

**T.C.  
ORDU ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FINDIK YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN BİR ALANDA TOPRAK  
VERİMLİLİĞİNİN JEOİSTATİSTİKSEL TEKNİKLERLE  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**DERYA ÇAVUŞOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORDU 2016**

## TEZ ONAY

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Derya ÇAVUŞOĞLU tarafından hazırlanan ve Prof. Dr. Tayfun AŞKIN danışmanlığında yürütülen “Fındık Yetiştiriciliği Yapılan Bir Alanda Toprak Verimliliğinin Jeostatistiksel Tekniklerle Değerlendirilmesi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 19/08/2016 tarihinde oy birliği ile Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Tayfun AŞKIN

Başkan Prof. Dr. Coşkun GÜLSER  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

İmza :

Üye : Prof. Dr. Tayfun AŞKIN  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,  
Ordu Üniversitesi

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ferhat TÜRKMEN  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,  
Ordu Üniversitesi

İmza :

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun ..25/08/2016 tarih ve 2016/395..sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü  
Doç. Dr. Kısım KORKMAZ



## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

İmza

Derya ÇAVUŞOĞLU



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

# FINDIK YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN BİR ALANDA TOPRAK VERİMLİLİĞİNİN JEOİSTATİSTİKSEL TEKNİKLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Derya ÇAVUŞOĞLU

Ordu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, 2016  
Yüksek Lisans Tezi, 110 s.

Danışman: Prof. Dr. Tayfun AŞKIN

Toprakların verimlilik durumlarını ve kapasitelerini ortaya koyan parametrelerin bilinmesi, toprakların sürdürülebilir kullanılmasına yönelik uygulamalarda önemlidir. Jeostatistiksel metotların son yıllarda toprak bilimi alanında uygulanması ile bu parametrelerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi mümkün gözükmektedir. Semivaryogram analizi, üzerinde çalışılan toprak özelliğinin uzaysal değişimini belirlemeye; Kriging analizi ise incelenen özelliğin örneklenmeyen nokta veya alanlarda tahmin edilmesine olanak sağlar.

Bu çalışmada, fındık yetiştiriciliği yapılan bir alanın verimlilik durumu, tekstür, hacim ağırlığı, toprak reaksiyonu (pH), tuz içeriği (EC), organik madde içeriği (OM), toplam azot (N), yarayırlı fosfor (P), DTPA ile ekstrakte edilebilir mikroelementler (Fe, Cu, Mn ve Zn) ve değişebilir katyonlar (Ca, Mg, K ve Mg) gibi toprak özelliklerinin uzaysal değişimleri ile ortaya koyulmuştur. Ordu ili Altınordu ilçesi Akçatepe mahallesinde yer alan ve yaklaşık 1.35 ha alan kaplayan bir fındık bahçesinde sistematik örnekleme yapılmıştır.

Çalışmada 56 adet 0-20 cm derinlikten alınmış yüzey toprak örnekleri kullanılmıştır. Toprak örneklerinin söz konusu özellikleri, laboratuvar analiz verileri esas alınarak suretiyle belirlenmiştir. Seçilen özellikler ayrıca haritalanmıştır.

Her bir toprak özelliğine ilişkin varyasyon katsayıları karşılaştırıldığında,  $pH_{1:10}$  en az değişim gösteren, yarayırlı P ise en fazla değişim gösteren özellikler olmuşlardır.

Bu çalışmada sonuç olarak; araştırma alanı topraklarında verimlilik açısından sorun olduğu ve organik madde yönetiminin sağlanması halinde fındık bitkisinde en yüksek verimliliğe ulaşılabileceği söylenebilir. Çalışmada seçilen toprak özelliklerine ait semivaryogramlar, yaklaşık 2.2 m ile 187.5 m etki aralığına sahip bir mesafede uzaysal bağımlılık sergilemişlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak verimliliği, jeostatistik, uzaysal değişim, alana özgü yönetim, fındık bahçesi

## ABSTRACT

### EVALUATION OF SOIL FERTILITY STATUS WITH GEOSTATISTICAL TECHNIQUES IN A HAZELNUT ORCHARD

Derya ÇAVUŞOĞLU

University of Ordu  
Institute for Graduate Studies in Soil Science and Plant Nutrition Department  
2016  
MSc. Thesis, 110 p.

Supervisor: Prof. Dr. Tayfun AŞKIN

Knowledge on soil parameters used to determine soil fertility and capacity of soils is very important for soil sustainable usage. These parameters can be evaluated statistically due to application of geostatistical methods to soil science. Semivariogram analysis is used to determine spatial variability of soil properties and Kriging analysis for determining soil properties at unsampled locations.

The objective of this study was to determine spatial variability of soil fertility status of hazelnut growing field using spatial variability of some soil properties such as: texture, soil reaction (pH), salt content (EC), organic matter content, total nitrogen (N), available phosphorus (P), DTPA-extractable microelements (Fe, Cu, Mn and Zn) and exchangeable cation (Ca, Mg, K and Na). Soil fertility properties at the same transect of different landscape positions in 1.35 ha hazelnut orchard in Ordu-Altınordu-Akçatepe were determined using some soil properties.

Fifty-six surface soil samples (0-20 cm) were collected and analyzed. Selected soil properties were evaluated and mapped using geostatistical techniques.

Comparison of variation coefficient of each soil property revealed that soil reaction (pH<sub>1:10</sub>) was the least variable property while the available phosphorus (P) was the most variable.

The results of this study indicated that almost all soils in the hazelnut orchard area based on soil fertility were “having problems”. Semivariograms for fertility properties exhibited spatial dependence with a range of influence approximately 2.2 m to 187.5 m.

**Key Words:** Soil fertility, geostatistic, spatial variability, site-specific management, hazelnut orchard

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanıp yürütülmesinde değerli gözetimleri, jeoistatistik dersleri ve ilgili bilgisayar programı teminindeki yardımlarından ötürü, danışmanım sayın Prof. Dr. Tayfun AŞKIN'a, araştırma süresince her türlü kolaylığı sağlayan Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Başkanı sayın Prof. Dr. Ceyhan TARAKÇIOĞLU'na, çalışmanın her aşamasında yardımlarını gördüğüm sayın Yrd. Doç. Dr. Ferhat TÜRKMEN'e, çalışmanın sonuna kadar desteğini hiç esirgemeyen bilhassa Araş. Gör. Selahattin AYGÜN'e, Araş. Gör. Mehmet AKGÜN'e ve Araş. Gör. Sezen KULAÇ'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmasını yapmama olanak sağlayan Giresun Üniversitesi Rektörü sayın Prof. Dr. Aygün ATTAR'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca hep yanıma bulunan, her türlü sabrı ve anlayışı gösteren eşim Doç. Dr. Kültiğın ÇAVUŞOĞLU, biricik oğlum Yekta ÇAVUŞOĞLU'na, canım annem Fatma DEMİRCAN, canım babam Mustafa Ali DEMİRCAN ve canım kardeşim Özkan DEMİRCAN'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	III
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	IV
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	V
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	VIII
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	X
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	XIV
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Teorik Bilgiler.....	3
1.1.1. Toprakta Değişkenlik.....	3
1.2. Jeostatistiksel Metotlar.....	4
1.3. Semivaryogram (Uzaklığa bağlı ilişki fonksiyonu).....	4
1.4. Kriging.....	12
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	13
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	25
3.1. Materyal.....	25
3.1.1. Araştırma Alanının Yeri.....	25
3.1.2. Araştırma Alanının İklimi.....	26
3.1.3. Araştırma Alanının Toprakları.....	26
3.2. Yöntem.....	26
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması.....	26
3.2.2. Laboratuvar Analiz Yöntemleri.....	28
3.2.2.1. Mekanik Analiz.....	28
3.2.2.2. Toprak reaksiyonu (pH).....	28
3.2.2.3. Elektriksel İletkenlik (EC).....	28
3.2.2.4. Organik madde (OM).....	28
3.2.2.5. Toplam Azot (N).....	28
3.2.2.6. Bitkiye yararlı Fosfor (P).....	29
3.2.2.7. Kuru Hacim Ağırlığı (KHA).....	29
3.2.2.8. Doğal Hacim Ağırlığı (DHA).....	29

3.2.2.9. Değişebilir Katyonlar (Na, K, Ca ve Mg) .....	29
3.2.2.10. DTPA ile Ekstrakte edilebilir Mikroelemenmler (Fe, Cu, Zn, Mn).....	29
3.2.2.11. Katyon Değişim Kapasitesi (KDK).....	29
3.2.2.12. İstatistiksel Yöntemler .....	29
3.2.2.13. Tanımlayıcı İstatistikler.....	30
3.2.2.14. Jeoistatistik .....	30
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	<b>31</b>
4.1. Toprak Özellikleri .....	31
4.1.1. Toprak Özelliklerinin Jeoistatistiksel Analizi .....	39
4.1.2. Kil.....	39
4.1.3. Silt .....	42
4.1.4. Kum.....	45
4.1.5. Toprak Reaksiyonu .....	48
4.1.5.1. pH <sub>1:1</sub> .....	48
4.1.5.2. pH <sub>1:10</sub> .....	51
4.1.6. Elektriksel İletkenlik .....	54
4.1.6.1. EC <sub>1:1</sub> .....	54
4.1.6.2. EC <sub>1:10</sub> .....	57
4.1.7. Organik Madde (OM).....	59
4.1.8. Toplam Azot (N) .....	62
4.1.9. Yarayırlı Fosfor (P) .....	65
4.1.10. Hacim Ağırlığı (Birim Ağırlığı).....	68
4.1.10.1. Kuru Hacim Ağırlığı (KHA) .....	68
4.1.10.2. Doğal Hacim Ağırlığı (DHA) .....	71
4.1.11. DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Mikroelementler .....	74
4.1.11.1. Demir (Fe).....	74
4.1.11.2. Bakır (Cu) .....	77
4.1.11.3. Mangan (Mn).....	80
4.1.11.4. Çinko (Zn).....	83
4.1.12. Değişebilir Katyonlar .....	86
4.1.12.1. Değişebilir Sodyum (Na) .....	86
4.1.12.2. Değişebilir Potasyum (K).....	89
4.1.12.3. Değişebilir Kalsiyum (Ca) .....	92
4.1.12.4. Değişebilir Magnezyum (Mg).....	94



4.1.13.	Katyon Değişim Kapasitesi (KDK).....	97
4.2.	Araştırma Alanından Alınması Gereken Örnek Sayısı .....	99
<b>5.</b>	<b>SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	101
5.1.	Sonuçlar.....	101
5.2.	Öneriler.....	101
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR</b> .....	102
	ÖZGEÇMİŞ .....	110



## ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1.	Semivaryogram modelleri.....	5
Şekil 1.2.	Örnek bir semivaryogram modeli (spherical model) .....	6
Şekil 1.3.	Eksponensiyel model için etki aralığı .....	7
Şekil 3.1.	Örnekleme noktaları ve uydu görüntüsü.....	25
Şekil 3.2.	Çalışma alanındaki örnekleme düzeni.....	27
Şekil 4.1.	Kil için en uygun semivaryogram modeli.....	40
Şekil 4.2.	Çalışma alanında kil değişimi .....	41
Şekil 4.3.	Silt için en uygun semivaryogram modeli .....	43
Şekil 4.4.	Çalışma alanında silt değişimi.....	44
Şekil 4.5.	Kum için en uygun semivaryogram modeli .....	46
Şekil 4.6.	Çalışma alanında kum değişimi.....	47
Şekil 4.7.	pH <sub>1:1</sub> için en uygun semivaryogram modeli .....	49
Şekil 4.8.	Çalışma alanında pH <sub>1:1</sub> değişimi .....	50
Şekil 4.9.	pH <sub>1:10</sub> için en uygun semivaryogram modeli.....	52
Şekil 4.10.	Çalışma alanında pH <sub>1:10</sub> değişimi.....	53
Şekil 4.11.	EC <sub>1:1</sub> için en uygun semivaryogram modeli.....	55
Şekil 4.12.	Çalışma alanında EC <sub>1:1</sub> değişimi.....	56
Şekil 4.13.	EC <sub>1:10</sub> için en uygun semivaryogram modeli.....	57
Şekil 4.14.	Çalışma alanında EC <sub>1:10</sub> değişimi .....	58
Şekil 4.15.	OM için en uygun semivaryogram modeli .....	60
Şekil 4.16.	Çalışma alanında OM değişimi .....	61
Şekil 4.17.	Toplam N için en uygun semivaryogram modeli .....	63
Şekil 4.18.	Çalışma alanında toplam N değişimi.....	64
Şekil 4.19.	Yarayışlı P için en uygun semivaryogram modeli .....	66
Şekil 4.20.	Çalışma alanında yarayışlı P değişimi.....	67
Şekil 4.21.	KHA için en uygun semivaryogram modeli .....	69
Şekil 4.22.	Çalışma alanında KHA değişimi .....	70
Şekil 4.23.	DHA için en uygun semivaryogram modeli .....	72
Şekil 4.24.	Çalışma alanında DHA değişimi .....	73
Şekil 4.25.	Fe için en uygun semivaryogram modeli.....	75
Şekil 4.26.	Çalışma alanında Fe içeriklerinin değişimi.....	76

<b>Şekil 4.27.</b>	Cu için en uygun semivaryogram modeli .....	78
<b>Şekil 4.28.</b>	Çalışma alanında Cu içeriklerinin değişimi .....	79
<b>Şekil 4.29.</b>	Mangan için en uygun semivaryogram modeli .....	81
<b>Şekil 4.30.</b>	Çalışma alanında Mn içeriklerinin değişimi .....	82
<b>Şekil 4.31.</b>	Zn için en uygun semivaryogram modeli .....	84
<b>Şekil 4.32.</b>	Çalışma alanında Zn içeriklerinin değişimi .....	85
<b>Şekil 4.33.</b>	Değişebilir Na için en uygun semivaryogram modeli .....	87
<b>Şekil 4.34.</b>	Çalışma alanında değişebilir Na içerikleri değişimi .....	88
<b>Şekil 4.35.</b>	Değişebilir K için en uygun semivaryogram modeli.....	90
<b>Şekil 4.36.</b>	Çalışma alanında değişebilir potasyum K içerikleri değişimi .....	91
<b>Şekil 4.37.</b>	Değişebilir Ca için en uygun semivaryogram modeli .....	92
<b>Şekil 4.38.</b>	Çalışma alanında değişebilir Ca değişimi.....	93
<b>Şekil 4.39.</b>	Değişebilir Mg için en uygun semivaryogram modeli .....	95
<b>Şekil 4.40.</b>	Çalışma alanında değişebilir Mg içeriklerinin değişimi .....	96
<b>Şekil 4.41.</b>	KDK için en uygun semivaryogram modeli .....	97
<b>Şekil 4.42.</b>	Çalışma alanında KDK değerlerinin değişimi.....	98

