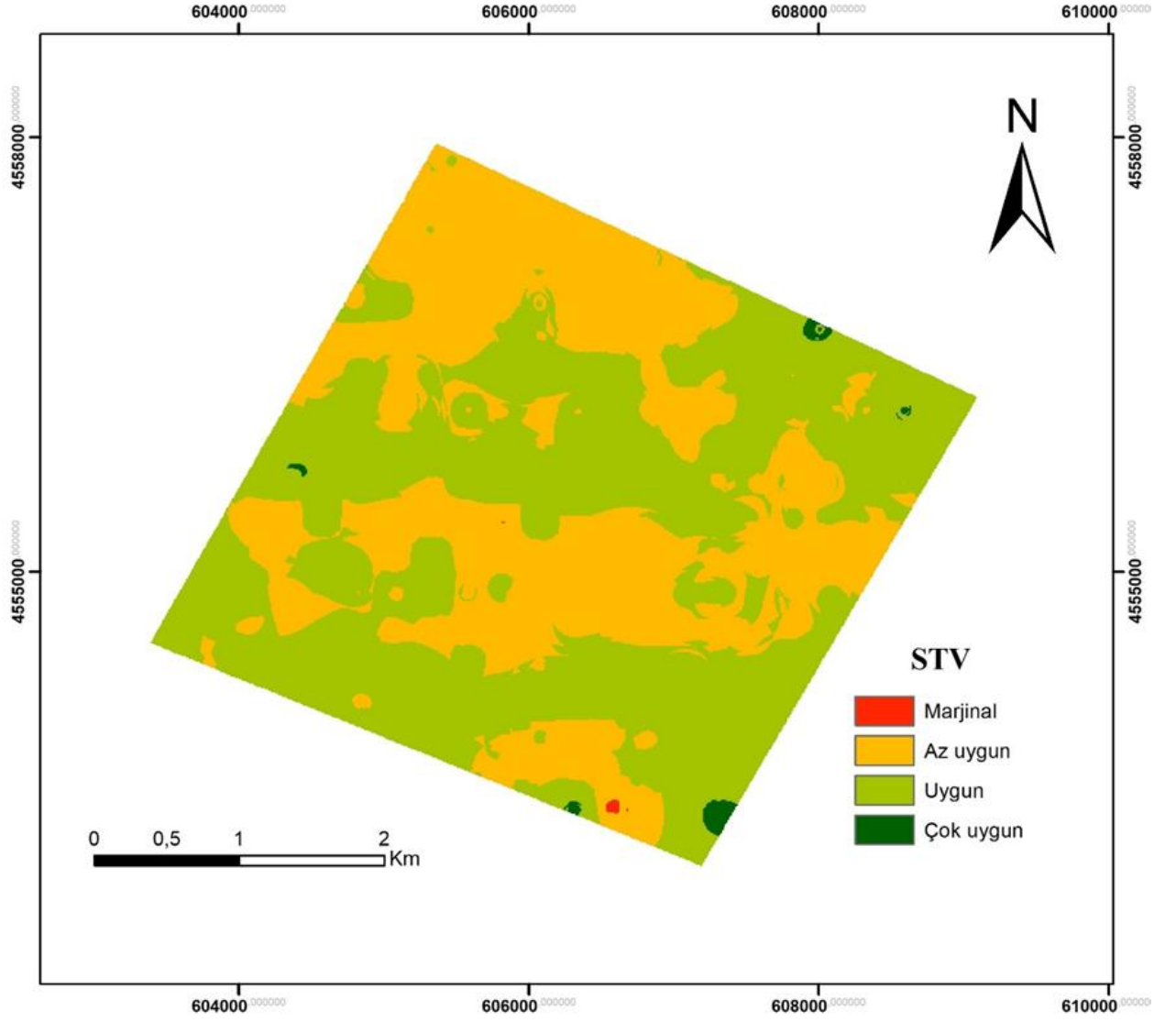
Çizelge 4.29. İkili karşılaştırma matrisi

Ölçüt	Bünye	pH	EC	Kireç	OM	P	K
Bünye	1	3	5	4	2	6	7
pH	1/3	1	3	2	1/2	4	5
EC	1/5	1/3	1	1/2	1/4	2	3
Kireç	1/4	1/2	2	1	1/3	3	4
OM	1/2	2	4	3	1	5	6
P	1/6	1/4	1/2	1/3	1/5	1	2
K	1/7	1/5	1/3	1/4	1/6	1/2	1

Çizelge 4.30. Parametrelerin ağırlık değerleri

Parametre	Ağırlık Değeri	Tutarlılık Oranı (CI)
Bünye	0,386	%4
pH	0,140	
EC	0,093	
Kireç	0,066	
Organik madde	0,225	
P	0,050	
K	0,040	

Sürdürülebilir toprak verimliliği modeline ait dağılım haritası Şekil 4.20’de ve belirlenen STV sınıfları ve dağılımı Çizelge 4.31’de verilmiştir.



Şekil 4.20. STV modeli dağılım haritası

Çizelge 4.31. Çalışma alanı STV sınıfları ve dağılımı

Sınıf	Aralık	Alan	
		ha	%
Çok Uygun	1,00-1,16	0,46	0,03
Uygun	0,70-1,00	516,61	32,73
Az Uygun	0,50-0,70	1059,20	67,12
Marjinal	0,43-0,50	1,87	0,12
<b>TOPLAM</b>		<b>1578,14</b>	<b>100,00</b>

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma ile araştırma alanına ait toprak kalite parametreleri (bünye, pH, EC, kireç organik madde, alınabilir fosfor ve alınabilir potasyum) değerlendirilmiştir. Yersel değişkenliğin haritalandırılabilmesi amacıyla farklı jeostatistiksel yöntemler karşılaştırılmış ve belirlenen yöntemlerle haritalandırma işlemleri tamamlanmıştır. Alanı temsil eden 240 adet toprak örneğinde gerçekleştirilen analizler sonucunda yöntemler belirlenmiş ve dağılım haritaları oluşturulmuştur. Sürdürülebilir toprak verimliliği modelinin elde edilebilmesi için uzman görüşleri doğrultusunda analitik hiyerarşik süreç ile hesaplanan ağırlık değerleri ArcGIS'te 'weighted sum' aracı ile tek bir haritada toplanmıştır. Oluşturulan model ile araştırma alanının sürdürülebilirliğine dair tespitlerde bulunulmuştur.

Laboratuvar analiz sonuçları doğrultusunda yapılan tanımlayıcı istatistikler neticesinde elde edilen varyasyon katsayısı, değişkenliğin ifadesidir. Toprak değişkenliği az derecede değişken, orta derecede değişken ve yüksek derecede değişken olarak sınıflandırılmıştır. Tanımlayıcı istatistiksel analizler değerlendirildiğinde; pH %5,15 ile en düşük varyasyon katsayısına, alınabilir fosfor %168,52 ile en yüksek varyasyon katsayısına sahiptir. Algür Avcı (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, bu çalışmanın sonuçlarına paralel olarak en düşük VK değerinin pH sonuçlarında, en yüksek VK değerinin ise alınabilir P sonuçlarında elde edilmiştir. Ayrıca Denton vd. (2017) tarafından Oyo eyaletinde sürdürülebilir tarımsal üretim amacıyla yapılan çalışma sonucunda da varyasyon katsayısı alınabilir fosfor ve potasyum için çok yüksek, pH için düşük olarak belirlenmiştir.

Dağılımın simetrikliğinin ölçüsü olan çarpıklık katsayısı, EC için 13,74 ile en yüksek değer olmuştur. Çarpıklık katsayısı pozitif olarak belirlenen kum, silt, EC, kireç, organik madde, alınabilir fosfor ve alınabilir potasyum değerleri sağa yatık dağılım gösterirken, çarpıklık katsayısı negatif olarak belirlenen kil ve pH değerleri sola yatık dağılım göstermiştir.

Basıklık katsayısı dağılımın yüksekliğinin ölçüsüdür. Tanımlayıcı istatistik analizleri sonucunda en yüksek basıklık değeri EC için 203,91 olarak belirlenmiştir. Basıklık katsayısı  $\pm 2$  arasında değerler aldığı normal olarak kabul edilmektedir. Kum, kil, silt, kireç ve organik madde değerleri normal dağılım gösterirken kalan parametreler yayvan bir dağılım göstermiştir. Bu çalışmaya benzer olarak Sağlam (2008) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da en yüksek çarpıklık ve basıklık değeri EC için belirlenmiştir.

Kolmogorov-Smirnov testi ile normalite analizi gerçekleştirilmiştir. Normal dağılım göstermeyen parametrelere logaritmik veya karekök dönüşüm işlemi uygulanmıştır. Böylece oluşturulan haritaların hata değerinin düşürülmesi sağlanmıştır. Analiz edilen parametrelerden kum ve organik madde değerleri normal dağılım gösterirken kil, silt, pH, EC, kireç, alınabilir fosfor ve alınabilir potasyum değerleri normal dağılımdan sapma göstermiştir.

Örnek çiftleri arasındaki konumsal bağımlılığın modellenmesi amacıyla variogram analizleri gerçekleştirilmiştir. Her bir parametre için yapılan analizler sonucunda kum, silt ve EC parametrelerinin dağılım haritalarının oluşturulmasında küresel model kullanılırken, diğer parametrelerde üssel model kullanılmıştır.