## ÇİZELGELER LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 4.1.</b>	Çalışma alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri (n=56) .....	31
<b>Çizelge 4.2.</b>	Çalışma alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri (n=56) .....	33
<b>Çizelge 4.3.</b>	Çalışma alanı topraklarının mikroelement ve değişebilir katyon içerikleri (n=56) .....	35
<b>Çizelge 4.4.</b>	Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler (n=56) .....	38
<b>Çizelge 4.5.</b>	Kil değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri .....	40
<b>Çizelge 4.6.</b>	Kil için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler .....	40
<b>Çizelge 4.7.</b>	Kil için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	42
<b>Çizelge 4.8.</b>	Silt değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri .....	42
<b>Çizelge 4.9.</b>	Silt için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler .....	43
<b>Çizelge 4.10.</b>	Silt için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	44
<b>Çizelge 4.11.</b>	Kum değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri .....	45
<b>Çizelge 4.12.</b>	Kum için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler ....	46
<b>Çizelge 4.13.</b>	Kum için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	47
<b>Çizelge 4.14.</b>	pH <sub>1:1</sub> değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri .....	48
<b>Çizelge 4.15.</b>	pH <sub>1:1</sub> için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler ..	49
<b>Çizelge 4.16.</b>	pH <sub>1:1</sub> için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	50
<b>Çizelge 4.17.</b>	pH <sub>1:10</sub> değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri ....	51
<b>Çizelge 4.18.</b>	pH <sub>1:10</sub> için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler ..	52
<b>Çizelge 4.19.</b>	pH <sub>1:10</sub> için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	53
<b>Çizelge 4.20.</b>	EC <sub>1:1</sub> değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri .....	54
<b>Çizelge 4.21.</b>	EC <sub>1:1</sub> için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler ...	55
<b>Çizelge 4.22.</b>	EC <sub>1:1</sub> için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	56
<b>Çizelge 4.23.</b>	EC <sub>1:10</sub> değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri ....	57
<b>Çizelge 4.24.</b>	EC <sub>1:10</sub> için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler ...	58

<b>Çizelge 4.25.</b>	EC <sub>1:10</sub> için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	59
<b>Çizelge 4.26.</b>	OM değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri .....	59
<b>Çizelge 4.27.</b>	OM için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	60
<b>Çizelge 4.28.</b>	OM için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	62
<b>Çizelge 4.29.</b>	Toplam N değişimi için seçilen en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri.....	62
<b>Çizelge 4.30.</b>	Toplam N için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	63
<b>Çizelge 4.31.</b>	Toplam N için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	65
<b>Çizelge 4.32.</b>	Yarayışlı P değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri.....	65
<b>Çizelge 4.33.</b>	Yarayışlı P için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	66
<b>Çizelge 4.34.</b>	Yarayışlı P için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	68
<b>Çizelge 4.35.</b>	KHA değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri ..	69
<b>Çizelge 4.36.</b>	KHA'nın ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler....	69
<b>Çizelge 4.37.</b>	KHA için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	71
<b>Çizelge 4.38.</b>	DHA değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri .....	71
<b>Çizelge 4.39.</b>	DHA için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler....	72
<b>Çizelge 4.40.</b>	DHA için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	74
<b>Çizelge 4.41.</b>	Fe değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri .....	74
<b>Çizelge 4.42.</b>	Fe için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	75
<b>Çizelge 4.43.</b>	Fe için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	77
<b>Çizelge 4.44.</b>	Cu değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri.....	77
<b>Çizelge 4.45.</b>	Cu için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler .....	78
<b>Çizelge 4.46.</b>	Cu için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	80
<b>Çizelge 4.47.</b>	Mn değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri.....	80
<b>Çizelge 4.48.</b>	Mn için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler .....	81

<b>Çizelge 4.49.</b> Mn için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	83
<b>Çizelge 4.50.</b> Zn değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri .....	83
<b>Çizelge 4.51.</b> Zn için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler .....	84
<b>Çizelge 4.52.</b> Zn için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	86
<b>Çizelge 4.53.</b> Değişebilir Na değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri.....	86
<b>Çizelge 4.54.</b> Değişebilir Na için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	87
<b>Çizelge 4.55.</b> Değişebilir Na için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	88
<b>Çizelge 4.56.</b> Değişebilir K değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri.....	89
<b>Çizelge 4.57.</b> Değişebilir K için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	90
<b>Çizelge 4.58.</b> Değişebilir K için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	91
<b>Çizelge 4.59.</b> Değişebilir Ca değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri.....	92
<b>Çizelge 4.60.</b> Değişebilir Ca için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	93
<b>Çizelge 4.61.</b> Değişebilir Ca için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	94
<b>Çizelge 4.62.</b> Değişebilir Mg değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri.....	94
<b>Çizelge 4.63.</b> Değişebilir Mg için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	95
<b>Çizelge 4.64.</b> Değişebilir Mg için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar.....	96
<b>Çizelge 4.65.</b> KDK değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri .....	97
<b>Çizelge 4.66.</b> KDK için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler....	98
<b>Çizelge 4.67.</b> KDK için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar .....	99
<b>Çizelge 4.68.</b> Fındık yetiştiriciliği yapılan çalışma arazisinde sonradan yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulacak toprak örneği sayıları .....	100

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>NH<sub>4</sub>OAc</b>	: Amonyum asetat
<b>N</b>	: Azot
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>B</b>	: Bor
<b>C</b>	: Clay (Kil)
<b>CL</b>	: Clay loam (Killi tın)
<b>Zn</b>	: Çinko
<b>ESP</b>	: Değişebilir Sodyum Yüzdesi
<b>da</b>	: Dekar
<b>Fe</b>	: Demir
<b>dS</b>	: Desi Siemens
<b>DTPA</b>	: Dietilen Triamin Penta Asetik Asit
<b>DHA</b>	: Doğal Hacim Ağırlığı
<b>EC</b>	: Elektriksel İletkenlik
<b>EDTA</b>	: Etilen Diamintetraasetik Asit
<b>g</b>	: Gram
<b>ha</b>	: Hektar
<b>Ca</b>	: Kalsiyum
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>KDK</b>	: Katyon Değişim Kapasitesi
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>KHA</b>	: Kuru Hacim Ağırlığı
<b>Mg</b>	: Magnezyum
<b>Mn</b>	: Mangan
<b>m</b>	: Metre
<b>mg</b>	: Miligram
<b>NO<sub>3</sub></b>	: Nitrat
<b>N</b>	: Normalite
<b>OM</b>	: Organik Madde
<b>pH</b>	: Ortamda bulunan H <sup>+</sup> konsantrasyonunun negatif logaritması
<b>K</b>	: Potasyum
<b>S</b>	: Sand (Kum)
<b>SL</b>	: Sandy loam (Kumlu tın)
<b>°C</b>	: Santigrat Derece
<b>cm<sup>3</sup></b>	: Santimetre küp
<b>cmol</b>	: Santimol
<b>Si</b>	: Silisyum
<b>Na</b>	: Sodyum
<b>t</b>	: Ton

**P** : Yarıyışlı Fosfor  
**%** : Yüzde





## 1. GİRİŞ

Toprak, yeryüzünün en üst kısmını kaplayan içerisindeki milyonlarca mikroorganizmalarla birlikte canlılar için yaşama alanı oluşturan doğal bir varlıktır. Topraklar dinamik oluşumlarını tamamlarken kendilerine ait karakteristik özellikler kazanır ve sahip oldukları fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler ile yeryüzündeki canlılar için yaşama ortamı oluştururlar. Topraklardan en etkin şekilde fayda sağlayabilmek için toprağın bu özelliklerinin iyi bilinmesi, geliştirilmesi ve devamlı kılınması gerekmektedir. Genellikle toprak oluşumu anakaya ile başlar, anakayanın zamanla ayrışması sonucu ana materyal ve sonrasında topraklar oluşur. Anakayanın kimyasal bileşenlerindeki farklılık, kimyasal özelliklerinin de farklılaşmasında rol oynayan esas nedendir.

Toprağın sahip olduğu özelliklerdeki çeşitlilik farklı bitkiler için gelişme ortamı oluşturmaktadır. Her bitkinin gelişmesi için ihtiyaç duyduğu toprak özelliği farklılık göstermektedir. Uzun süredir toprak bilimcileri toprak özelliklerinin arazide kısa mesafelerdeki değişiminin farkındadırlar (Aşkın, 2002; Delcourt ve ark., 1996). Toprak verimliliği birim alandan alınabilecek en fazla ürün miktarı olarak tanımlanabilmektedir. Birim alandan alınabilecek en yüksek ürün miktarı ile çevresel şartların yanında fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri arasında da doğrudan ilişki bulunmaktadır.

Toprakların sahip olduğu tekstür sınıfı, hacim ağırlığı, nem içerikleri gibi fiziksel özellikler; toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), organik madde içeriği, değişebilir katyonlar, fosfor içeriği ve mikro elementler gibi kimyasal özellikler ve biyolojik özellikler toprakların farklılaşmasında ve verimliliklerinin sürdürülebilirliğinde önemli rol oynamaktadır.

Başta tarım arazileri olmak üzere orman alanları, meralar, dinlenme alanları ve yerleşim bölgelerinde toprak özelliklerinin belirlenmesi ve haritalanması, toprakların doğru kullanılmasına imkân sağlamakla birlikte; bu alanlarda yapılabilecek yanlış uygulamaları da önleyebilmektedir.

Tarım arazilerinde jeostatistiksel tekniklerin uygulanması ile arazide toprak özelliklerinin ve bitki gelişiminin kontrolü etkin biçimde izlenebilmektedir. Toprak

gibi doğal kaynakların mekânsal değişiminin belirlenmesi, söz konusu kaynakların sürdürülebilir kullanım ve yönetiminde büyük önem taşımaktadır (Aşkın, 2002; Ongun, 2008; Tsirulev, 2010; Başbozkurt ve ark., 2013).

Dünya'da haritalama tekniklerinin yaygınlaşmaya başlaması toprakta sürdürülebilirliğin sağlanması ve kontrolü bakımından oldukça önemlidir. Araziden alınan toprak örneklerine ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri belirlenmekte, uzaktan algılama ile yeryüzünün fotoğrafları çekilerek uydu görüntüleri elde edilmekte, bu fotoğraflar bitkisel üretim ve topraklar hakkında üreticilere kaynak sağlamaktadır.

Maliyet unsurlarının giderek arttığı günümüz koşullarında, hassas tarım tekniklerinin yaygınlaşmasında ve alana özgü yönetim stratejilerinin oluşturulmasında, jeostatistiksel tekniklerden yararlanılarak elde edilen ve doğrulukları oldukça yüksek kabul edilen toprak haritalarının önemi, uygulayıcılar tarafından bilinmektedir.

Bu çalışmada; Ülkemizde önemli ihracaat geliri sağlayan fındık bitkisi yetiştiriciliği yapılan bir alanda toprağın verimlilik durumunu değerlendirmek üzere topoğrafik pozisyonlardaki farklılıktan kaynaklanabilecek çok kısa mesafelerde bile toprak özelliklerindeki değişimi, jeostatistiksel tekniklerle ortaya koymak, seçilen verimlilik parametrelerini çalışma alanı için haritalamak ve benzer nitelikteki alanlarda sonradan yapılabilecek çalışmalara altlık bilgi sağlamak amaçlanmıştır.

## 1.1. Teorik Bilgiler

### 1.1.1. Toprakta Değişkenlik

Bir toprak özelliğinin herhangi bir nokta veya alandaki ölçüm değeri, onun söz konusu nokta veya alandaki uzaysal konumunun bir fonksiyonudur. Bu ifade, toprak özelliklerinin arazide bir süreklilik gösterdiklerine işaret etmektedir. Ancak, toprakla ilgili yapılan araştırmalarda, çalışma sahasında örnekleme desenine göre seçilen nokta veya alanlarda, incelenen özellikler için saptanan ölçüm değerleri esas alınarak, söz konusu toprak varlığı ancak temsili bir şekilde değerlendirilmektedir. Doğal olan yaklaşım tarzı da bu olmalıdır. Çünkü incelemeye konu olan toprak özelliğinin, araştırma sahasının tüm nokta veya alanlarında ölçülme imkânı her zaman bulunmayabilir. Ancak, toprak gibi heterojen bir yapıya sahip olan varlığın, araştırılan özellikleri de büyük bir varyasyon gösterebilmektedir. Bu durumda, araştırılan özelliğe ait geleneksel istatistiksel parametrelerin güven sınırları da daralabilmektedir. Klasik istatistikte seçilen temsili noktaların birbirlerinden bağımsız olduğu, örnek ortalamasının da populasyon ortalamasını en iyi bir şekilde temsil ettiği varsayılır. Hâlbuki uygulamada, birbirlerine yakın olarak örneklenen noktaların, kendi aralarında daha çok benzer oldukları çok sık görülebilmektedir. Bir diğer ifadeyle; 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. İşte, “jeostatistik” söz konusu uzaysal bağımlılığın belirlenmesinde kullanılan metotların genel adıdır (Trangmar ve ark., 1985; Isaaks ve Sarivastava, 1989; Öztaş, 1995; Tercan ve Saraç, 1998; Aşkın, 2002; Ongun, 2008).

Jeoistatistiğin temel prensipleri 1960’lı yıllarda Matheron tarafından belirlenmiş ve Güney Afrika’da madencilik araştırmalarında başarıyla uygulanmıştır. Geliştirilmiş jeostatistiksel metotlar ise Journal ve Huijbregts’in “Madencilik Jeostatistiği” kitabında toplanmıştır. Bu metotların toprak bilimine ilk defa uygulanışı ise yakın zamana dayanmakta olup, toprak değişkenliği ile ilgili çalışmalarda başarıyla kullanılmıştır (Vieira ve ark., 1981; Yost ve ark., 1982a,b; Klusman, 1985; Hamlett ve ark., 1986; Miyamoto ve Cruz, 1986; Yates ve Warrick, 1987; Kanber ve ark.,

1991; Köksal ve ark., 1992; Webster ve Oliver, 1992; Öztaş, 1996; Wopereis ve ark., 1996; Chien ve ark., 1997; Mahmoudjafari ve ark., 1997; Ortaş ve Berkman, 1997; Öztaş ve ark., 1998; Timlin ve ark., 1998; Husson ve ark., 2000; Gaston ve ark., 2001; Triantafilis ve ark., 2001; Veihe, 2002).

## 1.2. Jeostatistiksel Metotlar

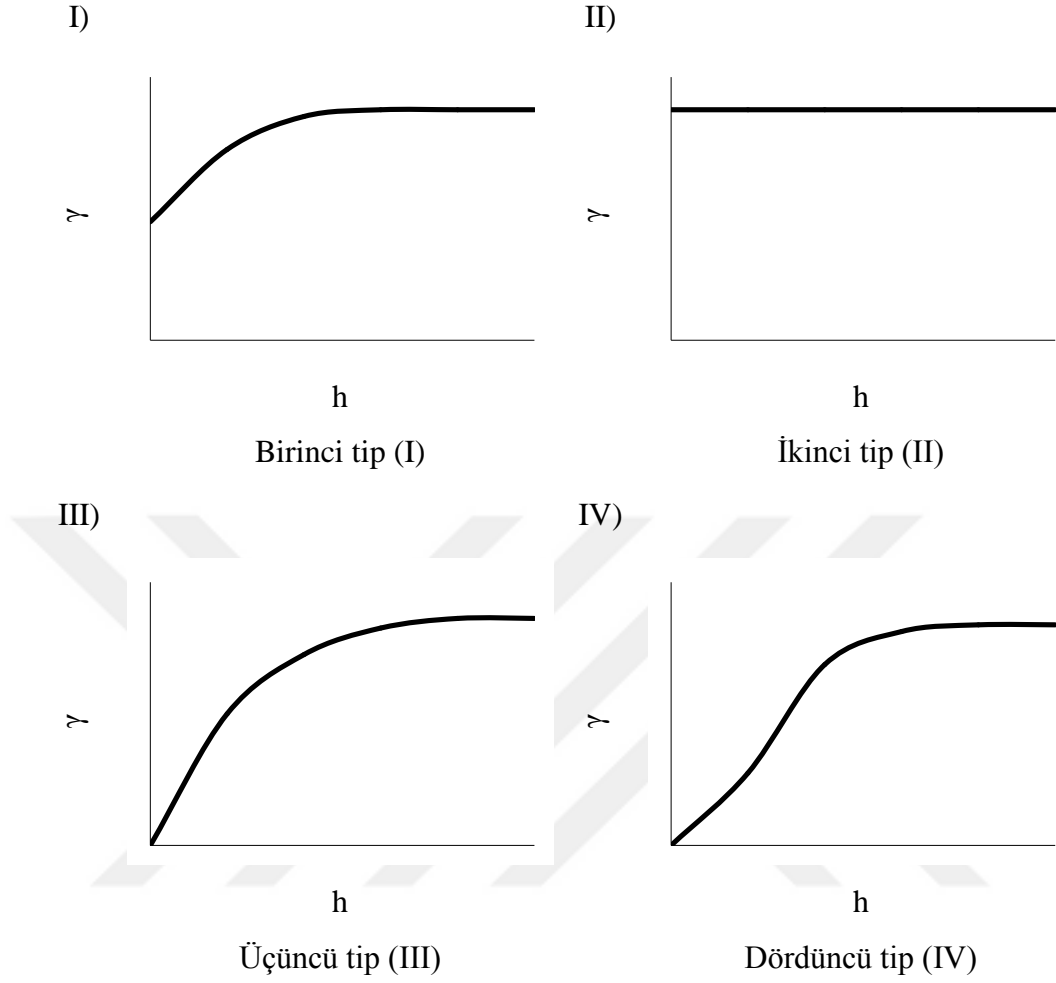
Jeostatistiksel metotlar iki aşamada uygulanır. İlk aşamada, incelemeye konu olan toprak özelliğinin ölçülen noktalar arasındaki otokorelasyonun yani, doğal olarak bulunan uzaysal bağımlılığın derecesi belirlenir. İkinci aşamada ise, ileri bir interpolasyon tekniği yardımıyla incelenen özelliğin örneklenmeyen nokta veya alanlardaki değerleri tahmin edilerek, dağılım desenleri belirlenmeye çalışılır. Semivaryogramlar, uzaysal bağımlılık derecesinin belirlenmesinde, Kriging analizi ise interpolasyon aşamasında yaygın olarak kullanılan jeostatistiksel metotların genel adıdır (Trangmar ve ark., 1985; Isaaks ve Sarivastava, 1989; Öztaş, 1996; Tercan ve Saraç, 1998).

## 1.3. Semivaryogram (Uzaklığa bağlı ilişki fonksiyonu)

Herhangi bir alanda tesadüf değişkenlerinin tanımlandığı noktalar arasındaki mesafe ile değişkenlerin bu noktalardaki değerleri arasında bir ilişki vardır ve anormal veri içermeyen durumlarda, değişkenler arasındaki uzaklık azaldıkça değerlerin birbirine benzemesi artar, aksi durumda ise benzerlik azalır. Diğer bir ifadeyle, bölgesel değişkenlerin değerleri arasındaki fark, bu değerler arasındaki mesafenin bir fonksiyonudur. Jeostatistikte bölgesel değişkenin değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri “varyogram fonksiyonu” ile açıklanır (Trangmar ve ark., 1985; Isaaks ve Sarivastava, 1989; Tercan ve Saraç, 1998).

Semivaryogramlar belli bir  $h$  mesafesi ile birbirlerinden ayrılan örnek çiftleri arasındaki varyansın mesafe ile olan ilişkisini gösterir (Örnek 1.1). Diğer bir anlatımla, örnekleme çiftleri arasındaki mesafenin bir işlevi olarak uzaysal bağımlılığı tanımlar ve aşağıdaki matematiksel ilişki ile ifade edilir;

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1.1)$$



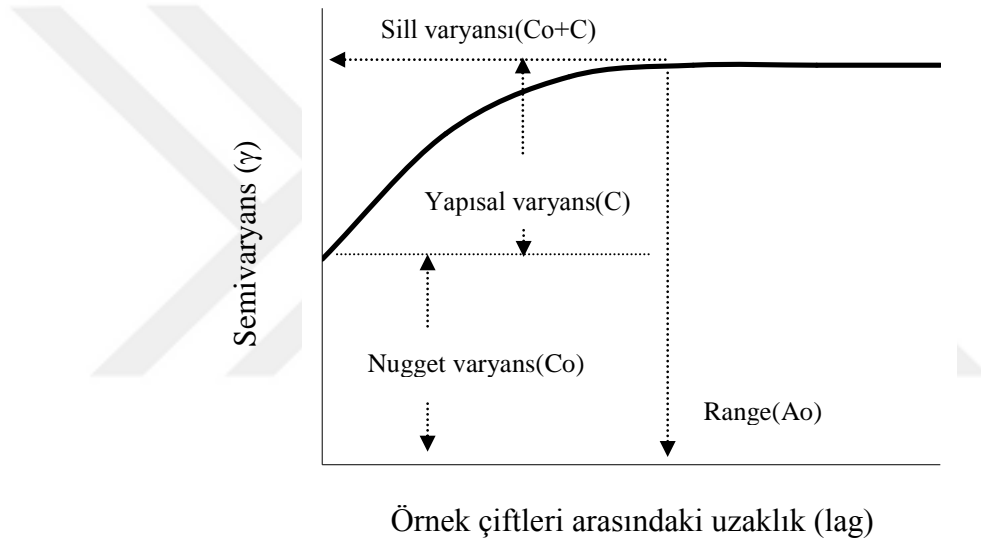
Şekil 1.1. Semivaryogram modelleri

Burada,  $\gamma(h)$ , semivaryans;  $N(h)$ ,  $h$  mesafesi ile ayrılan örnek çiftlerinin sayısı;  $Z(x_i)$ , incelenen özelliğin  $i$ . noktadaki değeri;  $Z(x_i+h)$ , incelenen özelliğin  $(i+h)$  noktadaki değeridir.

Matheron (1963), dört farklı semivaryogram tanımlamıştır (Şekil 1.1). Birinci tip (I), orijinde her hangi bir süreklilik göstermez ve etkisi bilinen bir külçe (nugget) etkisi sergiler. İkinci tip (II), uzaysal bir ilişki göstermeyen, tamamen tesadüfi bir görünüşe sahip olan rastlantı değişkenidir. Üçüncü tip (III), başlangıç noktasında eğrisel bir teğet gösterir ve orta düzeyde bir uzaysal sürekliliğe sahiptir. Dördüncü tip (IV) ise, orijinde parabolik bir eğime sahip olup, yüksek düzeyde bir süreklilik gösterir.

Genel olarak ideal bir semivaryogramda örnekleme çiftleri arasındaki mesafe arttıkça ( $h, 2h, 3h, \dots, nh$ ) semivaryans değeri de artar ve belli bir noktadan sonra az ya da

çok sabit bir değere ulaşır (Şekil 1.1). Yani öyle bir nokta vardır ki, bu noktadan sonra semivaryans değerleri örnek çiftleri arasındaki mesafe artışından etkilenmez. İşte, semivaryogramın  $x$  eksenine paralel konuma geldiği bu noktadaki semivaryans değeri “sill varyansı (tepe varyansı)” ve semivaryogramın sill varyansını yakaladığı noktadaki mesafe değeri ise “range (etki aralığı)” olarak adlandırılır. Etki aralığı, incelenen toprak özelliğinin örnekleme değerlerinin uzaysal olarak bağımlı olabileceği maksimum mesafeyi ifade eder. Bu noktadan sonra, araştırılan toprak özelliğinin uzaysal bağımlılık göstermediği veya tamamen tesadüfi bir değişim gösterdiği kabul edilir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1995; Tercan ve Saraç, 1998).

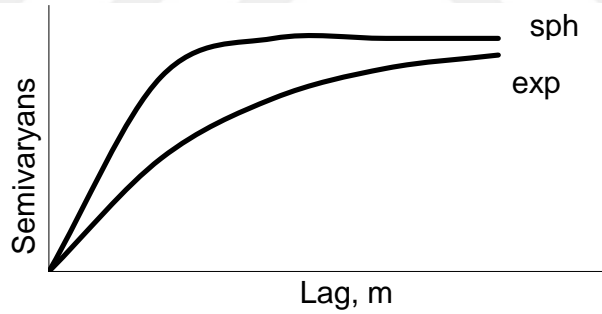


Şekil 1.2. Örnek bir semivaryogram modeli (spherical model)

İncelenen toprak özelliğinin örnekleme noktaları arasındaki mesafe sıfır olduğu zaman yani, iki toprak örneği aynı noktadan alındığı zaman, ölçüm değerleri arasındaki varyasyonun sıfıra eşit olması beklenir. Bu nedenle, semivaryogramın daima orijinden başlaması gerekir. Hâlbuki birçok toprak özelliğinin örnekleme mesafesi sıfıra yaklaştığı halde, semivaryansının sıfır olmadığı, jeostatistiksel çalışmalarda sıkça kaydedilmektedir. Bu varyans “nugget varyans” olarak adlandırılır ve ölçüm hatalarından veya örnekleme noktaları arasındaki mesafenin incelenen toprak özelliğinin uzaysal bağımlılık derecesini belirlemek için uygun olmamasından kaynaklanan varyasyonu içine alır. Tepe varyansı ve nugget varyansı

arasındaki fark ise “yapısal varyans (structural variance)” veya “uzaysal varyans (spatial variance)” olarak adlandırılır (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1995).

Toprak özellikleri ile ilgili çalışmalarda üç farklı semivaryogram modeli yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunlar, linear, spherical ve eksponansiyel modellerdir. Linear model, gerek uygulandığının kolay olması ve gerekse birçok semivaryogramın küçük lag mesafeleri için linear bir ilişki vermesi nedeniyle en yaygın kullanılan semivaryogram modellerinden biridir. Ayrıca, interpolasyon işleminde kısa lag mesafelerinin esas alınması, bu modelin kullanılmasında avantaj sağlamaktadır. Diğer iki modelde, semivaryans değeri belli bir noktadan sonra az (eksponansiyel) ya da çok (spherical) sabit bir değere ulaşır (Şekil 1.3). İki model arasındaki tek fark, grafiğin tepe varyans değerine ulaşma şeklindedir. Spherical modelde tepe varyans değeri, kesin bir  $x$  mesafesinde yakalanırken eksponansiyel modelde eğri, tepe varyans değerine asimptotik bir şekilde yaklaşır. Bu nedenle, kesin bir kural olmamakla birlikte eksponansiyel model için pratikte etki aralığı, sill varyansının %95’ine ulaşılan mesafe olarak seçilir (GS<sup>+</sup>, 1998).