Kalite parametrelerine ait külçe varyansı incelendiğinde en küçük değer (0,001) alınabilir fosfor için belirlenmiştir. Trangmar, Yost, Wade, Uehara ve Sudjadi (1987) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada kum, kil, pH ve değişebilir katyonlar için düşük olarak belirlenen külçe varyansı, kullanılan örnekleme planının bu parametrelerin mekânsal bağımlılığını tanımlamak için yeterli olduğu şeklinde açıklanmıştır. Eşik değer ise en düşük değer olarak 0,022 ile organik maddede belirlenmiştir.

Ayrıca, ideal yöntemin belirlenmesi amacı ile toprak biliminde yaygın olarak kullanılan IDW ve kriging yöntemleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda belirlenen yöntemler ile dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Kalite parametrelerine ait RMSE ve ME değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; kum, pH, kireç ve alınabilir potasyum parametreleri için IDW yöntemi en uygun değerleri verirken; kil, silt, EC, organik madde ve alınabilir fosfor parametreleri için SK yönteminin en uygun değerleri verdiği belirlenmiştir. Webster ve Oliver (1993) normal dağılım gösteren izotropik bir tahmin variogramı oluşturabilmek için en az 150 veri gerektiğini, 225 veriden elde edilen değerlerin daha güvenilir olduğu bildirmiştir. Karşılaştırmalar sonucunda; kimi parametrelerde IDW yönteminin öne çıkmasına rağmen, çalışma alanındaki örnek adetlerinin variogram oluşturabilmek için yeterli olduğu görülmektedir. Bu nedenle; dağılım haritalarının oluşturulmasında hatayı en aza indirdiği için diğer yöntemlerden üstün olduğu kabul edilen kriging yöntemleri ile tahminlerin daha doğru yapılabileceği öngörülmüştür ve tüm dağılım haritalarının oluşturulmasında kriging yöntemleri kullanılmıştır.

Variogram analizleri sonucunda belirlenen yapısal uzaklık (A) örnek çiftleri arasındaki yapısal uzaklığı belirtmektedir. Bu uzaklığın dışındaki örneklerin birbiriyle korelasyonu yoktur ve birbirinden bağımsız kabul edilmektedirler. Toprak kalite parametrelerine (bünye, pH, EC, kireç organik madde, alınabilir fosfor ve alınabilir potasyum) ait yapısal uzaklık, örnekleme aralığından (250 m) daha büyük değerler almış ve sırasıyla 489 m, 297 m, 478 m, 354 m, 362 m, 309 m, 828 m, 477 m ve 1377 m olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi her bir parametreye ait A değeri birbirinden farklıdır. Değerlendirmeye alınan toprak örneklerinin; yüksek oranda aynı toprak tekstürüne sahip, tümü Vertisol büyük toprak grubu üzerinde bulunan ve benzer tarım yapılan bir arazide yer almasına rağmen yapısal uzaklık değeri oldukça değişkenlik gösterebilmektedir. Tarım alanlarının büyüklüğü ve dolayısıyla içerebileceği farklılıklar düşünüldüğünde ideal örnekleme aralığına dair net bir mesafenin belirlenemeyeceği görülmektedir. Diğer taraftan çalışma alanı için bir genelleme yapmak gerekirse tüm toprak özellikleri yaklaşık 300 m'lik örnekleme aralığında birbirleriyle konumsal olarak bağımlı bulunmuştur. Bu sonuç, tüm toprak özellikleri için konumsal mesafeyi tanımlamada 300 m'lik örnekleme aralığının uygun olduğunu göstermiştir. Esas olan, arazi çalışmaları esnasında araştırmacının yapacağı gözlemlere dayanarak, sorunlu olduğu gözlemlenen alanların ve analiz sonuçları doğrultusunda belirlenen farklılıkların ayrıca (etraflica) değerlendirilmesidir.

### **Sürdürülebilir Toprak Verimliliği Modeli**

Oluşturulan model değerlendirildiğinde çalışma alanının yaklaşık 1/3'ü (%32,76) “uygun ve çok uygun”, kalan kısmın ise hemen hemen tümü (%67,12) “az uygun” sınıfta yer almaktadır. STV için uygun olmayan alanların oranı sadece %0,12'dir. Çalışma alanının toprak kalite sınıflarının belirlenmesinde arazinin dalgalı topoğrafyasının ve arazi içinde kış aylarında nispeten aktif, yaz aylarında ise kuruyan Fener ve Bezinceçatağı derelerinin aşındırma etkisinin rol oynadığı düşünülmektedir. Şekil 3.4' de verilen “çalışma alanı DEM haritası” arazi içindeki aşınmayı açık bir şekilde göstermektedir. Özellikle kireç dağılım haritası incelendiğinde (Şekil 4.13), DEM haritasındaki aşınma izlerine paralel olarak kireç içeriklerinin arttığı görülmektedir. Bu durum, topraklarda meydana gelen aşınmanın alt katmanlarda bulunan kirecin yüzeye çıkmasına neden olduğunu göstermektedir. Eğim haritası ile karşılaştırıldığında (Şekil 3.2), haritada az kireçli olarak belirlenen bölgelerin genel olarak düz ve düze yakın alanlarda bulunduğu görülmektedir.

STV modeli dağılım haritasının elde edilmesinde en önemli faktörlerden birisi toprak bünyesidir. Çalışma alanı tamamı ile Vertisol topraklardan oluşmaktadır ve kil içerikleri %24,88 ile %60,36 arasında değişmektedir. Bu noktalardan 57 tanesinde (yaklaşık %25) kil içeriği %50 den yüksektir. Alınan toprak örneklerinin yaklaşık %90'ı kil (C) bünyeye sahiptir. Çalışma alanının son derece yüksek kil içeriğine sahip olması, bu toprakların uygunluk sınıfını düşürmekte ve çalışma alanında “çok uygun” sınıfın sınırlı kalmasına neden olmaktadır. Şekil 3,5’de verilen toprak haritasına göre çalışma alanının büyük bir kısmı II. sınıf topraklardan oluşmaktadır. Yüksek kil içeriklerinin yanında arazi eğimi de bu toprakların sınıf atlayarak II. sınıf topraklar olarak değerlendirilmelerine neden olmuştur. Bu sınıflandırmalara paralel olarak çalışma alanının hemen hemen tamamı STV için “az uygun ve uygun” sınıfına dahil olmuştur.

Esas olarak STV modelinin elde edilmesinde hiçbir faktör tek başına etkili değildir. Analiz sonuçlarının noktasal olarak değerlendirilmesi yapıldığında bünye, pH ve OM kapsamının bu dağılımda çok daha etkili olduğu görülmektedir. STV modeli dağılım haritasında “uygun” sınıfta görülen alanların, organik madde dağılım haritasında “orta” düzeyde organik madde içeren bölgelerle benzerlik göstermesi buna örnek olarak gösterilebilir.

Çalışma alanının yaklaşık 2/3’ünün “az uygun” sınıfta bulunduğu bölgede tarımsal faaliyetleri sınırlandıran faktörlerin dikkate alınması önemlidir. Bölgenin özellikle kil içeriği yüksektir. Yüksek kil içeriğine sahip alanda, çoğunlukla buğday-ayçiçeği münavebesi yapılmakta ve bu nedenle olumsuz etkileri çok fazla görülmemektedir. Ancak bu topraklar birçok meyve türü için uygun olmayan özelliklere sahiptirler. Yüksek kil içeren bu topraklar aşırı su tutması nedeni ile meyve ağaçlarına zarar verir ve kök çürüklüğü yapar. Kayısı, badem, antepfıstığı gibi derin köklü ağaçlar killi topraklardan hoşlanmadığı gibi, fazla nem kayısı, şeftali ve kirazların zamk hastalığına tutulmasına neden olabilir (Sarı, Altunbaş, Yıldırım, 2000). Örnekleme sırasında araştırma alanında bazı noktalarda görülen meyve bahçelerindeki olumsuz görüntüler bunu desteklemektedir. Çalışma alanının büyük bir kısmı nötr ve orta alkali sınıfta olduğundan pH bakımından bir sorun görülmemektedir. Sadece 9 noktada hafif asit pH değerleri bulunmuştur. Gübreleme programları bu pH değerlerine dikkat edilerek oluşturulmalıdır. Çalışma alanında kireç ve tuzluluk bakımından bir sorun bulunmamaktadır. Toprakların P içeriklerinin yaklaşık yarısı “yeterli” (%55) sınıfta bulunmuştur. Alandan alınan sadece 30 örnekte (%12,5) P içeriği “yüksek ve çok yüksek”