Şekil 1.3. Eksponansiyel model için etki aralığı

Diğer yandan uzaysal bağımlılık sadece örnek çiftleri arasındaki mesafeye bağlı olabileceği gibi, hem mesafeye hem de yöne bağlı olabilmektedir. Semivaryans sadece mesafenin bir fonksiyonu ise, incelenen özelliğin değişimi “isotropik (değişimin her yönde aynı olması)”, hem mesafe ve hem de yönün bir fonksiyonu ise “anisotropik (değişimin yönlere göre farklı olması)” olarak adlandırılır. Araştırma sahasının değişik istikametleri için belirlenen semivaryogramlar arasındaki farklılıklar anisotropik uzaysal bağımlılığın bir göstergesidir. Anizotropinin mevcut

olması durumunda, varyasyonun maksimum ve minimum olduğu yönler dikkate alınarak hesaplanan bir katsayının, semivaryogramın eğim bileşenine ilave edilmesi gerekmektedir (Trangmar ve ark., 1985; Isaaks ve Sarivastava, 1989; Tercan ve Saraç, 1998).

İzotropik varyogram modellerine ait matematiksel ifadeler ve parametreleri kısaca aşağıda sunulmuştur:

***Spherical (küresel) İzotropik Model;***

$$\gamma(h) = Co + C \cdot \left[ 1,5 \cdot \left( \frac{h}{Ao} \right) - 0,5 \cdot \left( \frac{h}{Ao} \right)^3 \right] \quad h \leq Ao \quad (1.2)$$

$$\gamma(h) = Co + C \quad h > Ao \quad (1.3)$$

Burada ;

- h = lag aralığı
- Co = nugget varyans  $\geq 0$
- C = strüktürel varyans  $\geq Co$
- Ao = range (etki aralığı)

***Ekspansiyel (üssel) İzotropik Model;***

$$\gamma(h) = Co + C \cdot \left[ 1 - \exp\left(\frac{-h}{Ao}\right) \right] \quad (1.4)$$

Burada ;

- h = lag aralığı
- Co = nugget varyans  $\geq 0$
- C = strüktürel varyans  $\geq Co$
- Ao = range parametresi

Ao range parametresi olup (etki aralığı değil), pratikte sill varyansın %95'ine ulaşılan mesafe, etki aralığı olarak kabul edilir.

***Linear İzotropik Model;***

$$\gamma(h) = Co + \left[ h \cdot \left( \frac{C}{Ao} \right) \right] \quad h \leq Ao \quad (1.5)$$

$$\gamma(h) = Co + C \quad h > Ao \quad (1.6)$$

Burada ;

- h = lag aralığı



- Co = nugget varyans  $\geq 0$
- C = strüktürel varyans  $\geq Co$
- Ao = range parametresi

***Linear (Silli) İzotropik Model;***

Bu model, linear model ile benzer olup, ondan tek farkı bu modelde tepe değeri kesin olarak belirlenmekte ve bu mesafe etki aralığı olarak ifade edilmektedir.

$$\gamma(h) = Co + \left[ h \cdot \left( \frac{C}{Ao} \right) \right] \quad h \leq Ao \quad (1.7)$$

$$\gamma(h) = Co + C \quad h > Ao \quad (1.8)$$

Burada ;

- h = lag aralığı
- Co = nugget varyans  $\geq 0$
- C = strüktürel varyans  $\geq Co$
- Ao = range

***Gaussian İzotropik Model;***

$$\gamma(h) = Co + C \cdot \left[ 1 - \exp\left(\frac{-h^2}{Ao^2}\right) \right] \quad (1.9)$$

Burada;

- h = lag aralığı
- Co = nugget varyans  $\geq 0$
- C = strüktürel varyans  $\geq Co$
- Ao = range parametresi

Ao range parametresi olup, pratikte sill varyansın %95'ine ulaşılan mesafe etki aralığı olarak kabul edilir.

Anizotropik varyogram modellerine ait matematiksel ifadeler kısaca aşağıda sunulmuştur:

***Spherical Anizotropik Model;***

$$\gamma(h) = Co + C \cdot \left[ 1,5 \cdot \left( \frac{h}{A} \right) - 0,5 \cdot \left( \frac{h}{A} \right)^3 \right] \quad h \leq A \quad (1.10)$$

$$\gamma(h) = Co + C \quad h > A \quad (1.11)$$

Burada;

$h$  = lag aralığı  
 $Co$  = nugget varyans  $\geq 0$   
 $C$  = strüktürel varyans  $\geq Co$

$$A = \sqrt{\{A_1^2 \cdot [\cos^2(\theta - \Phi)] + A_2^2 \cdot [\sin^2(\theta - \Phi)]\}}$$

$A_1$  = major eksen için etki aralığı parametresi ( $\Phi$ )

$A_2$  = minör eksen için etki aralığı parametresi ( $\Phi+90$ )

$\Phi$  = en büyük varyasyon açısı

$\theta$  = örnek çiftleri arasındaki açı

***Eksponansiyel Anizotropik Model;***

$$\gamma(h) = Co + C \cdot \left[ 1 - \exp\left(\frac{-h}{A}\right) \right] \quad (1.12)$$

Burada;

$h$  = lag aralığı  
 $Co$  = nugget varyans  $\geq 0$   
 $C$  = strüktürel varyans  $\geq Co$

$$A = \sqrt{\{A_1^2 [\cos^2(\theta - \Phi)] + A_2^2 [\sin^2(\theta - \Phi)]\}} \quad (1.13)$$

$A_1$  = major eksen için etki aralığı parametresi ( $\Phi$ )

$A_2$  = minör eksen için etki aralığı parametresi ( $\Phi+90$ )

$\Phi$  = en büyük varyasyon açısı

$\theta$  = örnek çiftleri arasındaki açı

***Linear Anizotropik Model;***

$$\gamma(h) = Co + h \cdot \left( \frac{C}{A} \right) \quad (1.14)$$

Burada;

$h$  = lag aralığı  
 $Co$  = nugget varyans  $\geq 0$   
 $C$  = strüktürel varyans  $\geq Co$

$$A = \sqrt{\{A_1^2 \cdot [\cos^2(\theta - \Phi)] + A_2^2 \cdot [\sin^2(\theta - \Phi)]\}} \quad (1.15)$$

$A_1$  = major eksen için etki aralığı parametresi ( $\Phi$ )

$A_2$  = minör eksen için etki aralığı parametresi ( $\Phi+90$ )

$\Phi$  = en büyük varyasyon açısı

$\theta$  = örnek çiftleri arasındaki açı

***Linear (Silli) Anizotropik Model;***

$$\gamma(h) = C_0 + h \cdot \left( \frac{C}{A} \right) \quad h \leq A \quad (1.16)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \quad h > A \quad (1.17)$$

Burada;

$h$  = lag aralığı

$C_0$  = nugget varyans  $\geq 0$

$C$  = strüktürel varyans  $\geq C_0$

$$A = \sqrt{\{A_1^2 \cdot [\cos^2(\theta - \Phi)] + A_2^2 \cdot [\sin^2(\theta - \Phi)]\}} \quad (1.18)$$

$A_1$  = major eksen için etki aralığı parametresi ( $\Phi$ )

$A_2$  = minör eksen için etki aralığı parametresi ( $\Phi+90$ )

$\Phi$  = en büyük varyasyon açısı

$\theta$  = örnek çiftleri arasındaki açı

***Gaussian Anizotropik Model;***

$$\gamma(h) = C_0 + C \cdot \left[ 1 - \exp\left(\frac{-h^2}{A^2}\right) \right] \quad (1.19)$$

Burada;

$h$  = lag aralığı

$C_0$  = nugget varyans  $\geq 0$

$C$  = strüktürel varyans  $\geq C_0$

$$A = \sqrt{\{A_1^2 \cdot [\cos^2(\theta - \Phi)] + A_2^2 \cdot [\sin^2(\theta - \Phi)]\}} \quad (1.20)$$

$A_1$  = major eksen için etki aralığı parametresi ( $\Phi$ )

$A_2$  = minör eksen için etki aralığı parametresi ( $\Phi+90$ )

$\Phi$  = en büyük varyasyon açısı

$\theta$  = örnek çiftleri arasındaki açı

Deneysel varyogramlarda varyogram değeri, belirli uzaklıklar ve yönler için (genellikle  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  ve  $135^\circ$ ) hesaplanır. Bunun dışındaki uzaklık ve yönlerde

varyogram değerleri bilinmez. Bölgesel değişkenin özelliklerinin belirlenmesinde ve özellikle örneklenmemiş nokta veya alanlardaki değerlerinin tahmin edilmesinde, varyogramın bütün uzaklıklarda ve yönlerde bilinmesi gerekmektedir. Bu ise, ancak deneysel varyogram değerlerine fonksiyon uyarlanmasıyla mümkün olabilmektedir (Trangmar ve ark., 1985; Isaaks ve Sarivastava, 1989; GS<sup>+</sup>, 1998; Tercan ve Saraç, 1998).

#### 1.4. Kriging

Kriging, incelenen toprak özelliğinin ölçüm yapılan noktaları arasındaki uzaysal bağımlılık derecesinden yararlanılarak, örneklenmeyen nokta (Punctual Kriging) veya alanlardaki (Block Kriging) tahminlerinde kullanılan, ileri bir interpolasyon tekniğidir. Bir diğer ifadeyle, bölgesel değişkenin örneklenmemiş bir nokta veya alandaki değerinin hesaplanması, tahmin (Kriging) olarak adlandırılır. Esas olarak, N tane ölçülen değerin mesafeyle orantılı olarak belirlenen ağırlık katsayılarının ve ölçülen değerlerinin doğrusal kombinasyonlarının toplamı olarak ifade edilir;

$$Z^t = \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot Z_i \quad (1.20)$$

Burada,  $Z^t$  incelenen özelliğın tahmin değeri;  $Z_i$  incelenen özelliğın i. noktadaki ölçüm değeri ve  $\lambda_i$  incelenen özelliğın i. nokta için ağırlık katsayısıdır ve ağırlık katsayılarının toplamı 1'e eşittir. Jeostatistikte bu ağırlıklar, tahmin hatalarının ortalaması sıfır ve varyansı en küçük olacak şekilde, belirlenmektedir. Ağırlıkların bu şekilde belirlenmesi işlemine, Kriging adı verilmektedir (Trangmar ve ark., 1985; Isaaks ve Sarivastava, 1989; Öztaş, 1995; Tercan ve Saraç, 1998).

Bilinmeyen bir değerin hesaplanması ile tahmin işlemi son bulmaz, tahmin edilen değere duyulan güvenin ortaya konulması gerekmektedir. Kriging analizini diğer interpolasyon metotlarından ayıran en önemli özellik, tahmin edilen her nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir ki, bu tahminle bulunan değerin güven derecesinin bir ölçüsüdür. Eğer bir nokta veya alan için hesaplanan varyans değeri, gerçek değerler arasındaki varyanstan daha küçük ise, toprak özelliğinin ölçülmeyen nokta veya alanı için tahmin edilen değerinin güvenilir olduğu kabul edilmektedir (Trangmar ve ark., 1985; Isaaks ve Sarivastava, 1989; Öztaş, 1996; Tercan ve Saraç, 1998).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Campell (1978), toprakların önemli fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kum içeriği ve toprak reaksiyonunda uzaklığa bağlı gözlenen değişkenliği, iki toprak haritalama ünitesinde jeostatistiksel metotları kullanarak incelemiştir.

Burgess ve Webster (1980), bazı toprak özelliklerinin haritalanabilme koşullarını incelemiştir. Birçok toprak özelliği için örnekleme mesafesi sıfıra yaklaştığında semivariogram değerinin sıfır olmayıp, kontrolsüz etki (nugget etki, tesadüfi etki veya doğal etki) varyansı olarak bilinen ve semivariogram fonksiyonunun tesadüfi bileşenini oluşturan bir değer aldığını örneklerle göstermişlerdir. Kontrolsüz etki varyansının toplam varyansa oranının yüksek olması halinde, noktasal kriging ile yapılan tahminlere ilişkin haritaların oldukça hatalı olacağını, bu durumda noktasal kriging yerine değişkenin belirli bir alan (blok) üzerindeki ortalama değerinin hesaplanmasına olanak sağlayan blok kriging tekniğini ve bazı uygulamalarını vermişlerdir. Aynı araştırmacılar bir başka çalışmada, incelenen değişkenin semivariogram fonksiyonunun anizotropik olması halinde tahminlerde üniversal kriging yönteminin kullanılması gerektiğini işaret ederek, gidişin (drift, trend) verilerden arındırılması tekniğini ve bazı uygulamalarını önermişlerdir.

McBratney ve ark. (1981), toprakların herhangi bir fiziksel veya kimyasal özelliğinin belirli bir alan içerisindeki ortalama değerinin tahmin edilmesinde, uygulanacak en ekonomik örnekleme modelinin, jeostatistiksel tekniklerle ortaya konulabileceğini ifade etmişlerdir. Yine araştırmacılar, toprağın tahmin edilmek istenen özelliğine ait ortalama değer saptanmasında, ölçülen özelliğin değişkenlik tavrına bağlı olarak, değişik noktalardan alınmış örneklerin, tahmin edilen değere, farklı ağırlıklarda katkıda bulunduğunu göstermişlerdir.

Vieira ve ark. (1981), tınlı bir toprakta güvenli bir infiltrasyon ölçümü için gerekli örnek sayısının belirlenmesine yönelik çalışmalarında 128 nokta ölçüm değerleri ile 1280 noktadaki ölçüm değerlerinin benzer sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

McBartney ve ark. (1982), yüzey topraklarında ekstrakte edilebilir bakır ve kobaltın bölgesel değişkenliğini ortaya koymak üzere, jeostatistiksel teknikleri kullanmışlardır. Araştırmacılar, toprakların ana materyalinde ve jeolojik yapılarındaki

değişime bağlı olarak, bakır ve kobalt içeriklerindeki uzaysal değişimin 2 km ile 15 km arasında olduğunu saptamışlardır.

Yost ve ark. (1982a), geniş alanlarda toprakların ölçülen bazı kimyasal özelliklerinin uzaklık boyutundaki değişimini ve uzaysal yapılarını ortaya koyabilmek amacıyla, jeostatistiksel metotlardan semivaryogram analizini kullanmışlardır. Araştırmacılar, toprak pH'sı, Ca, Mg, K ve Si için etki aralığının 32 km ile 42 km arasında değiştiğini, ayrıca toprak özelliklerinin semivaryogramlarına ait etki zonlarının, toprakların yönetim ve sınıflandırılmalarında kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Yost ve ark. (1982b), geniş alanlarda toprakların P bağlama özelliklerinin uzaklık boyutundaki değişimini ve uzaysal yapılarını ortaya koyabilmek amacıyla, jeostatistiksel metotlarda Kriging analizini kullanarak çalışma alanının P ihtiyacına ilişkin haritayı oluşturmuşlardır.