bulunmuştur. Çalışma alanı topraklarının yaklaşık yarısı P bakımından yeterlidir. Ancak her ne kadar topraklarda P içerikleri yeterli ve fazla olsa da toprakların alkali pH' sı, yüksek kil ve kireç kapsamı P'un kuvvetle tutulmasına ve bağlanmasına neden olduğundan bitkiler için yararlılığı da son derece azalmaktadır. (Aydeniz, 1985). Bu nedenle her ne kadar çalışma alanında P miktarı genel olarak yeterli düzeyde görülse de bu faktörler dikkate alınarak P'lu gübrelemelerin yapılması önemlidir. Killi toprakların K içerikleri genel olarak yüksektir (Aydeniz, 1985). Toprakların K içeriklerine kil miktarı büyük ölçüde etki etse de kil tipi, toprak pH'sı, değişebilir şekilde tutulan diğer katyonların cins ve miktarları, toprak havalanması vb. etkenler de yararlılığı üzerine etkili olmaktadır. Toprakların toplam K içerikleri killi topraklarda yüksek olmasına rağmen sadece %0,1-2 kadarı kolay yararlanılabilir K sınıfındadır (Kacar ve Katkat, 2010). Araştırma alanı topraklarının büyük bir kısmı kil tekstüre sahiptir ve bu nedenle bu toprakların K içeriklerinin yüksek olması beklenir. Nitekim araştırma alanı topraklarının K içerikleri büyük ölçüde yeterli (%53) ve fazla (%34) sınıfındadır. Ancak potasyum içeriği dağılım haritası incelendiğinde güney yönünde bir hat halinde K noksanlığı bulunan bir bölge belirlenmiştir. Yukarıda sayılan etkenlerin yanında çalışma alanının dalgalı bir topoğrafyaya sahip olması nedeni ile meydana gelen erozyon ve ayrıca özellikle yağışlı dönemlerde aktif olan küçük derelerin aşındırma etkisi ile toprakların özelliklerini kaybetmesi bu alanların K içeriklerine olumsuz etki ettiği tahmin edilmektedir. Çalışma alanında yapılacak gübreleme işlemlerinde bu bölgelerin dikkate alınarak K'lu gübrelerin gübreleme programına alınması uygun olacaktır. Toprakların organik madde içerikleri Trakya'nın genelinde olduğu gibi bu alanda da çoğunlukla az ve çok az düzeydedir. Topraklara uygun dozlarda organik gübre hem yüksek kilden dolayı bozuk olan fiziksel özelliklerin düzenlemesi, hem de başta P ve K olmak üzere besin elementlerini bitkilere sağlaması açısından uygun olacaktır.



## KAYNAKLAR

- Akbulak, C. (2010). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile Yukarı Kara Menderes Havzası'nın arazi kullanımını uygunluk analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(2), 557-576. 14 Ekim 2019, <https://docplayer.biz.tr/681948-Analitik-hiyerarshi-sureci-ve-cograf-bilgi-sistemleri-ile-yukari-kara-menderes-havzasi-nin-ara-zi-kullanimi-uygunluk-analizi.html>.
- Aksoy, K. (2018). *Jeoistatistiksel yöntemler kullanarak bir mermer yatağındaki seleksiyonların değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akıncı, H., Özalp, A.Y. ve Turgut, B. (2012, Ekim 16-19). *AHP yöntemi ile tarıma uygun alanların belirlenmesi*. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumunda sunulan bildiri, Zonguldak. Erişim adresi: [http://uzalcbs.org/wp-content/uploads/2016/11/2012\\_064.pdf](http://uzalcbs.org/wp-content/uploads/2016/11/2012_064.pdf)
- Algür Avcı, S. (2019). *Yoğun tarımsal üretimin yapıldığı Yukarı Dicle Havzasında toprak kalitesinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt.
- Andrews, S.S. ve Carroll, C.R. (2001). Designing a soil quality assessment tool for sustainable agroecosystem management. *Ecological Applications*, 11(6), 1573-1585.
- Anil, K., Kuhad, M.S., Grewal, MS., Dahiya, I.S. ve Kumar, A. (1996). Evaluation of spatial variation in some soil properties of alluvial plains. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 10(1), 21-30.
- Anonim (1987). İstanbul ili arazi varlığı. TOKB. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, No: 34, Ankara
- Anonim (2008). *Toprak ve arazi sınıflaması standartları teknik talimatı ve ilgili mevzuat*. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara
- Anonim (2014). *Tarım arazilerinin sürdürülebilir kullanımı çalışma grubu raporu*. T.C. Kalkınma Bakanlığı, Tarım Özel İhtisas Komisyonu, Onuncu Kalkınma Planı, Erişim adresi: [http://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2018/10/10\\_TarimArazilerininSurdurulebilirKullanimiCalismaGurubuRaporu.pdf](http://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2018/10/10_TarimArazilerininSurdurulebilirKullanimiCalismaGurubuRaporu.pdf)

- Anonim (2016). Türkiye İhracatçılar Meclisi tarım raporu, 2016. Türkiye İhracatçılar Meclisi. Erişim adresi [https://www.tim.org.tr/files/downloads/Raporlar/Tarim\\_Raporu\\_2017.pdf](https://www.tim.org.tr/files/downloads/Raporlar/Tarim_Raporu_2017.pdf).
- Anonim (2020). *Silivri Coğrafyası*. Erişim adresi <https://www.silivri.bel.tr/>
- Ardahanlıoğlu, O., Öztas, T., Evren, S., Yılmaz, H. ve Yıldırım, Z.N. (2003). Spatial variability of exchangeable sodium, electrical conductivity, soil pH and boron content in salt- and sodium-affected areas of the Iğdır plain (Turkey). *Journal of Arid Environments*, 54, 495–503.
- Aydın, O., Türkoğlu, N. ve Çiçek, İ. (2015). Fiziki coğrafyada jeostatistiğin önemi. *International Journal of Human Sciences*, 12(2), 1397-1415.
- Bahar, E. (2014). *Marmara Bölgesi Trakya Bölümü topraklarının kuraklık hassasiyet analizi*. (Doktora Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Başaran, M., Özcan, A.U. ve Erpul, G. (2006, 22-26 May). *Spatial and seasonal variability soil salinity in a Spruce Nursery Garden experimental site irrigated with low quality water*. 18<sup>th</sup> International Soil Meeting on Soil Sustaining Life on Earth. Managing Soil and Technology Proceedings, volume I., Şanlıurfa- Turkey.
- Başbozkurt, H., Öztaş, T., Karabrahimoğlu, A., Gündoğan, R. ve Genç, A. (2013). Toprak özelliklerinin mekânsal değişim desenlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. *Atatürk Univ., J. of the Agricultural Faculty*, 44 (2), 169-181.
- Başkan, O. (2004). *Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik- fiziksel özellik ilişkilerinde jeostatistik uygulaması*. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Başkan, O. ve Dengiz, O. (2008). Comparison of traditional and geostatistical methods to estimate soil erodibility factor. *Arid Land Research and Management*, 22, 29-45.
- Baxter, S.J. ve Oliver, M.A. (2005). The spatial prediction of soil mineral N and potentially available N using elevation. *Geoderma*, 128, 325-339.
- Bayar, R. (2018). Arazi kullanımını açısından Türkiye’de tarım alanlarının değişimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(2), 187-200.

- Bayram, M., Günal, N. ve Özgöz, E. (2015). Sürdürülebilir toprak işleme yöntemlerinin belirlenmesinde toprak kalitesinin önemi. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3), 337-346.
- Bhnia, G.S., Shit, P.K. ve Maiti, R. (2016). Comparison of GIS-based interpolation methods for spatial distribution of soil organic carbon (SOC). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 8(10). 18 Eylül 2019, <https://www.scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2138708>
- Black, C.A. (1965). *Methods of soil analysis*. Part 2, Chemical and microbiological properties. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin.
- Budak, M., Günal, H., Çelik, İ., Acir, N. ve Sırrı, M. (2018). Dicle Havzası toprak özelliklerinin yersel değişimlerinin jeoistatistik ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve haritalanması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5, 103-115.
- Buscaglia, H.J. ve Varco, J.J. (2003). Comparison of sampling designs in the detection of spatial variability of Mississippi Delta soils. *Soil Science Society of America Journal*, 67(4), 1180-1185.
- Chang, Y.H., Scrimshaw, M.D., Emmerso, R.C.H. ve Lester, J.N. (1998). Geoistatistical analysis of sampling uncertainty at the Tollesburg Managed Retreat Site in Blacwater Estuary, Essex, UK kriging and co-kriging approach to minimise sampling density. *Science of the Total Environment*, 221(1), 43-57.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen D.L., Turco R.F. ve Konopka, A.E. (1994). Field scale variability soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society America Journal*, 58, 1501-1511.
- Çetin, M. ve Özcan, H. (1997, 5-8 Haziran). *Tarsus Ovası toprakları kil içeriklerinin optimum haritalama tekniği ile haritalanması*. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildiriler Kitabı, 603-611.
- Dahiya, I.S., Dahiya, D.J., Shanwal, A.V., Laura, R.D. ve Agrawal, R.P. (1990). Geostatistical analysis of temporal variation in water content of sand dune soils. *International Journal of Tropical Agriculture*, 8(1), 54-65.