Kırda (1983), jeostatistiksel tekniklerden kriging yönteminin tarımda kullanılabilme olanaklarını incelemiş; tarım alanlarında özellikle sulama ve drenaj mühendisliğinin gereksinim duyduğu toprak özelliklerinin belirlenmesinde, taban suyu gözlem kuyu ağı tesisinde, hidrolojide yağış analizlerinde ve toprak verimliliği çalışmalarında kullanılabileceğini açıklamıştır. Gözlemi yapılan ve uzaklığa bağlı değişkenlik tavrı bilinen bir özelliğin, belirli bir alanı kapsamak üzere ortalama değerinin bulunması istendiğinde, anılan özelliğe ilişkin kestirim hatasının sadece örnek sayısına bağlı olduğunu vurgulamıştır. Bu çerçevede, toprakta tuz yıkama çalışmalarında kriging yöntemi kullanılmış, düşey doğrultuda tuz ve iyon dağılımının uzaklık boyutundaki değişkenliği incelenmiştir.

Trangmar ve ark. (1985), toprak özelliklerinin yersel değişkenliğinin sistematik ve rastgele olmak üzere ikiye ayrıldığını bildirmişlerdir. Sistematik değişkenliğin toprak oluşum faktörlerinden veya süreçlerinden kaynaklanan toprak özelliklerindeki aşamalı veya belirgin değişimler olduğunu ve nedenlerinin ise topografya, litoloji, iklim, biyolojik aktivite ve toprak yaşı olabileceğini ifade etmişlerdir. Sistematik değişkenliğin toprak çeşidi ve özelliklerini tahmin etmede ve toprak etüt çalışmalarında toprak bilimcilerine yol gösterebileceğini ve rastgele değişkenliğin ise toprak özelliklerinde belirli bir nedenden kaynaklanmayan değişkenlikler olduğunu

ve nedenlerinin ise litoloji ve hidrolojideki farklılıklar, pedolojik ayrışma, pedoturbasyon, biyolojik faaliyetler, erozyon, toprak amenajmanı, örnekleme ve analitik hatalar olabileceğini belirtmişlerdir.

Greninger ve ark. (1985), toprakların önemli fiziksel özelliklerinden tarlada ölçülen toprak su karakteristiklerinin uzaysal bağımlılığını ve tane büyüklük dağılımı ile olan ilişkilerini ortaya koymak üzere yürüttükleri bir çalışmada; otokorelasyon analizini kullanmışlar ve çalışma alanı için toprak nem içeriği ile ilgili yapılacak çalışmalarda örnekleme aralığının 10 metreden daha küçük seçilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Brubaker (1989), topoğrafik pozisyonla ilişkili olarak toprak özelliklerindeki değişimi araştırdığı bir çalışmada; çok kısa mesafelerde bile toprak özelliklerinin büyük bir değişim gösterebileceğini semivaryogramlarla göstermiştir. Araştırmacı, çalışma alanı için güvenilir örnekleme aralığının toprak reaksiyonu için 42 m, solum kalınlığı için 75 m ve ortalama örnekleme aralığının ise 65 m olduğu saptanmıştır.

Pierson ve Mulla (1990), tepe, sırt, yamaç ve taban pozisyon olmak üzere dört farklı topoğrafik pozisyona sahip bir alanda, toprakların agregat stabilitesi, tane büyüklük dağılımı, organik karbon içeriği, nem içeriği ve amorf demir kapsamı gibi özelliklerinin değişimlerini araştırdıkları çalışmalarında; tepe pozisyonunda organik karbon içeriğinin en düşük, yamaç ve taban pozisyonlarda ise yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, agregat stabilitesinin yamaç ve taban pozisyonlarda, tepe pozisyonlardan daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Entz ve Chang (1991), 16 adet toprak örnekleme düzeninin kriging ve yönsel variogramlara olan etkilerini jeostatistik yöntem kullanarak araştırmışlardır. Gridler oluşturularak her örnekleme noktasında toprakların hacim ağırlıklarını belirlemiş ve örnekleme yapılmayan noktalarda hacim ağırlıklarını kriging ile tahmin etmişlerdir. Kriging ile elde edilen tahmin değerlerini gözlemle elde edilen 6168 değer ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre; örnek sayısının yetersiz olduğu ve semivariogramın iyi modellenmediği durumlarda bile kriging yönteminin tüm örnekleme düzeninde hacim ağırlığını doğru bir şekilde tahmin ettiğini ifade etmişlerdir.

Cambardella ve ark. (1994), toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki değişkenliği, jeostatistiksel teknikleri de kullanarak tarla ölçeğinde

ortaya koymak üzere iki farklı alanda yürüttükleri bir çalışmada; toprak özelliklerinin her iki tarlada da birbirine benzer uzaysal değişkenlik tavırlarını gösterdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar, belirledikleri değişkenlik tavırlarının bu çalışma alanlarında veya benzer alanlar için, yönetim uygulamalarında faydalı bilgiler verebileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu çalışmada; nugget varyansın sill varyansa oranının uzaysal bağımlılığın bir ölçüsü olarak kullanılabilmesi; bu oranın 0.25'ten küçük olduğu durumlarda kuvvetli bir uzaysal bağımlılığın, 0.25 ile 0.75 arasında ise orta derecede ve 0.75'ten büyük olması halinde ise zayıf bir uzaysal bağımlılığın olduğu bildirilmiştir.

Brubaker ve ark. (1994), Nebraska'da gerçekleştirdikleri bir çalışma ile topoğrafik pozisyon ile ilişkili olarak tane büyüklük dağılımı, pH, kireç içeriği, değişebilir kationlar, organik madde içeriği gibi bazı toprak özelliklerindeki değişimi, doğrusal regresyon modelleri ile açıklamışlardır.

Öztaş (1995), çeşitli toprak özelliklerinin uzaysal değişim derecelerinin jeostatistiksel metotlar yardımıyla belirlenmesi ve dağılım haritalarının çıkarılması amacıyla ABD'nin Nebraska Eyaleti'nde yürüttüğü bir çalışmada; ekstrakte edilebilir fosforun uzaysal değişimi için test ettiği semivariogram modelleri arasında küresel modelin en uygun model olduğunu saptamıştır. Araştırmacı, ekstrakte edilebilir fosforun, inceleme alanının şiddetli erozyona maruz kalan kesimlerinde, çok düşük konsantrasyonlarda bulunduğunu ifade etmiştir.

Crawford ve ark. (1997), jeostatistiksel yöntemlerden Kriging analizinin beş farklı tipini kullanarak, önemli toprak özelliklerinden organik madde içeriğini seçtikleri alan için haritalamışlardır. Araştırmacılar, kullanılan interpolasyon yöntemlerinin benzer sonuçlar verdiğini, ancak daha kısa mesafede bir örnekleme aralığının seçilmesi halinde metotlar arasında farklılıklar ortaya çıkabileceğini göstermişlerdir. Yine doğru bir haritalamanın, ancak organik madde içeriğinin çalışma alanındaki değişiminin, doğru bir şekilde modellenmesiyle mümkün olabileceğini ifade etmişlerdir.

Goovaerts (1997; 1998), jeostatistik madencilik alanında yoğun olarak kullanılırken aynı zamanda son 20 yıldır çevre bilimleri ve toprak özelliklerinin değerlendirilmesinde hızla büyüyen kullanıldığını ve jeostatistiğin daha önceki



çalışmalarda rnkelenmemiş noktaların yarı varyogram analizleri yardımıyla krigleme yöntemi kullanılarak tahmin edilme yöntemi olduğunu, son yıllarda ise toprak özelliklerinin alansal olarak belirlenmesi amacıyla çok değişkenli jeostatistik yaygın olarak kullanılmaya başladığını bildirmiştir.

Velemis ve ark. (1998), toprakların verimlilik özelliklerinin mekânsal değişkenliklerini araştırdıkları bir çalışmalarında; topraklarda pH ve organik madde değerlerinin yüksek olduğu yerlerde verimin arttığı, EC'nin ve kireç değerlerinin yüksek olduğu alanlarda ise verimin azaldığını ifade etmişlerdir.

Erşahin, (1999), toprakların alana-özgü amenajmanlarında dikkate alınabilecek bazı özelliklerinin, mesafeye bağlı değişkenliklerini belirlemek üzere bir tarım arazisinde jeostatistiksel yöntemleri kullanarak yürüttüğü bir çalışmada; st ve alt topraklarda katyon değişim kapasitesi için çalışma alanındaki etki aralığının 600 m, toprakların kil kapsamları için 180 ile 200 m ve yarayışlı su içerikleri için ise 150 ile 290 m olduğunu saptamıştır. Ayrıca bu çalışmada; alt toprakların st topraklara nazaran daha değişken olduğu, st topraklarda en fazla değişkenlik gösteren toprak özelliğinin katyon değişim kapasitesi; alt topraklarda ise, organik madde içeriği olduğu ifade edilmiştir.

Lopez-Granados ve ark. (2002), İşpanya'da yaptıkları bir araştırmada; topraklarda bünye, organik madde içerikleri, fosfor kapsamları, K, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ve toprak reaksiyonunun (pH) alansal değişkenliklerini jeostatistiksel yöntemlerle belirlemişler ve çalışma sonucunda seçtikleri çalışma alanı için gübre uygulama haritası oluşturmuşlardır.

Ardahanlıoğlu ve ark. (2003), Iğdır ovasında jeostatistiksel teknikleri kullanarak yaptıkları bir çalışmada; kriging değerlerinden üretilen dağılım haritalarında toprak pH'sı hariç, ölçülen toprak zelliklerinin (B, EC, ve ESP) düşey yöndeki dağılım haritalarının farklılık göstermediğini tespit etmişlerdir.

Kerry ve Oliver (2004), toprak özelliklerinin hassas bir şekilde haritalandırılmasında örnek aralıklarının alansal değişkenlik lği ile tutarlı olması gerektiğini ve varyogramın örnekleme aralığını belirlemede iki şekilde kullanılabileceğini, bunlardan birincisinin varyogramın model sonuçlarıyla elde edilen yapısal uzaklığın yarısından biraz az bir mesafe ile örnekleme aralığı olarak seçilmesi gerektiği ve

ikincisinin ise varyogramın krigleme eşitlikleriyle kullanılarak optimum örnekleme, tolere edilebilir hata varyansına ulaşma yolu ile yapılabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar; her bölgede, her toprak tipi ve her topografik yapı için yarıvaryogram parametrelerinin mevcut olmadığını, ancak benzer ana materyal üzerinde oluşmuş bazı toprak özelliklerinin varyogramları olması halinde, bu varyogramlardan temsili ortalama bir varyogram oluşturulabileceğini, bu varyogramların yapısal uzaklıklarının ortalamaları ve standardize edilerek üretilen varyogramın bir örnekleme aralığı stratejisi belirlemede kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Corwin ve Lesch (2005), toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen mekânsal değişimin, toprak biliminin en önemli araştırma konularından birisini oluşturduğu, yersel heterojenliğin toprak özelliklerindeki başlıca karakterlerden biri olduğu ve toprak özelliklerinde rastlanan heterojenliğin iki sebebinden birincisinin; ana materyal gibi toprak oluşum faktörleri, ikincisinin ise toprak amenajmanı (gübreleme, sulama ve bitki rotasyonu vb) gibi dış faktörler olduğunu vurgulamışlardır.

Iqbal ve ark. (2005), toprakların sahip olduğu özelliklerine ait uzaysal değişkenliğinin analizi ve yorumlanmasının, alana özgü tarımsal uygulamaların anahtarı olduğunu ifade etmişlerdir.

Erşahin ve Brohi (2005), toprak nem içeriğinin bitki gelişimini, besin maddesi taşınımını ve dönüşümünü etkilediğini; toprağın nem içeriği ile kum miktarları arasındaki ilişkinin, toprak tekstürünün, toprak su içeriğini ve bitki besin maddelerinin alansal değişkenliğini etkilediğini ortaya koymuşlardır.

Başaran ve ark. (2006), toprak özelliklerine ait mekânsal değişkenlikleri ortaya koymak amacıyla, 24 ha'lık bir alandaki karaçam orman arazisinde 0-10 cm derinlikten alınan 52 adet toprak örneği kullanarak yaptıkları bir çalışmada; hacim ağırlığı, organik madde, kil ve kum miktarlarının alansal dağılımlarının benzerlik gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Li ve ark. (2007), örnekleme yoğunluğunun bazı jeostatistiksel birleşik yardımcı parametreler yardımı ile azaltılabileceğini, kokrigleme ve regresyon-krigleme metotlarında elde edilen bazı yardımcı parametreler ile krigleme interpolasyonu

gerçekleştirilebileceğini ifade etmişlerdir. Yine regresyon-kriglemenin, toprak tuzluluk tahminlerinin geliştirilmesinde ve toprak örneklemesinin azaltılmasında yüksek tahmin hassasiyeti oluşturduğunu ifade etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2007), Kuzey Çin'de büyük ölçekteki (5x5 km) bir örnekleme aralığında farklı toprak özelliklerinin yersel dağılım parametrelerini tespit etmek amacıyla yaptıkları bir çalışmada; organik madde, toplam P, toplam N, alınabilir P'da yüksek mekânsal bağımlılık; alınabilir K ve toplam K'da ise orta seviyede mekânsal bağımlılık elde etmişlerdir. Araştırmacılar bu alanda; organik madde, toplam N ve toplam P'un yapısal uzaklığını 1.04 ile 1.35 km arasında, toplam K, alınabilir P ve alınabilir K'un yapısal uzaklığını ise 6 ile 138 km arasında saptamışlardır.