- Davarpanah, S., Bonab, S.H. ve Khodaverdizadeh, M. (2016). Assessment and comparison of sustainable agriculture approach using a combination of AHP and TOPSIS. *International Academic Journal of Economics*, vol:3, No:9, 7-18. ISSN 2454-2474.
- Dedeoğlu, M. ve Dengiz, O. (2018). Coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilen çok kriterli karar destek analiz yaklaşımı kullanılarak arazi uygunluk sınıflarının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*,13 (2), 60-72.
- Delin, S. (2005). *Site-specific nitrogen fertilization demand in relation to plant available soil nitrogen and water, potential for prediction based on soil characteristics*. (Doctoral Thesis), Swedish University of Agricultural Faculty, Sweden.
- Dengiz, O. ve Sarıoğlu, F.E. (2013). Arazi değerlendirme çalışmalarında parametrik bir yaklaşım olan doğrusal kombinasyon tekniği. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 19, 101-112.
- Dengiz, O. ve Özyazıcı, M.A. (2016). Çeltik tarımına uygun alanların belirlenmesinde çok kriterli arazi değerlendirme. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(1), 19-28
- Dengiz, O. ve İmamoğlu, A. (2016, 13-14 Ekim). *Arazi kullanımı/arazi örtüsüne bağlı olarak toprak erozyon duyarlık faktörünün konumsal değişiminin farklı enterpolasyon yöntemler kullanarak belirlenmesi*. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumunda sunulan bildiri, Ankara. Erişim adresi: [http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2016/12/Int\\_semp\\_AK9.pdf](http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2016/12/Int_semp_AK9.pdf)
- De Lima, A.C.R. (2007). *Soil quality assessment in rice production systems*. (PhD thesis), Wageningen University, The Netherlands.
- Denton, O.A., Aduramigba-Modupe, V.O., Ojo, A.O., Adeoyolanu, O.D., Are, K.S., Adelana, A.O., Oyedele, A.O., Adetayo, A.O. ve Oke, A.O. (2017). Assessment of spatial variability and mapping of soil properties for sustainable agricultural production using geographic information system techniques (GIS). *Cogent Food & Agriculture*, 3: 1279366. <http://dx.doi.org/10.1080/23311932.2017.1279366>.
- Dey, P., Karwariya, S. ve Bhogal, N. S. (207). Spatial variability analysis of soil properties using geospatial technique in Katni District of Madhya Pradesh, India. *International Journal of Plant & Soil Science*, 17(3), 1-13, 2017. doi: 10.9734/IJPSS/2017/34219.
- Dinç, U., Şenol, S., Kapur, S., Atalay, İ. ve Cangir, C. (1993). *Türkiye toprakları*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Adana

- Doğru, A.Ö., Keskin, M., Özdoğu, K., İliev, N., Uluğtekin, N.N., Bektaş Balçık, F., Göksel, Ç. ve Sözen, S. (2011, 31 Ekim-04 Kasım). *Meteorolojik verilerin değerlendirilmesi ve sunulması için enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması*. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongreside sunulan bildiri, Antalya. Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/61139019-Meteorolojik-verilerin-degerlendirilmesi-ve-sunulmasi-icin-enterpolasyon-yontemlerinin-karsilastirilmesi.html>
- Doran, J. W. ve Parkin, T. B. (1994). *Defining soil quality for a sustainable environment* (Special publication 35). Soil Science Society of America, Inc. Wisconsin: Madison.
- Doran, J.W. (2002). Soil health and global sustainability: translating science into practice, agriculture. *Ecosystems and Environment*, 88, 119–127.
- Duffera, M., White, J.G. ve Weisz, R. (2007). Spatial variability of Southeastern U.S. Coastal plainsoil physical properties: implications for site-specific management. *Geoderma*, 137 (2207), 327-339.
- Ennaji, W., Barakat, A., El Baghdadi, M., Oumenskou, H., Aadraoui, M., Karroum L.A. ve Hilali, A. (2018). GIS-based multi-criteria land suitability analysis for sustainable agriculture the northeast area of Tadla Plain (Morocco). *J. Earth Syst. Sci.*, 127, 79. doi.org/10.1007/s12040-018-0980-x
- Erşahin, S. ve Brohi, A.R. (2005). Spatial variation of soil water content in topsoil and subsoil of a typic ustifluent. *Agricultural Water Management*, 83(2), 79–86.
- FAO (1990). *Micronutrient, assessment at the country level: an international study*. FAO Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa. Rome.
- Gee, G.W. ve Bauder, J.W. (1986). *Methods of Soil Analysis*. Particle-size analysis, Part 1- Physical and Mineralogical Methods, Second Edition, SSSA Book Series: 5, p. 383–411, Madison: Wisconsin.
- Goovaerts, P. (1998). Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biology and Fertility of Soils*, 27, 315-334.
- Goovaerts, P. (1999). Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma*, 89, 1-45.
- Gökçe Gündüzoğlu, H.A. ve Çukur, H. (2019). Küçük Menderes Havzası'nın tarımsal alan kullanım durumu. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 95(7), 386-409.

- Gökmen, F. (2011). *Toprak işleme yöntemlerinin toprak kalitesine etkisinin değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Gürbüz, M.A., Kayalı, E., Bahar, E. ve Öz, T.A. (2018). *Trakya yöresi topraklarının bitki besin maddesi ve potansiyel toksik element kapsamının belirlenmesi, veri tabanının oluşturulması ve haritalandırılması*. TC. Tarım ve Orman Bakanlığı, Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, TAGEM Sonuç raporu no:2018-1, Kırklareli.
- Hamlett, J.M., Horton, R. ve Cressie, N.A.C. (1986). Resistant and exploratory techniques for use in semivariogram analysis. *Soil Science Society of American Journal*, 50, 868-875.
- Isaaks, E.H. ve Srivastava, R.M. (1989). *An introduction to applied geostatistics*. New York: Oxford University Press.
- İmamoğlu, M.Z., Sertel, E., Kurucu, Y. ve Örmeci, C. (2011, Kasım 22-25). *Jeoistatistik yöntemler kullanılarak farklı toprak özelliklerine ait haritaların oluşturulması ve CBS ile analizi*. II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresinde sunulan bildiri, Bildiriler kitabı cilt:1, 421-427, Ankara.
- Jagadamma, S., Lal, R., Hoef, R.G., Nafziger, E.D. ve Adee, E.A. (2008). Nitrogen fertilization and cropping system impacts on soil properties and their relationship to crop yield in the central corn belt, USA. *Tillage Research*, 98, 120-129.
- Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K. ve Lucas, N. (2001). *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. ESRI Press: Redlands, CA.
- Journel, A.G. ve Huijbregts, C.H.J. (1991). *Mining geostatistics*. Academic Press: London.
- Kacar, B. ve Katkat, V. (2010). *Bitki besleme*. Nobel yayınları: Ankara.
- Kahsay, A., Haile, M., Gebresamuel, G. ve Mohammed, M. (2018). Land suitability analysis for sorghum crop production in northern semi-arid Ethiopia: application of GIS-based fuzzy AHP approach. *Cogent Food & Agriculture*, 4:1507184, 23 Ekim 2019, <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1507184>.
- Karabulut, A. ve Ünver, İ. (2012). Çukurova’da alüvyal bir tarım arazisinde bazı toprak verimlilik parametrelerinin jeostatistiksel modellemesi. *Toprak Su Dergisi*, 1(2), 71-81.

- Kesen, H.K. (2018). *Hassas tarımda jeoistatistik yöntemler kullanılarak toprak özelliklerinin tahmin edilmesi ve haritalanması; Harran Ovası Cullap Sulama Birliği alanı örneği*. (Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Keyes, D., Cannon, K. ve Kryzanowski, L. (2000). Spatial relationships between soil fertility parameters and ecological landforms. *Proceedings of the 36th Annual Alberta Soil Science Workshop*, Calgary, Alberta
- Knudsen, D., Peterson, G.A. ve Pratt, P. (1982) Lithium, Sodium and Potassium. In: Page, A.L., Ed., *Methods of Soil Analysis*, American Society of Agronomy, Madison, 225-246.
- Konuk, A. (2011). *Coğrafi bilgi sistemleri için temel istatistik*. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları no: 2326. ISBN 978-975-06-1000-4.
- Korkmaz, K. ve İbrikçi, H. (2010). Kireçli topraklarda fosfor dinamiğinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(1), 44-52.
- Kuşat, N. (2013). Yeşil sürdürülebilirlik için yeşil ekonomi: avantaj ve dezavantajları-Türkiye incelemesi. *Yaşar Üniversitesi Dergisi*, 29 (8), 4895-4916.
- Larson, W.E. ve Pierce, F.J. (1994). The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, & B.A. Stewart (eds.), *soil quality for a sustainable development* (Special publication 35), pp. 37-51. Soil Sci. Soc. Am., Wisconsin: Madison.
- Lilja, H. ve Nevalainen, R. (2007). Developing a digital soil map for Finland. *Digital soil mapping: an introductory perspective*. Springer: Amsterdam.
- Liu, D., Wang, Z., Zhang, B., Song, K., LI, X., Li, J., Li, F. and Duan, H. (2006). Spatial distribution of soil organic carbon and analysis of related factors in croplands of the black soil region, Northeast China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113, 73-81.
- Loeppert, R.H. ve Suarez, D.L. (1996). Carbonate and gypsum. *Methods of soil analysis*. Part 3. Chemical methods. SSSA Book Ser. 5. SSSA and ASA, Ed: D.L. Sparks Madison, WI. 437-474.

- Lopez Granados, F., Jurado Eksposito, M., Atenciano, S., Garcia-Ferrer, A., Sanchez, M.ve Garcia-Torres, A. (2002). Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. *Plant and Soil*, 246, 97–105.
- McBratney, A.B. ve Webster, R. (1986). Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Journal of Soil Science*, 37, 617-639.
- MGM (2020). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=ISTANBUL>
- Mollavelioğlu, Ő. (2009). *Sürdürülebilir tarımın ölçümü ve Türkiye açısından değerlendirilmesi*. (Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- MTA (2006). Trakya Bölgesi litostratigrafi birimleri. Stratigrafi komitesi litostratigrafi birimleri serisi-2, Ankara.
- Muhammad Saleh, A. (2018). Spatial variability mapping of some soil properties in Jadwal Al\_Amir Project/Babylon/Iraq. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, vol:46, 1481-1495, 15 Eylül 2019, <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12524-018-0795-x>.
- Mulla, D.J. ve Mc Bratney, A.B. (2002). Soil spatial variability, *Soil physics companion*, 343-370. Washington: CRC Press.
- Nelson, D.W. ve Sommers, L.E. (1996). Total carbon, organic carbon and organic matter. *Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods*, 961-1010. Madison Wisconsin.
- Olsen, S.R. ve Sommers, E.L. (1982). Phosphorus, *Methods of Soils Analysis, Part II., Chemical and Microbiological Properties*, p. 404-430.
- Ongun, A.R. (2008) *Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin jeostatistiksel yöntemlerle uzaysal değişkenliğinin saptanması*. (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Onions, C.T. (1964). The shorter oxford English dictionary, Oxford:Clarendon Pres.
- Ortaş, İ. ve Berkman, A. (1995, 27-29 Eylül). *Jeostatistiksel tekniklerin toprak biliminde (yersel değişkenliğin arazide) kullanımı*. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumunda sunulan bildiri, cilt 1, 281-288, Ankara.



- Özgül, N. (2011). *İstanbul il alanının jeolojisi. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü*. Erişim adresi [http://ibb.gov.tr/tr-TR/SubSites/DepremSite/Documents/%C4%B0STANBUL%20%C4%B0L%20ALANI%20JEOLOJ%C4%B0S%C4%B0%20Y%C3%96NET%C4%B0C%C4%B0%20%C3%96ZET%C4%B0\\_2013.pdf](http://ibb.gov.tr/tr-TR/SubSites/DepremSite/Documents/%C4%B0STANBUL%20%C4%B0L%20ALANI%20JEOLOJ%C4%B0S%C4%B0%20Y%C3%96NET%C4%B0C%C4%B0%20%C3%96ZET%C4%B0_2013.pdf)
- Öztaş, T. (1995, 27-29 Eylül). *Jeostatistiğin toprak bilimindeki önemi ve uygulanışı*. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumunda sunulan bildiri, cilt 1, 271-280, Ankara.
- Öztaş, T. (1997). Toprak degradasyonu. *Ekoloji*, 22, 31-33.
- Öztaş, T. (2002, 10-13 Haziran). *Assessment of soil quality*. International Conference on Sustainable Land Use and Management, 484-485, Canakkale.
- Richards, L.A. (1954). *Diagnosis and improvements saline and alkali soils*. U.S. Dept. Agr. Handbook 60.
- Roy, J. ve Saha, S. (2018). Assessment of land suitability for the paddy cultivation using analytical hierarchical process (AHP): A study on Hinglo River Basin, Eastern India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4, 601–618. doi.org/10.1007/s40808-018-0467-4
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, ISBN 0-07-054371-2, USA Springer-Verlag.
- SAATY, T.L. (2008). Decision Making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83-98. 12 Ekim 2019, [https://www.researchgate.net/publication/228628807\\_Decision\\_making\\_with\\_the\\_Analytic\\_Hierarchy\\_Process](https://www.researchgate.net/publication/228628807_Decision_making_with_the_Analytic_Hierarchy_Process)
- Sağlam, M. (2008). *Gökhöyük Tarım İşletmesinde yaygın toprak serilerinde bazı kalite göstergelerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle incelenmesi*. (Doktora tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sağlam, M.T., Bahtiyar, M., Cangir, C. ve Tok, H.H. (1993). *Toprak bilimi*. İstanbul: Anadolu Matbaası.
- Sarı, M., Altunbaş, S. ve Yıldırım, M. (2000). *Göller yöresinde kurutulmuş kestel göl alanından kazanılan arazilerin özelliklerinin belirlenmesi*. Çevre Bakanlığı, Çevre Koruma Genel Müdürlüğü Araştırma Raporu, Ankara.

- Saygan, E.P. ve Aydemir, S., (2016). Harran ovası kireçli killi toprak özellikleri üzerine antepfıstığı dış kabuğu biyokömür uygulamasının etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20 (4), 301-312.
- Schlichting, E. ve Blume, H.P. (1966). *Bodenkundliches praktikum*. Verlag Paul Paney, Hamburg und Berlin, 121-125.
- Soil Survey Staff (1993). *Soil survey manual*. United States Department of Agriculture, Handbook No.18, Washington D.C.
- SPSS (2009). *SPSS for Windows*. Student Version. Release 13. USA: Spss Inc IL
- Sun, B., Zhoub, S. ve Zhao, O. (2003). Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. *Geoderma*, 115, 85-99.
- Süenal, S., Dikmen, Ü., Erşahin, S., Aşkın, T., Özenç, D. B., Tarakçıoğlu, C., Korkmaz, K., Aşkın, T. ve Kutlu, T. (2018). Orta Karadeniz Bölgesi KolüvyalAlüvyal Topraklarında Bazı Kimyasal Toprak Özelliklerinin Uzaysal Değişkenliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 6(1), 61-66.
- Şener Güzel, G. (2017). *Harran Ovası topraklarının bazı özelliklerinin jeostatistiksel (Kriging-Method) yöntemle belirlenerek haritalanması*. (Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Taşan, M. ve Demir, Y. (2017). Çeltik yetiştiriciliği yapılan arazilerde demir ve mangan içeriklerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32.
- Taşova, H., Akın, A. (2013). Marmara bölgesi topraklarının bitki besin maddesi kapsamalarının belirlenmesi, veri tabanının oluşturulması ve haritalanması. *Toprak Su Dergisi* 2(2), 83-95.
- Tercan, A.E. ve Saraç, C. (1998). Maden yataklarının değerlendirilmesinde jeostatistiksel yöntemler. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, No 48, 137s.
- Townsend, M.A. ve Young, D.P. (1997). Nitrate in kansas ground water. *Kansas Geological Survey, Public Information Circular*, no. 14.
- Trangmar, B.B., Yost, R.J., Wade, M.K. ve Uehara, G. (1985). Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, 38, 65-91.

- Trangmar, B.B., Yost, R.S., Wade, M.K., Uehara, G. ve Sudjadi, M. (1987). Spatial variation of soil properties and rice yield in recently cleared land. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 51, 668-674.
- Turgut, B. ve Öztaş, T. (2012). Bazı toprak özelliklerine ait yersel değişimin jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7 (2), 10-22.
- TÜİK (2018). Konularına göre istatistikler. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001)
- Uyguçgil, H. (2007). *Çok değişkenli maden yataklarında rezerv tenör tahmininde jeoistatistik ve coğrafi bilgi sistemleri tekniklerinin kullanımı*. (Doktora Tezi), Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Üçoş, Z. (2017). Silivri şehrinin yerleşme tarihi ve mesken özellikleri. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 35, 110-121.
- Vieira, S.R., Hatfield, J.L., Nielsen, D.R. ve Biggar, J.W. (1983). Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 51(3); 1-75.
- Vitharana, U.W.A., Van Meirvenne, M., Cockx, L. ve Bourgeois, J. (2006). Identifying potential management zones in a layered soil using several sources of ancillary information. *Soil Use and Management*, 22, 405-413.
- Warrick, W. ve Myers, D. E. (1987). Calculations of error variances with standardized variograms. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 51, 265-268.
- Webster, R. ve Burgess, T.M. (1980). Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties III. changing drift and universal kriging. *Journal of Soil Science*, 31, 505-524.
- Webster, R. ve Oliver, M.A. (1993). How large a sample is needed to estimate the regional variogram adequately? *Geostatistics Troia '92*, 155-166.
- Yalew, S.G., van Griensven, A., Mul, M.L. ve van der Zaag, P. (2016). Land suitability analysis for agriculture in the Abbay basin using remote sensing, GIS and AHP Model. *Earth Syst. Environ.*, 2:101. doi:0.1007/s40808-016-0167-x.
- Yaprak, S. (2007). *Kriging yönteminin geoit yüzeyi modellemesinde kullanılabilirliğinin araştırılması ve varolan yöntemlerle karşılaştırılması*. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- Yeşilirmak, E., Anaç, S. ve Solow, R. (2009, 02-06 Kasım). *Büyük menderes akarsuyunda tuzluluğun mekansal değişimi*. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, İzmir.
- Yetgin, B. (2004). *Toprak fiziksel özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle analizi*. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Yetgin, B., Erşahin, S., Kutlu, T. ve Günal, H. (2006, 22-26 May). *Spatial variability of some soil physical properties: effect of sampling*. 18<sup>th</sup> International Soil Meeting on Soil Sustaining Life on Earth, Managing Soil and Technology Proceedings, Volume I., Şanlıurfa- Turkey.