Ongun (2008), İzmir-Menemen'de 8.53 ha'lık bir alüvyal arazide (Typic Xerofluvent) önemli bazı toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerini jeostatistiksel teknikler yardımıyla ortaya koymak amacıyla üst (0-30 cm) ve alt (30-60 cm) toprak derinliklerinden olmak üzere 50x50 m mesafelerde oluşturulan ızgaralardan alınan 182 toprak örneği kullanmışlardır. Çalışma sonucunda; alt toprak katmanının üst toprak katmanına göre genellikle daha değişken olduğu, üst topraklarda en fazla değişkenlik gösteren toprak özelliğinin ekstrakte edilebilir Na, alt toprak katmanında ise alınabilir fosfor olduğu bildirilmiştir. Yine bu çalışmada, üst toprak katmanı için toprak özelliklerinin ortalama etki mesafesinin 168 m, alt toprak katmanı için 169 m olduğu ifade edilmiştir.

Sağlam (2008), bazı toprak kalite göstergelerinin belirlenmesi ve bunların uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemler ile analiz edilerek, aralarındaki mekansal ilişkinin ortaya konulması amacıyla Amasya-Gökhöyük Tarım İşletmesi'nin yaklaşık 1.75 ha'lık bir alanında 0-20 cm derinlikten alınan 298 adet toprak örneği kullanarak yürüttüğü bir çalışmada; fiziksel (kil, silt, kum içerikleri; hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, daimi solma noktası, hidrolik iletkenlik, üst toprak derinliği) ve kimyasal (pH, EC, toplam N ve organik C) kalite göstergelerini belirlemiştir. Bu çalışmada; toprak kalite göstergelerinin yöne bağlı değişim göstermediği; en yüksek etki aralığının 1981 m ile EC değerlerinde, en düşük değişkenlik mesafesinin ise 1054 m ile hacim ağırlığı değerlerinde olduğu, en yüksek kontrolsüz etki varyansının üst toprak derinliğinde ve en düşüğünün ise EC değerlerinde görüldüğü ifade edilmiştir.

Ölgen ve ark. (2009), topraklarda organik madde ve KDK verilerinin jeostatistiksel analizi yapmak ve bu özelliklerin uzaysal dağılım haritalarını oluşturmak amacıyla yaptıkları bir çalışmada; organik tarım yapılan alanların topraklarında organik madde ve KDK değerlerini diğerlerinden önemli derecede yüksek bulmuşlardır.

Kai-Li ve ark. (2011), aluviyal bir ovada toprak tuzluluğunun yersel dağılımını incelemek amacıyla 2x2 km gridler oluşturarak aldıkları 293 yüzey toprak örneğinde elektriksel iletkenlik (EC) değerlerini saptamışlar ve Ordinary Kriging interpolasyon tekniğini kullanarak çalışma alanı için tuzluluk haritası oluşturmuşlardır. Araştırmacılar, 1981 yılındaki tuzluluk ile 2008 yılındaki tuzluluk düzeyleri karşılaştırılmışlar ve yüzey toprağındaki tuzluluğun, bu süre içerisinde oldukça azaldığını ifade etmişlerdir.

Liu ve ark. (2011), bazı toprak özellikleri ve tuzluluğun alansal dağılımını incelemek amacıyla, Entisol büyük toprak grubuna ait topraklarda yaptıkları bir çalışmada; tüm parametrelerin normal dağılım gösterdiğini, en yüksek varyasyonun toplam azot değerlerinde, en düşük varyasyonun ise (%4.3) toprak pH'sı değerlerinde olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar seçtikleri toprak özellikleri arasında pH için en uygun yarivaryogram modelinin üssel (exponential); tuzluluk, organik karbon, toplam azot ve alınabilir fosfor için ise küresel (spherical) model olduğunu tespit etmişlerdir.

Akbaş (2012), Tokat'ın en büyük ve tarımsal açıdan Ülkemizin önemli ovalarından biri olan 20656 ha büyüklüğündeki Kazova'da yaptığı bir çalışmada; rastgele örnekleme metodu ile iki farklı toprak derinliğinden (0-30 cm ve 30-60 cm) toplam 800 bozulmuş toprak örneği almış, bu topraklarda ortalama yarayışlı fosfor değerlerini üst toprakta 14.18 mg kg<sup>-1</sup> ve alt toprakta 8.87 mg kg<sup>-1</sup> olarak saptamıştır. Araştırma sonucunda; jeostatistiksel tekniklerden Ordinary Kriging yöntemi kullanılarak elde edilen değişim haritalarına göre, Kazova üst topraklarının %11.56'lık kesiminde yarayışlı fosfor düzeyinin "az", %82.16'sında "yeterli" ve %6.28'inde ise "fazla" olduğu ifade edilmiştir.

Turgut ve Öztaş (2012), Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Pasinler Deneme istasyonu topraklarının tane büyüklük dağılımı, organik madde ve kireç içerikleri, pH ve yarayışlı fosfor miktarlarındaki değişimi, jeostatistiksel yöntemlerle belirlemek ve haritalamak amacıyla gerçekleştirdikleri bir çalışmada; 100 ha'lık bir

alandaki kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde 100 m aralıklarla gridler oluşturmuşlar ve gridlerin köşe noktalarından 0-20 cm derinlikten 68 adet toprak örneği almışlardır. Toprak özelliklerinden kil ve silt miktarlarını izotropik üssel model, kum ve organik madde miktarlarını izotropik Gaussian model, kireç ve pH'yı ise izotropik küresel model ile tanımlamışlardır. Yine Blok Kriging interpolasyon tekniği kullanarak elde ettikleri dağılım haritalarında; kil içeriğinin dere yatağına yakın olan alanlarda daha düşük olduğunu ve bu kısımlarda kum içeriğinin daha yüksek olduğunu, silt içeriğinin değişiminde ise bir düzensizlik görüldüğünü belirtmişlerdir. Organik madde içeriğinin hububat ekili alanlarda yüksek olduğunu fakat çapa bitkilerinin ekili olduğu alanlarda ise düşük olduğunu tespit etmişler, arazinin dere yataklarına uzak kısmında kireç içeriğinin ve toprak reaksiyonunun en yüksek değerler aldığını bildirmişlerdir.

Aşkın ve ark. (2014), Rusya'da Batı Urallar olarak adlandırılan Perm Bölgesi'nde Perm Devlet Tarım Akademisi'ne ait toprak işlemeli tarım yapılan yaklaşık 2.35 ha büyüklüğündeki bir arazide, toprak organik karbonunun (SOC) uzaysal değişkenliğini, jeostatistiksel teknikler yardımıyla değerlendirmek üzere gerçekleştirdikleri bir çalışmada; araziye 25x25 m aralıklarla gridlere bölmüşler ve kareler ağının köşe noktalarından 0-20 cm derinlikten 51 adet toprak örneği almışlardır. Bu çalışma sonucunda; araştırma alanı topraklarında toprak reaksiyonunun (pH) en az değişkenlik gösteren özellik; değişebilir potasyumun ise en fazla değişkenlik gösteren toprak özelliği olduğu ifade edilmiştir. Yine bu alanda, toprak organik karbonunun uzaysal değişimini modellemek üzere etki mesafesi 151.04 m olan Gaussian modelinin seçilebileceği tavsiye edilmiştir.

Mao ve ark. (2014), Çin'in Xuzhou şehrinde yer alan topraklarda pH ve toprak organik maddesinin yersel değişimini, geleneksel istatistik ve jeostatistiksel teknikler yardımıyla araştırdıkları bir çalışmada; oluşturdukları gridlerden aldıkları 172 toprak örneğinde toprak pH'sının ortalama 7.62 ve toprak organik madde miktarının ise ortalama 8.26 g kg<sup>-1</sup> olduğunu ifade etmişlerdir. Toprak pH'sının çalışma alanındaki değişimi için en uygun varyogram modelinin 9500 m etki mesafesine sahip küresel (spherical) model, toprak organik maddesi için ise 17200 m etki aralığına sahip üssel (exponential) model olduğu bu çalışma ile bildirilmiştir.

Sağlam ve Dengiz (2014), jeoistatistiksel teknikler ve coğrafi bilgi sistemlerini (CBS) kullanarak yaptıkları bu çalışmada; Bafra Ovası'nda toprak verimlilik indeksine ait toprak parametrelerinin uzaysal değişkenliğini belirlemiştir. 0-30 ve 30-60 cm derinliklerinde her bir referans noktada toprak verimlilik indeksi kullanılarak 15 toprak özelliğini [(yarayışlı makro besin elementleri (azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum), yarayışlı mikro besin elementlerini (demir, bakır, çinko, mangan) ve diğer toprak özelliklerini (mekanik analiz, organik madde, pH, elektriksel iletkenlik, CaCO<sub>3</sub>)] belirlemiştir. 120 grid noktası elde edilmiş ve toprak örneklerini 0-30 cm derinliğinden 131 adet, 30-60 cm derinliğinden ise 124 adet almışlardır. Çalışma sonucunda; topraklar, yüzeyaltı derinliğinde (0-60 cm) çalışma alanının %38.83'ü "iyi ve orta verimli", %41.30'u "sınır değerinde verimli" ve %19.87'sini "düşük seviyede verimli" bulunurken; yüzey derinliğinde (0-30 cm) çalışma alanının %80.18'i "iyi ve orta düzeyde verimli", %19.06'sı "sınır değerinde verimli" ve %0.75'i de "düşük düzeyde verimli" bulunmuştur.

Özyazıcı ve ark. (2015), yaptıkları araştırmada, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının bazı bitki besin maddesi kapsamını belirleyip coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak ele alınan toprak değişkenleri yönünden veri tabanı ve dağılım haritalarını oluşturmuşlardır. Araştırma kapsamında, tarım alanlarını temsil edecek şekilde 2.5 x 2.5 km grid aralıklarla 0-20 cm toprak derinliğinden 3400 adet toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde; toplam azot (N), ekstrakte edilebilir kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), bor (B), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) analizleri yapılmıştır. Toprak parametrelerinin sınıflandırılmasından sonra CBS kapsamında veri tabanı oluşturulmuş ve ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW, Inverse Distance Weighted) kullanılarak toprak dağılım haritalarını oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda; Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının büyük çoğunluğunun toplam N, ekstrakte edilebilir Fe, Cu ve Mn yönünden yeterli durumda olduğu; analiz edilen toprak örneklerinin %66.88'inde ekstrakte edilebilir Ca ve %81.44'ünde ekstrakte edilebilir Mg'un iyi, %64.56'sında ekstrakte edilebilir Na'un ise orta seviyede olduğu bulunmuştur. Bölge topraklarının %34.35'inde B ve %51.36'sında Zn noksanlığı olduğu tespit edilmiştir.

Ahmed (2015), jeostatistiksel teknikler yardımıyla toprak özelliklerindeki mekânsal değişimleri ortaya koymak üzere ele aldığı bir çalışmada; 0-30 cm toprak derinliğinden alınan 51 toprak örneğinde toprak bünyesini belirlemiş ve her bir tekstür sınıfı için semivaryogramlar üretmiştir. Tekstürel sınıfların uzaysal dağılım haritaları, arazide tınlı kum toprak bünyesinin baskın olduğunu göstermiştir. Araştırmacı, çalışma sonucunda kriging interpolasyon tekniğinin her bir toprak tekstür sınıfı için en iyi sonucu verdiğini bildirmiştir.

Wang ve ark. (2015), jeostatistiksel metotlara dayalı düzenlemenin etkilerini değerlendirmek amacıyla, 0.44 km<sup>2</sup> alana sahip bir arazide 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm ve 60-80 cm toprak derinliklerinden olmak üzere 78 örnekleme noktasından aldıkları toprak örneklerini kullanarak gerçekleştirdikleri bu çalışmada; toprak özelliklerinden bilhassa toplam azot ve toprak organik karbon içeriklerinin izlenmesinin gerekli olduğunu ve çalışma alanı için cross-validation'a (çapraz doğrulama) dayalı 40 örnek noktasının ideal olduğunu belirtmişlerdir.

Mihalikova ve ark. (2015), farklı interpolasyon modellerini (IDW, ordinary kriging ve ko-kriging) ve pedotransfer fonksiyonlarını karşılaştırmak amacıyla yaptıkları bu çalışmada; Büyükçay Havzası'nda temel toprak hidrolik özelliklerinin (toprak derinliği, tekstür, organik madde, pH, EC, saturasyon derecesi, tarla kapasitesi ve daimi solma noktası) tahminlerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre; jeostatistiksel algoritmalar arasında ordinary co-kriging'in tüm toprak hidrolik özellikleri için en iyi sonucu verdiğini bildirmişlerdir.

Özyazıcı ve ark. (2016), Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının bazı verimlilik özelliklerini belirlemek ve coğrafi bilgi sistemleri kullanarak toprak dağılım haritalarını oluşturmak amacıyla yaptıkları bir çalışmada; 2.5x2.5 km aralıklarla 0-20 cm toprak derinliğinden aldıkları 3400 toprak örneğinde, tekstür, pH, elektriksel iletkenlik, kireç, organik madde, alınabilir fosfor ve ekstrakte edilebilir potasyum miktarlarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada; toprak parametreleri sınıflandırılmış ve sonrasında Coğrafi Bilgi Sistemleri kapsamında veritabanı oluşturularak toprak verimlilik haritaları üretilmiştir. Çalışma sonucunda, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının genel gruplamaya göre büyük çoğunluğunun (%75.3) tınlı (orta bünyeli) topraklar olduğu, pH değerlerinin çok

değişkenlik (<4.5-8.5 arasında) gösterdiği ifade edilmiştir. Organik madde içerikleri yönünden toprakların büyük bir çoğunluğunun “orta-iyi-yüksek” düzeyde, tuzluluk bakımından “tuzsuz” ve %61.2’sinin de “az kireçli” olduğu tespit edilmiştir. Toprakların %58.8’inde fosfor noksanlığı olduğu ve %42.7’sinde ekstrakte edilebilir potasyumun “yeterli” seviyede bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Rodrigues ve ark. (2016), Brezilya’da Sao Paulo’da Rhodic Nitisol topraklarında toprak işlemez tarımda şekerpancarı verimini, toprakların verimlilik parametreleri ile parçacık boyutunun yersel değişkenliği arasındaki ilişkiyi değerlendirdikleri bir çalışmada; 30 m x 30 m grid mesafesi ile 0, 0.2, 0.2–0.4 m toprak derinliğinden alınan 203 örnek üzerinde çalışmışlardır. Araştırmacılar, semivaryogram analizi yardımıyla alansal değişkenliği ortaya koydukları bu çalışmada; örnekleme derinliğinden bağımsız olarak elde ettikleri semivaryogramların şekerpancarı verimini rahatlıkla tahmin edebileceğini bildirmişlerdir.