## EKLER

### EK 1. Toprak örneklerinin analiz sonuçları

Örnek No	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye sınıfı	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)	Org. mad. (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )
1	30,40	22,00	47,60	C	7,57	0,10	1,06	2,03	10,57	354,74
2	20,40	24,00	55,60	C	7,56	0,92	0,90	3,59	15,34	361,62
3	24,40	26,00	49,60	C	7,25	0,08	1,06	0,50	16,71	284,66
4	34,40	22,00	43,60	C	7,72	0,07	1,29	1,05	5,28	283,42
5	32,40	20,00	47,60	C	7,65	0,07	1,06	2,34	16,65	362,67
6	28,40	24,36	47,24	C	7,35	0,08	0,78	3,74	14,71	289,70
7	26,40	22,36	51,24	C	7,62	0,07	3,91	1,49	7,09	462,02
8	28,40	20,36	51,24	C	6,64	0,08	0,01	1,48	9,48	254,54
9	26,40	22,36	51,24	C	6,58	0,06	0,01	1,54	7,97	223,84
10	26,40	18,36	55,24	C	7,02	0,07	0,67	1,73	4,59	221,01
11	32,40	22,36	45,24	C	7,48	0,09	0,90	2,10	59,53	530,57
12	31,12	16,00	52,88	C	6,53	0,11	0,01	1,79	32,76	274,99
13	35,12	18,00	46,88	C	7,54	0,08	0,86	1,97	12,25	289,34
14	27,12	26,00	46,88	C	7,56	0,08	6,22	2,00	9,47	305,12
15	25,12	22,00	52,88	C	7,57	0,08	5,09	2,14	13,03	483,22
16	37,12	18,00	44,88	C	7,70	0,09	1,84	1,91	12,67	328,09
17	37,12	16,00	46,88	C	6,51	0,06	0,01	1,77	8,94	201,73
18	43,12	32,00	24,88	L	7,56	0,06	12,62	1,58	4,83	67,51
19	23,12	22,00	54,88	C	7,68	0,07	3,32	1,69	3,21	292,74
20	25,12	22,00	52,88	C	7,65	0,08	3,24	1,80	4,81	367,68
21	33,64	19,00	47,36	C	6,18	0,06	0,01	1,65	11,75	204,62
22	35,00	18,64	46,36	C	7,46	0,08	1,76	2,04	8,41	180,16
23	33,64	20,00	46,36	C	7,50	0,09	0,98	1,89	8,17	323,68
24	29,64	22,00	48,36	C	7,33	0,08	0,59	2,04	6,26	225,38

**EK 1. Toprak örneklerinin analiz sonuçları (devam)**

Örnek No	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye sınıfı	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)	Org. mad. (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )
25	37,08	14,56	48,36	C	7,59	0,09	3,95	2,30	18,19	566,01
26	37,64	22,00	40,36	C	7,68	0,07	3,60	1,75	5,60	258,80
27	25,64	22,00	52,36	C	7,42	0,08	0,63	2,18	8,10	370,47
28	27,64	26,00	46,36	C	7,58	0,07	6,37	2,54	6,07	305,06
29	33,64	24,00	42,36	C	7,58	0,07	1,45	2,22	6,08	161,78
30	27,64	22,00	50,36	C	7,56	0,09	1,17	2,44	8,05	70,34
31	25,64	32,00	42,36	C	7,55	0,08	2,31	2,51	5,85	56,58
32	26,64	23,00	50,36	C	7,79	0,07	3,13	2,29	4,47	63,59
33	28,00	19,64	52,36	C	7,60	0,08	1,33	2,22	8,33	106,98
34	30,00	19,64	50,36	C	7,28	0,08	0,70	2,37	18,47	51,50
35	36,00	19,64	44,36	C	7,49	0,06	2,77	2,23	10,42	40,88
36	28,00	21,64	50,36	C	7,74	0,07	4,22	2,16	10,87	32,42
37	30,00	19,64	50,36	C	7,59	0,07	3,83	2,29	7,05	42,64
38	22,00	21,64	56,36	C	7,61	0,07	3,05	1,95	7,36	69,30
39	36,00	25,64	38,36	CL	7,53	0,06	2,31	2,10	19,77	86,66
40	34,00	23,64	42,36	C	7,45	0,08	5,67	2,24	9,18	196,12
41	27,64	22,36	50,00	C	7,57	0,08	1,25	1,95	19,08	201,62
42	29,64	34,36	36,00	CL	7,66	0,06	10,55	2,43	14,85	155,93
43	27,64	36,36	36,00	CL	7,54	0,06	9,68	2,01	12,11	98,29
44	21,64	24,36	54,00	C	6,74	0,09	1,06	1,92	19,09	85,07
45	37,64	24,36	38,00	CL	7,58	0,07	3,84	1,61	12,31	104,58
46	31,64	22,36	46,00	C	7,59	0,06	3,92	1,74	9,11	106,89
47	33,64	26,36	40,00	C	7,66	0,06	7,65	1,98	6,00	94,77
48	34,64	23,36	42,00	C	7,59	0,07	2,67	2,03	7,06	88,00

**EK 1. Toprak örneklerinin analiz sonuçları (devam)**

Örnek No	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye sınıfı	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)	Org. mad. (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )
49	35,64	18,36	46,00	C	7,64	0,07	4,82	2,17	8,91	109,00
50	35,64	6,00	58,36	C	7,39	0,14	2,27	2,02	13,19	115,38
51	25,64	22,00	52,36	C	7,78	0,09	7,18	2,27	8,69	126,47
52	34,40	20,36	45,24	C	7,36	0,07	1,49	1,85	30,30	96,98
53	30,40	20,36	49,24	C	7,34	0,07	1,69	1,87	8,51	88,57
54	22,40	22,00	55,60	C	7,26	0,10	0,63	2,35	11,42	62,17
55	22,40	20,00	57,60	C	7,65	0,08	1,49	2,10	6,17	108,39
56	24,40	20,00	55,60	C	7,44	0,08	1,65	1,96	6,69	139,07
57	28,40	22,00	49,60	C	7,39	0,07	1,02	1,67	6,15	150,25
58	32,40	22,00	45,60	C	7,53	0,07	4,28	1,82	8,42	99,45
59	30,40	24,00	45,60	C	7,65	0,11	4,31	2,00	23,58	106,11
60	30,40	20,00	49,60	C	7,40	0,07	1,33	2,07	10,04	112,00
61	30,40	24,00	45,60	C	7,55	0,07	3,30	1,58	9,39	41,41
62	22,40	24,00	53,60	C	7,48	0,07	0,51	1,65	25,71	30,40
63	26,40	22,00	51,60	C	7,52	0,07	0,63	1,48	7,13	36,38
64	42,76	17,64	39,60	C	7,55	0,08	3,77	1,41	8,32	68,03
65	28,76	17,64	53,60	C	7,59	0,08	0,63	1,73	5,97	54,46
66	38,76	21,64	39,60	C	7,21	0,15	4,20	1,49	109,38	55,02
67	40,76	15,64	43,60	C	5,84	0,05	0,01	1,56	26,19	42,01
68	34,76	19,64	45,60	C	6,72	0,07	0,01	1,45	8,43	33,58
69	36,76	15,64	47,60	C	5,80	0,07	0,01	1,38	32,28	51,83
70	34,76	18,64	46,60	C	7,06	0,07	0,47	1,38	16,48	96,66
71	34,76	17,64	47,60	C	6,56	0,08	0,01	1,60	29,62	287,73
72	26,76	23,64	49,60	C	7,47	0,07	0,67	1,59	13,56	201,99

**EK 1. Toprak örneklerinin analiz sonuçları (devam)**

<b>Örnek No</b>	<b>Kum (%)</b>	<b>Silt (%)</b>	<b>Kil (%)</b>	<b>Bünye sınıfı</b>	<b>pH</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>Org. mad. (%)</b>	<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>K (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
73	41,64	20,00	38,36	CL	7,32	0,06	0,55	1,81	24,78	192,18
74	31,64	22,00	46,36	C	6,58	0,06	0,01	1,81	16,05	179,11
75	27,64	22,00	50,36	C	7,48	0,08	6,94	2,31	7,16	281,73
76	34,64	21,00	44,36	C	7,54	0,07	1,65	1,57	8,25	372,96
77	33,64	24,00	42,36	C	7,84	0,10	4,79	1,77	24,01	227,23
78	37,64	20,00	42,36	C	7,58	0,06	0,86	1,79	11,57	554,32
79	45,64	24,00	30,36	SCL	7,42	0,08	8,67	1,79	8,88	194,50
80	29,64	32,00	38,36	CL	7,56	0,06	6,36	2,22	5,30	183,50
81	31,64	23,00	45,36	C	7,21	0,09	0,51	1,64	34,11	352,40
82	45,64	22,00	32,36	SCL	7,50	0,07	1,49	2,00	14,87	309,97
83	32,36	25,64	42,00	C	7,53	0,08	2,43	1,51	7,60	234,60
84	32,36	19,64	48,00	C	6,99	0,08	0,01	1,54	39,00	306,79
85	36,36	19,64	44,00	C	7,60	0,07	1,10	1,47	11,27	224,85
86	30,36	22,64	47,00	C	6,74	0,06	0,01	1,47	22,69	243,86
87	40,36	17,64	42,00	C	6,12	0,07	0,01	2,02	29,56	209,79
88	32,36	19,64	48,00	C	7,18	0,09	0,71	2,04	368,23	1678,96
89	38,36	19,64	42,00	C	7,42	0,08	0,94	1,60	32,56	236,18
90	34,36	17,64	48,00	C	6,96	0,07	0,47	1,72	17,25	190,46
91	36,36	21,64	42,00	C	6,76	0,07	0,01	2,04	18,50	246,13
92	38,36	21,64	40,00	C	6,73	0,07	0,01	2,23	59,79	283,15
93	32,36	21,64	46,00	C	7,51	0,08	5,21	1,81	9,85	225,79
94	36,36	21,64	42,00	C	7,54	0,07	0,89	1,97	6,79	205,69
95	34,00	25,64	40,36	C	7,42	0,08	5,22	2,23	35,47	572,17
96	30,00	19,64	50,36	C	7,58	0,08	4,90	1,93	9,09	434,50



**EK 1. Toprak örneklerinin analiz sonuçları (devam)**

<b>Örnek No</b>	<b>Kum (%)</b>	<b>Silt (%)</b>	<b>Kil (%)</b>	<b>Bünye sınıfı</b>	<b>pH</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>Org. mad. (%)</b>	<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>K (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
97	28,00	25,64	46,36	C	7,60	0,11	4,08	1,68	5,53	233,38
98	38,00	25,64	36,36	CL	7,19	0,14	1,69	1,64	12,79	185,53
99	36,00	19,64	44,36	C	7,49	0,06	0,47	1,59	8,58	202,47
100	36,00	21,64	42,36	C	7,43	0,07	0,59	1,71	11,17	296,49
101	28,00	19,64	52,36	C	7,65	0,09	1,73	1,50	11,78	311,91
102	34,00	25,64	40,36	C	7,51	0,08	8,12	1,37	16,75	415,13
103	34,00	21,64	44,36	C	7,08	0,11	0,63	1,16	41,89	446,99
104	32,00	19,64	48,36	C	7,16	0,08	0,47	0,92	16,71	375,43
105	38,00	19,64	42,36	C	7,59	0,07	1,24	1,43	13,97	224,07
106	38,00	19,64	42,36	C	7,42	0,10	0,47	1,35	38,18	404,89
107	33,64	19,64	46,72	C	7,41	0,08	0,67	1,13	10,31	269,71
108	29,64	21,64	48,72	C	7,57	0,08	2,55	1,44	6,97	264,79
109	27,64	23,64	48,72	C	7,47	0,07	0,47	0,98	7,71	288,23
110	27,64	23,64	48,72	C	6,19	0,06	0,01	1,35	18,31	241,45
111	31,64	23,64	44,72	C	7,55	0,10	4,44	1,35	13,29	264,61
112	29,64	21,64	48,72	C	7,68	0,07	4,73	1,14	5,99	214,61
113	41,64	21,64	36,72	CL	7,57	0,07	2,28	1,42	7,36	190,42
114	33,64	21,64	44,72	C	7,43	0,08	2,62	1,51	5,48	215,07
115	27,64	21,64	50,72	C	7,61	0,08	0,47	1,33	7,05	346,96
116	29,64	25,64	44,72	C	7,65	0,07	2,96	1,25	7,27	234,91
117	31,64	23,64	44,72	C	7,68	0,07	1,67	1,49	8,73	250,34
118	27,64	23,64	48,72	C	7,78	0,07	9,40	1,21	3,53	226,12
119	43,64	21,64	34,72	CL	7,59	0,09	3,43	1,49	11,27	324,30
120	31,64	23,64	44,72	C	7,65	0,09	2,41	1,71	12,25	309,41

**EK 1. Toprak örneklerinin analiz sonuçları (devam)**

<b>Örnek No</b>	<b>Kum (%)</b>	<b>Silt (%)</b>	<b>Kil (%)</b>	<b>Bünye sınıfı</b>	<b>pH</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>Org. mad. (%)</b>	<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>K (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
121	37,64	21,64	40,72	C	7,59	0,07	0,51	1,62	11,37	320,83
122	37,64	21,64	40,72	C	7,48	0,07	0,97	1,68	10,62	312,80
123	35,64	19,64	44,72	C	7,44	0,11	0,66	2,15	20,05	602,62
124	31,64	23,64	44,72	C	7,60	0,09	1,56	2,36	12,35	323,29
125	35,64	19,64	44,72	C	7,66	0,08	1,01	2,00	9,04	252,82
126	43,64	17,64	38,72	CL	5,77	0,04	0,01	1,71	31,74	195,60
127	29,64	24,64	45,72	C	7,47	0,07	0,58	1,92	26,61	280,52
128	33,64	21,64	44,72	C	6,67	0,05	0,01	1,76	26,03	254,79
129	37,64	17,64	44,72	C	6,93	0,08	0,01	2,59	41,87	351,66
130	41,64	19,64	38,72	CL	7,61	0,06	7,08	2,32	9,41	151,88
131	29,64	17,64	52,72	C	7,66	0,09	3,62	2,23	22,81	472,36
132	33,64	21,64	44,72	C	7,73	0,09	4,48	2,13	12,89	283,82
133	31,64	21,64	46,72	C	7,59	0,07	0,86	1,85	6,47	290,97
134	27,64	25,64	46,72	C	7,01	0,07	0,51	2,03	18,54	306,25
135	27,64	25,64	46,72	C	7,77	0,08	6,03	2,57	17,13	503,45
136	34,64	26,64	38,72	CL	7,74	0,07	7,54	2,14	7,33	332,20
137	27,28	22,00	50,72	C	7,53	0,09	6,69	2,89	22,54	556,77
138	33,28	24,00	42,72	C	7,64	0,07	9,21	2,06	8,18	118,83
139	37,28	28,00	34,72	CL	7,72	0,06	0,51	2,31	18,01	613,76
140	45,28	22,00	32,72	CL	7,65	0,05	1,32	1,86	15,99	224,35
141	23,28	20,00	56,72	C	7,27	0,10	0,89	1,43	17,77	266,78
142	27,64	19,64	52,72	C	7,47	0,09	0,47	1,74	16,43	261,27
143	31,64	19,64	48,72	C	7,50	0,09	0,66	1,47	35,95	393,01
144	45,64	17,64	36,72	SC	5,64	0,05	0,01	1,38	29,47	200,11

**EK 1. Toprak örneklerinin analiz sonuçları (devam)**

<b>Örnek No</b>	<b>Kum (%)</b>	<b>Silt (%)</b>	<b>Kil (%)</b>	<b>Bünye sınıfı</b>	<b>pH</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>Org. mad. (%)</b>	<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>K (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
145	37,64	21,64	40,72	C	7,34	0,06	0,93	1,96	27,25	334,84
146	25,64	25,64	48,72	C	7,64	0,07	1,47	1,93	7,57	203,84
147	37,64	25,64	36,72	CL	7,64	0,08	6,22	2,28	10,08	175,67
148	37,64	21,64	40,72	C	7,52	0,08	5,17	2,47	16,34	255,98
149	31,64	17,64	50,72	C	7,66	0,08	0,01	2,19	16,24	270,33
150	27,64	19,64	52,72	C	7,70	0,08	3,81	2,21	7,61	279,73
151	35,64	23,64	40,72	C	7,40	0,07	0,93	2,13	16,02	284,45
152	31,64	19,64	48,72	C	7,55	0,08	2,10	1,95	7,38	407,91
153	33,64	29,64	36,72	CL	7,47	0,07	2,28	2,20	6,57	296,00
154	33,64	25,64	40,72	C	7,33	0,07	0,66	1,87	7,55	147,79
155	41,64	21,64	36,72	CL	7,50	0,06	2,02	1,86	6,01	145,16
156	29,64	21,64	48,72	C	7,40	0,08	2,25	2,03	14,97	557,89
157	31,64	21,64	46,72	C	7,48	0,08	0,78	2,08	13,03	353,78
158	39,64	19,64	40,72	C	6,27	0,05	0,01	1,51	17,46	280,86
159	25,64	25,64	48,72	C	7,38	0,11	2,29	2,16	14,39	551,94
160	31,64	23,64	44,72	C	7,21	0,09	1,43	2,46	12,34	221,51
161	29,64	23,64	46,72	C	7,33	0,07	0,66	1,03	13,01	304,31
162	37,64	21,64	40,72	C	7,53	0,06	0,01	1,98	35,69	314,08
163	33,64	21,64	44,72	C	6,73	0,08	0,01	2,27	28,61	436,46
164	31,64	21,64	46,72	C	7,53	0,07	2,60	2,17	14,63	258,61
165	29,64	23,64	46,72	C	7,65	0,07	1,94	1,89	7,37	291,89
166	33,64	25,64	40,72	C	7,63	0,09	1,01	1,88	10,39	387,96
167	32,00	19,64	48,36	C	7,30	0,09	0,54	2,03	24,13	385,69
168	36,00	19,64	44,36	C	7,49	0,07	1,28	1,32	8,23	199,83