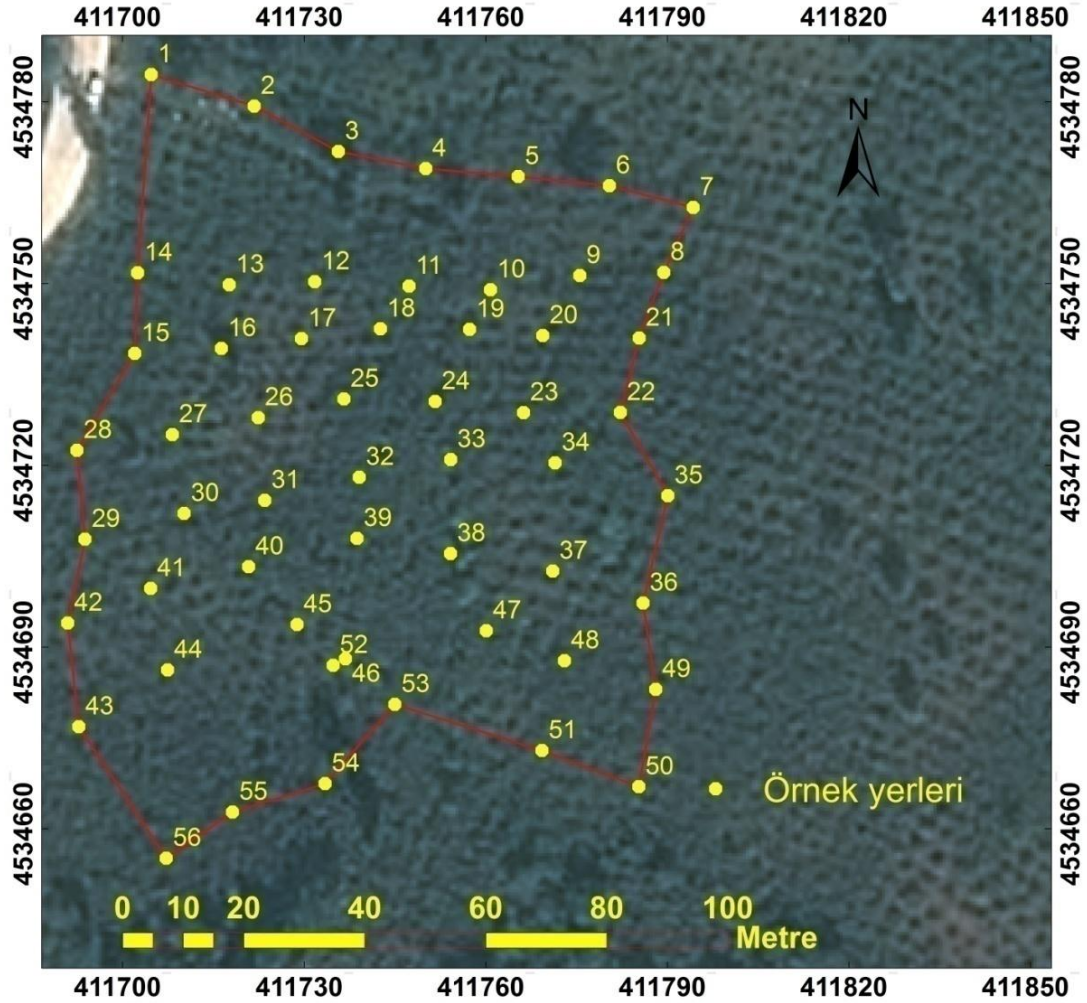


### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma Alanının Yeri

Bu araştırmaya konu olan arazi, Ordu ili Altınordu ilçesi (önceki idari yapıda Merkez ilçe) Akçatepe Mahallesi'nde bir fındık bahçesinde yürütülmüştür. (Şekil 4.1).



Şekil 3.1. Örnekleme noktaları ve uydu görüntüsü

Örnek noktalarının koordinatları arazi üzerinde GPS ile belirlenmiştir. Her toprak örneği, fındık ocağının çevresinden taç iz düşümünden ve 0-20 cm toprak derinliğinden alınmıştır.

### 3.1.2. Araştırma Alanının İklimi

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Ordu ili, konumundan dolayı Karadeniz'in etkisinde olup, iklim tipi bakımından Akdeniz ile Okyanus iklimleri arasında bulunmaktadır. Sıcaklık mevsimler arasında büyük farklılıklar göstermemektedir. Yağışlar, bütün mevsimlere dağılmasına rağmen kış ve bahar aylarında daha fazla gerçekleşmektedir. Uzun yıllar (1950-2014) ölçüm sonuçlarına göre; en yüksek sıcaklık 37.3 °C olarak 06.06.1994 tarihinde ve en düşük sıcaklık ise -7.2 °C olarak 29.01.1964 tarihinde kaydedilmiştir. Yıl içerisinde görülen yağışların büyük bir bölümü yağmur şeklinde olup, yıllık ortalama yağış miktarı 1042.1 mm ve ortalama sıcaklık 14.3 °C'dir (Anon., 2014)

### 3.1.3. Araştırma Alanının Toprakları

Yapılan bir çalışmada Ordu ilinde Toprak Taksonomisine göre, Entisol, Inceptisol, Mollisol, Alfisol ve Vertisol olmak üzere 5 farklı ordo belirlenmiştir. Aynı çalışmada, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal analiz sonuçları, ana kayaların toprakların bileşimi ve karakter kazanmasında etkili olduğunu, ayrışma indekslerine göre toprakların büyük çoğunluğunu temsil ettiği belirtilmiştir. Ordu ilinde, topoğrafyanın toprak içi drenajı yönlendirmesiyle, en etkili toprak oluşturan faktörlerden birisi olduğu gözlemlenmiştir (Türkmen, 2011).

## 3.2. Yöntem

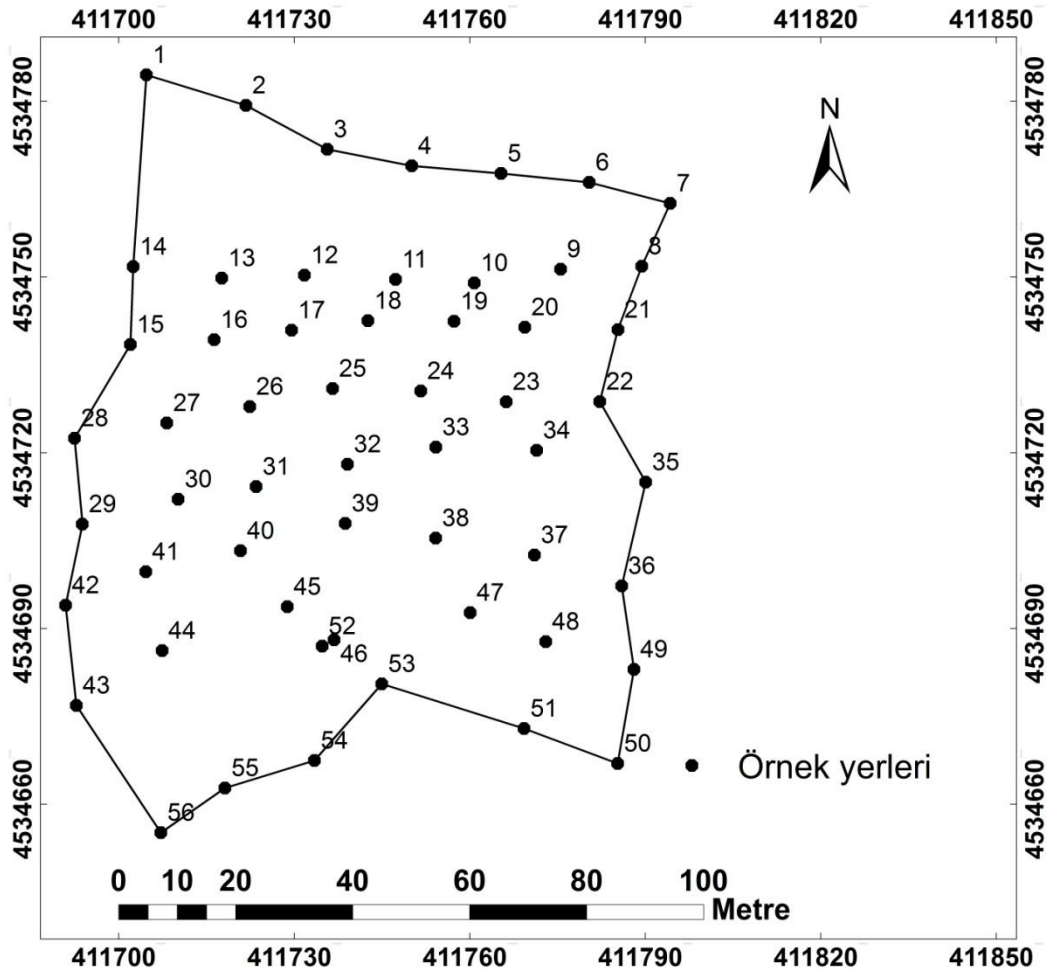
### 3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Çalışmanın materyalini oluşturan Ordu ili Altınordu ilçesi Akçatepe mahallesindeki fındık bahçesi yüzey topraklarından rastgele yapılan ön örneklerde (n=12) bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri belirlenmiştir. Örneklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistiklerin (3.1) no'lu eşitlikte kullanılması suretiyle araziye temsil edebilecek şekilde çalışma alanından alınması gerekli örnek sayısı 27 olarak saptanmıştır.

$$n = \frac{s^2 \cdot t^2_{\alpha=0,05, sd}}{D^2} \quad (3.1)$$

Burada; n, örnek sayısı;  $s^2$ , tahmin edilen varyans;  $t_{0,05;sd}$ , 0,05 ihtimal düzeyinde t cetvel değeri ve D ise müsaade edilen hata düzeyidir.

Çalışma alanının büyüklüğü, yaklaşık 13390.30 m<sup>2</sup>'dir. Alınacak 27 toprak örneği, amacı karşılmasına rağmen, arazinin çalışmada kullanılabilir büyüklüğü de dikkate alınarak, örnek sayısı 56 adet olarak tespit edilmiştir. Bu durumda arazi ortalama olarak 12 m aralıklarla düzenli bir şekilde gridlere (ızgaralara) bölünmüştür. Böylece oluşan kareler ağının köşe noktaları örnekleme noktaları olarak işaretlenmiştir (Trangmar ve ark., 1985). Toprak örnekleme, 2014 yılı Temmuz ayında yapılmıştır. Çalışma alanındaki toprak örnekleme düzeni Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanındaki örnekleme düzeni

Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait verilerin elde edilmesinde kullanılan toprak örnekleri, 0-20 cm derinlikten alınmış ve torbalar kullanılarak laboratuvara taşınmıştır. Söz konusu toprak örnekleri, temiz bir zemin üzerinde ve gölgede, on gün süre ile havada kuru hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Toprak

örneklerinin çok kaba kısımları ve kalın bitkisel artıkları el ile ayıklanmış ve kesekler doğal yapısı bozulmayacak şekilde kuvvet uygulanmak suretiyle parçalanmıştır. Daha sonra 2 mm elek açıklığına sahip bir test eleğinden geçirilen toprak örnekleri, analiz sıraları gelinceye kadar muhafaza edilmiştir. Yine çelik silindirler yardımıyla örnekleme noktalarında bozulmamış toprak örnekleri de alınmıştır.

### **3.2.2. Laboratuvar Analiz Yöntemleri**

#### **3.2.2.1. Mekanik Analiz**

Toprakların tane büyüklük dağılımı, “Bouyoucos Hidrometre Yöntemi” ile belirlenmiştir (Gee ve Bauder, 1986).

#### **3.2.2.2. Toprak Reaksiyonu (pH )**

Toprakların pH değerleri, 1:1 ve 1:10 oranındaki toprak:saf su (w/v) karışımının iki saat süreyle mekanik bir çalkalayıcıda çalkalanması ve bir müddet bekleme süresi sonunda, nispeten berraklaşan kısımda cam elektrotlu pH-metre ile ölçülmesi suretiyle elde edilmiştir (Bayraklı, 1987).

#### **3.2.2.3. Elektriksel İletkenlik (EC)**

Toprakların EC değerleri, pH ölçümü için hazırlanan 1:1 ve 1:10 oranındaki toprak:saf su (w/v) süspansiyonlarında elektriksel iletkenlik aleti ile ölçülmüştür (Bayraklı, 1987).

#### **3.2.2.4. Organik Madde (OM)**

Toprakların organik madde kapsamı saptanırken, “Walkley-Black” yaş yakma yöntemi izlenmiş, toprağın organik karbon içeriği titrimetrik olarak belirlenmiş ve organik karbon değerlerinin 1.724 değeri ile çarpılması suretiyle % olarak ifade edilmiştir (Kacar, 1994).

#### **3.2.2.5. Toplam Azot (N)**

Kjeldahl yöntemi ile (Rowell, 1996)’ya göre belirlenmiştir.

### **3.2.2.6. Bitkiye Yararışlı Fosfor (P)**

Bray-Kurtz yöntemi ile saptanmıştır (Kacar, 1994).

### **3.2.2.7. Kuru Hacim Ağırlığı (KHA)**

Araziden bozulmamış toprak örneği alma silindirleriyle alınan örneklerde, toprakların doğal durumdaki birim hacminin ağırlıkları, kuru kütle esasına göre belirlenmiştir (Demiralay, 1993).