**EK 1. Toprak örneklerinin analiz sonuçları (devam)**

<b>Örnek No</b>	<b>Kum (%)</b>	<b>Silt (%)</b>	<b>Kil (%)</b>	<b>Bünye sınıfı</b>	<b>pH</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>Org. mad. (%)</b>	<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>K (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
169	29,00	18,64	52,36	C	7,26	0,08	0,39	1,91	10,52	300,81
170	44,00	21,64	34,36	CL	7,66	0,07	2,14	1,13	8,37	239,57
171	22,00	23,64	54,36	C	7,46	0,09	1,13	1,52	12,37	433,78
172	30,00	17,64	52,36	C	7,49	0,06	0,39	1,52	8,73	206,18
173	32,00	31,64	36,36	CL	7,57	0,07	3,34	1,34	4,36	108,54
174	26,00	23,64	50,36	C	7,36	0,09	7,50	2,04	10,24	354,43
175	28,00	25,64	46,36	C	7,61	0,07	1,79	1,82	7,86	217,12
176	30,00	19,64	50,36	C	7,49	0,11	3,66	1,29	6,43	158,82
177	40,00	17,64	42,36	C	7,60	0,07	0,56	1,38	8,53	207,34
178	32,00	23,64	44,36	C	7,41	0,07	6,81	2,07	18,13	299,09
179	36,00	19,64	44,36	C	7,60	0,07	2,41	1,88	11,58	466,85
180	28,00	23,64	48,36	C	7,63	0,06	0,39	1,86	27,81	315,17
181	30,00	25,64	44,36	C	7,36	0,12	7,39	1,55	5,61	208,76
182	38,00	17,64	44,36	C	7,53	0,08	0,47	3,09	32,79	1006,37
183	20,00	19,64	60,36	C	7,40	0,08	6,03	2,75	7,89	422,18
184	38,00	17,64	44,36	C	7,43	0,07	1,32	1,45	5,56	235,59
185	30,92	19,64	49,44	C	7,59	0,07	1,05	2,29	7,48	417,57
186	28,92	17,64	53,44	C	6,44	0,06	0,01	1,78	10,75	234,55
187	36,92	17,64	45,44	C	7,39	0,07	0,47	1,93	16,53	230,25
188	26,92	25,64	47,44	C	7,75	0,01	1,75	1,93	9,37	461,37
189	24,92	19,64	55,44	C	7,54	0,13	1,40	2,54	12,47	734,42
190	24,92	29,64	45,44	C	7,73	0,08	2,57	2,57	8,17	294,45
191	30,92	21,64	47,44	C	7,36	0,08	0,47	2,21	15,80	349,57
192	24,92	19,64	55,44	C	7,36	0,10	1,01	2,57	14,53	408,25

**EK 1. Toprak örneklerinin analiz sonuçları (devam)**

<b>Örnek No</b>	<b>Kum (%)</b>	<b>Silt (%)</b>	<b>Kil (%)</b>	<b>Bünye sınıfı</b>	<b>pH</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>Org. mad. (%)</b>	<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>K (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
193	20,92	19,64	59,44	C	7,46	0,07	0,89	1,53	6,51	338,32
194	22,92	21,64	55,44	C	7,42	0,09	0,39	2,07	8,52	490,39
195	24,92	29,64	45,44	C	7,40	0,08	1,28	1,72	6,05	379,84
196	26,92	23,64	49,44	C	6,93	0,08	0,01	2,05	11,75	304,22
197	22,92	25,64	51,44	C	7,51	0,06	5,56	1,88	4,69	267,67
198	30,92	21,64	47,44	C	7,56	0,07	0,70	1,87	8,65	365,20
199	32,92	25,64	41,44	C	7,60	0,08	0,01	1,76	5,38	270,97
200	34,92	19,64	45,44	C	7,51	0,07	0,47	2,04	9,15	328,87
201	24,92	31,64	43,44	C	7,73	0,06	6,73	1,74	4,99	227,60
202	34,92	19,64	45,44	C	7,59	0,06	1,05	1,62	6,02	305,28
203	30,92	19,64	49,44	C	7,61	0,07	0,51	1,73	8,77	357,77
204	24,92	25,64	49,44	C	7,70	0,07	4,43	1,36	5,02	208,35
205	30,92	23,64	45,44	C	7,48	0,08	0,47	1,89	21,49	680,81
206	24,92	27,64	47,44	C	7,30	0,07	8,40	1,88	5,65	219,70
207	32,92	21,64	45,44	C	7,66	0,07	0,62	1,61	8,90	186,39
208	28,92	27,64	43,44	C	7,59	0,06	1,28	1,56	4,45	178,77
209	30,92	25,64	43,44	C	7,60	0,08	2,06	1,69	6,37	333,47
210	28,92	23,64	47,44	C	7,38	0,08	0,47	1,62	10,17	239,35
211	28,92	21,64	49,44	C	7,35	0,08	0,54	1,97	11,96	299,72
212	28,92	23,64	47,44	C	7,40	0,08	2,22	1,99	6,41	269,50
213	24,92	25,64	49,44	C	7,51	0,07	4,82	2,58	13,18	581,66
214	22,92	19,64	57,44	C	7,33	0,12	8,26	3,04	96,63	1083,07
215	40,20	23,64	36,16	CL	7,66	0,06	6,29	1,42	6,23	170,31
216	40,20	21,64	38,16	CL	7,54	0,06	1,27	1,83	6,59	302,38

**EK 1.** Toprak örneklerinin analiz sonuçları (devam)

<b>Örnek No</b>	<b>Kum (%)</b>	<b>Silt (%)</b>	<b>Kil (%)</b>	<b>Bünye sınıfı</b>	<b>pH</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>Org. mad. (%)</b>	<b>P (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>K (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
217	28,20	19,64	52,16	C	7,69	0,06	0,62	1,35	5,73	232,11
218	32,20	23,64	44,16	C	7,61	0,07	2,16	1,49	4,89	306,29
219	24,20	21,64	54,16	C	6,96	0,08	0,01	1,43	7,26	405,05
220	30,20	27,64	42,16	C	7,55	0,07	2,90	2,13	6,05	202,53
221	30,56	19,28	50,16	C	7,06	0,08	0,39	1,35	13,71	252,27
222	30,56	17,28	52,16	C	7,04	0,07	0,39	1,16	16,83	389,84
223	40,56	19,28	40,16	C	7,64	0,07	4,94	1,14	8,47	207,29
224	36,56	21,64	41,80	C	7,63	0,07	2,32	1,35	39,42	878,44
225	22,56	21,64	55,80	C	6,70	0,07	0,01	1,33	21,59	308,51
226	32,56	25,64	41,80	C	7,59	0,07	1,81	1,32	10,73	298,94
227	36,56	19,64	43,80	C	6,55	0,06	0,01	1,32	11,99	219,26
228	32,56	23,64	43,80	C	7,51	0,06	0,62	1,64	4,73	228,35
229	28,56	23,64	47,80	C	7,42	0,09	0,54	1,57	6,15	295,23
230	28,56	23,64	47,80	C	7,48	0,08	4,44	1,66	8,71	332,38
231	32,56	19,64	47,80	C	7,41	0,07	0,54	1,49	7,40	227,51
232	32,56	19,64	47,80	C	7,04	0,06	0,39	1,29	4,50	163,29
233	32,56	23,64	43,80	C	7,44	0,07	1,54	1,85	6,57	185,70
234	34,56	17,64	47,80	C	7,44	0,08	0,39	1,95	8,44	253,64
235	34,56	23,64	41,80	C	7,57	0,06	3,09	1,41	6,89	296,33
236	24,56	33,64	41,80	C	7,55	0,08	5,95	1,85	7,25	385,54
237	24,56	23,64	51,80	C	7,68	0,09	1,81	1,39	3,51	395,48
238	45,56	18,64	35,80	SC	7,54	0,06	0,46	1,54	4,38	242,76
239	40,56	17,64	41,80	C	7,50	0,07	1,27	1,28	4,89	244,98
240	24,56	23,64	51,80	C	7,45	0,07	3,71	1,79	8,73	373,95

## ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Kırklareli’de doğdu. 2001 yılında Kırklareli Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2002 – 2006 yıllarında Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesinde lisans eğitimini tamamladı. Yüksek Lisans eğitimini Ankara Üniversitesi (2006 – 2009) ile birlikte (Universitat De Leida) İspanya’da (2007 – 2008) Erasmus öğrenci değişim programı kapsamında burslu olarak tamamladı. Yüksek Lisans eğitimi devam ederken APPLUS Agroambiental S.A. / İspanya’da (2008) stajyer Ziraat Mühendisi olarak çalıştı. 2009 – 2012 yılları arasında SGS Supervise Kontrol Servisleri Etüd A.Ş.’de raporlama sorumlusu olarak görev yaptı. Kasım 2012’de Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu Müdürlüğü’nde Ziraat Yüksek Mühendisi olarak göreve başladı. Bitki Besleme ve Toprak Bölümünde görevini sürdürmektedir. İngilizce ve İspanyolca bilmektedir.