### **3.2.2.8. Doğal Hacim Ağırlığı (DHA)**

Araziden bozulmamış toprak örneği alma silindirleriyle alınan örneklerde, toprakların doğal durumdaki birim hacminin ağırlıkları, kuru kütle esasına göre belirlenmiştir (Demiralay, 1993).

### **3.2.2.9. Değişebilir Katyonlar (Na, K, Ca ve Mg)**

Toprak örnekleri 1 N nötr  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ile ekstrakte edilmiş, değişebilir Na ve K fleymfotometre ile Ca ve Mg ise EDTA ile titrimetrik olarak saptanmıştır (Sağlam, 1997).

### **3.2.2.10. DTPA ile Ekstrakte Edilebilir Mikroelementler (Fe, Cu, Zn ve Mn)**

Lindsay ve Norvell, (1978) tarafından bildirildiği şekilde DTPA ile ekstrakte edilen toprak örneklerinde Fe, Cu, Zn, Mn, AAS ile belirlenmiştir.

### **3.2.2.11. Katyon Değişim Kapasitesi (KDK)**

Her bir toprak örneğinde belirlenen değişebilir katyonların toplanması suretiyle hesapla elde edilmiştir (Kacar, 1996).

### **3.2.2.12. İstatistiksel Yöntemler**

Çalışma alanındaki toprakların verimliliği ile ilişkili özelliklerinin uzaysal bağımlılığı, jeostatistiksel metotlar kullanılarak belirlenmiştir. Toprak örneklerinin tümü kullanılarak, her bir verimlik parametresine ait semivaryansların hesaplanmasında ve Kriging analizinde,  $\text{GS}^+$  10.0 bilgisayar paket programı kullanılmıştır ( $\text{GS}^+$ , 2014). Toprakların verimliliğine ilişkin fiziksel ve kimyasal

özelliklerinin krige edilmiş değerlerinin haritalanmasında ise, Arcgis bilgisayar programından istifade edilmiştir (ArcGis, 2010).

### **3.2.2.13. Tanımlayıcı İstatistikler**

Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleriyle strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılıklarına ilişkin parametrelerine ait değişim aralığı, ortalama, standart sapma, çarpıklık, basıklık ve varyasyon katsayısı gibi tanımlayıcı istatistikler Minitab 17.0 paket programı yardımıyla belirlenmiştir (Minitab 17, 2013).

### **3.2.2.14. Jeoistatistik**

Toprakların verimlilik durumuna ilişkin toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin uzaysal bağımlılığı, jeoistatistiksel metotlar kullanılarak belirlenmiştir. Toprak örneklerinin tümü kullanılarak, her bir parametreye ait semivaryansların hesaplanmasında ve Kriging analizinde, GS<sup>+</sup>10.0 bilgisayar paket programı kullanılmıştır (GS<sup>+</sup>, 2014). Toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin parametrelerinin krige edilmiş değerlerinin haritalanmasında ise, Arcgis bilgisayar programından istifade edilmiştir (ArcGis, 2010).

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Toprak Özellikleri

Çalışmaya konu olan arazilerden alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel özellikleri Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Çalışma alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri (n=56)

No	Koordinatlar, m		Mekanik analiz, %			KHA t m <sup>-3</sup>	DHA t m <sup>-3</sup>	Tekstür Sınıfı
	Doğu	Kuzey	Kil	Silt	Kum			
1	411704.7	4534784.5	45.4	25.0	29.6	1.20	1.58	C
2	411721.7	4534779.3	42.6	29.2	28.1	1.29	1.68	C
3	411735.6	4534771.8	46.8	24.4	28.8	1.12	1.42	C
4	411750.1	4534769.0	45.7	27.1	27.3	1.00	1.28	C
5	411765.4	4534767.7	50.2	21.6	28.2	1.06	1.39	C
6	411780.4	4534766.2	45.6	26.3	28.1	0.95	1.22	C
7	411794.3	4534762.6	48.4	24.5	27.0	1.06	1.44	C
8	411789.4	4534751.9	39.5	22.1	38.4	1.11	1.42	CL
9	411775.5	4534751.4	23.6	18.8	57.6	1.05	1.32	SCL
10	411760.8	4534749.0	39.1	25.5	35.4	0.84	1.09	CL
11	411747.3	4534749.6	30.8	22.3	46.9	1.11	1.41	SCL
12	411731.8	4534750.3	50.2	25.3	24.5	1.02	1.29	C
13	411717.6	4534749.8	48.7	24.1	27.2	1.13	1.44	C
14	411702.5	4534751.8	43.0	22.3	34.7	1.15	1.42	C
15	411702.0	4534738.5	43.1	24.6	32.4	1.13	1.40	C
16	411716.3	4534739.3	37.3	25.5	37.1	1.06	1.32	CL
17	411729.5	4534740.9	53.5	25.5	21.0	1.03	1.35	C
18	411742.6	4534742.5	26.0	27.3	46.7	1.01	1.37	SCL
19	411757.3	4534742.5	49.6	25.0	25.4	0.94	1.25	C
20	411769.4	4534741.4	41.8	27.1	31.1	0.99	1.28	C
21	411785.3	4534741.0	44.7	25.5	29.8	1.05	1.33	C
22	411782.2	4534728.7	49.6	23.4	27.0	1.10	1.47	C
23	411766.3	4534728.7	54.3	24.0	21.7	0.96	1.28	C
24	411751.6	4534730.6	39.7	23.8	36.5	1.11	1.46	CL
25	411736.6	4534731.0	25.7	23.3	51.0	1.08	1.47	SCL
26	411722.4	4534727.9	29.5	26.0	44.4	0.98	1.20	CL
27	411708.2	4534725.1	37.2	26.5	36.3	1.17	1.45	CL
28	411692.5	4534722.5	38.7	25.2	36.0	1.16	1.43	CL
29	411693.8	4534707.8	38.1	29.8	32.1	1.13	1.37	CL
30	411710.2	4534712.1	35.6	27.9	36.5	1.26	1.51	SCL

**Çizelge 4.1.** Çalışma alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri (n=56) (devamı)

No	Koordinatlar, m		Mekanik analiz, %			KHA t m <sup>-3</sup>	DHA t m <sup>-3</sup>	Tekstür Sınıfı
	Doğu	Kuzey	Kil	Silt	Kum			
31	411723.5	4534714.2	38.3	25.3	36.5	1.24	1.56	CL
32	411739.1	4534718.0	47.7	22.3	30.1	1.14	1.44	CL
33	411754.2	4534721.0	51.1	21.6	27.4	1.11	1.44	C
34	411771.5	4534720.4	53.6	21.6	24.7	0.95	1.24	C
35	411790.1	4534715.0	49.8	22.2	28.0	1.15	1.50	C
36	411786.0	4534697.3	37.6	25.7	36.6	1.05	1.41	CL
37	411771.1	4534702.6	28.5	17.9	53.5	0.84	1.12	SCL
38	411754.2	4534705.4	62.9	16.8	20.3	1.04	1.39	C
39	411738.7	4534708.0	28.1	20.8	51.1	1.13	1.47	SCL
40	411720.8	4534703.3	34.1	26.4	39.5	1.04	1.32	CL
41	411704.6	4534699.7	22.3	28.5	49.2	1.20	1.52	L
42	411690.9	4534694.0	28.2	25.0	46.8	1.13	1.50	SCL
43	411692.7	4534676.9	31.5	30.0	38.5	1.05	1.31	CL
44	411707.4	4534686.2	23.0	18.7	58.3	1.18	1.49	SCL
45	411728.8	4534693.7	23.1	29.5	47.4	1.04	1.33	L
46	411736.8	4534688.1	21.7	24.3	54.0	1.10	1.30	SCL
47	411760.1	4534692.7	25.6	39.1	35.3	1.02	1.39	L
48	411773.0	4534687.8	51.5	21.9	26.6	0.95	1.33	C
49	411788.1	4534683.0	52.4	21.8	25.8	1.11	1.45	C
50	411785.3	4534667.0	48.8	20.9	30.3	1.07	1.42	C
51	411769.3	4534672.9	41.8	27.2	31.0	0.89	1.20	C
52	411734.8	4534687.0	32.8	23.2	44.0	0.83	1.13	CL
53	411745.0	4534680.6	22.8	22.8	54.5	1.22	1.52	SCL
54	411733.5	4534667.5	15.2	23.0	61.8	1.00	1.18	SL
55	411718.2	4534662.8	22.7	30.2	47.1	1.05	1.25	L
56	411707.2	4534655.1	18.3	21.2	60.5	1.19	1.42	SL

KHA, kuru hacim ağırlığı; DHA, doğal hacim ağırlığı; C, kil; CL, killi tın; SCL, kumlu killi tın; L, tın; SL, kumlu tın

Çizelge 4.1'in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, araştırma konusu toprak örneklerinin 25 tanesi kil (C), 14 tanesi killi tın (CL), 11 tanesi kumlu killi tın (SCL), 4 tanesi tın (L) ve 2 tanesi de kumlu tın (SL) tekstür sınıfına girmiştir. Çalışma alanındaki yüzey topraklarının %44.6'sı ince bünyeli topraklar, %44.6'sı orta derecede ince tekstürlü topraklar, %7.1'i orta tektürlü ve sadece %3.7'si de orta derecede kaba tekstürlü topraklar sınıfına dahil edilmiştir (Özdemir, 1998). Yine topraklarda KHA değerleri, 0.83 ile 1.29 t m<sup>-3</sup>, DHA değerleri ise 1.09 ile 1.68 t m<sup>-3</sup>



arasında değişmiştir. KHA, ortalama değer olarak 1.07 t m<sup>-3</sup> ve DHA ise 1.38 t m<sup>-3</sup> elde edilmiştir. Arshad ve ark. (1996), topraklarda tipik olarak hacim ağırlığı değerlerinin 1.0 ile 1.7 t m<sup>-3</sup> arasında değiştiiğini bildirmişlerdir.

Çalışmaya konu olan arazilerden alınan toprak örneklerinin bazı kimyasal özellikleri Çizelge 4.2' de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Çalışma alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri (n=56)

No	Koordinatlar, m		pH		EC		OM %	N %	P mg kg <sup>-1</sup>	KDK cmol kg <sup>-1</sup>
	Doğu	Kuzey	1:1	1:10	1:1	1:10				
1	411704.7	4534784.5	4.78	6.09	0.38	0.05	1.71	0.11	0.42	30.99
2	411721.7	4534779.3	5.32	6.31	0.28	0.06	1.78	0.11	0.21	28.17
3	411735.6	4534771.8	5.25	5.96	0.27	0.04	1.13	0.09	0.09	32.36
4	411750.1	4534769.0	5.32	5.88	0.27	0.04	1.24	0.07	0.03	35.38
5	411765.4	4534767.7	4.91	6.15	0.20	0.05	1.71	0.09	0.08	26.86
6	411780.4	4534766.2	5.29	6.20	0.18	0.04	1.44	0.10	0.91	28.76
7	411794.3	4534762.6	5.25	6.31	0.18	0.05	1.41	0.10	0.19	23.26
8	411789.4	4534751.9	5.08	6.08	0.37	0.04	1.09	0.06	0.12	44.73
9	411775.5	4534751.4	4.93	6.06	0.56	0.06	1.13	0.06	4.67	39.12
10	411760.8	4534749.0	5.10	6.17	0.33	0.06	2.66	0.14	0.23	31.25
11	411747.3	4534749.6	4.78	6.31	0.48	0.05	0.75	0.05	0.08	44.13
12	411731.8	4534750.3	5.32	6.08	0.32	0.04	1.18	0.07	0.11	38.97
13	411717.6	4534749.8	5.29	6.44	0.39	0.06	1.73	0.07	0.21	38.08
14	411702.5	4534751.8	5.49	6.46	0.24	0.06	1.56	0.08	0.43	34.24
15	411702.0	4534738.5	5.48	6.15	0.36	0.06	1.78	0.10	0.42	35.57
16	411716.3	4534739.3	5.07	6.30	0.33	0.05	2.08	0.10	0.29	40.45
17	411729.5	4534740.9	5.24	5.93	0.43	0.04	1.97	0.07	0.16	37.15
18	411742.6	4534742.5	5.12	6.30	0.55	0.06	0.62	0.03	0.10	52.43
19	411757.3	4534742.5	5.11	6.00	0.29	0.05	2.98	0.13	0.20	27.82
20	411769.4	4534741.4	5.11	5.98	0.34	0.07	2.83	0.16	0.36	30.01
21	411785.3	4534741.0	5.22	6.42	0.20	0.05	2.19	0.12	0.20	27.01
22	411782.2	4534728.7	5.09	6.06	0.28	0.05	2.18	0.13	0.15	29.43
23	411766.3	4534728.7	4.98	6.13	0.42	0.07	1.73	0.11	0.25	37.75
24	411751.6	4534730.6	5.11	6.20	0.36	0.05	1.93	0.12	0.72	38.15
25	411736.6	4534731.0	5.12	6.30	0.39	0.05	0.83	0.05	0.47	46.07
26	411722.4	4534727.9	5.12	6.11	0.26	0.04	1.73	0.12	7.91	38.07
27	411708.2	4534725.1	5.16	6.57	0.25	0.05	1.73	0.13	1.14	31.80
28	411692.5	4534722.5	5.48	6.47	0.22	0.05	1.29	0.10	0.64	33.52
29	411693.8	4534707.8	5.54	6.85	0.24	0.05	1.59	0.10	0.93	33.62
30	411710.2	4534712.1	5.09	6.25	0.20	0.05	2.53	0.16	1.95	32.59

**Çizelge 4.2.** Çalışma alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri (n=56) (devamı)

No	Koordinatlar, m		pH		EC, dS m <sup>-1</sup>		OM %	N %	P mg kg <sup>-1</sup>	KDK cmol kg <sup>-1</sup>
	Doğu	Kuzey	1:1	1:10	1:1	1:10				
31	411723.5	4534714.2	5.53	6.18	0.36	0.08	1.41	0.10	1.53	36.36
32	411739.1	4534718.0	4.99	6.02	0.32	0.06	1.97	0.15	0.87	34.24
33	411754.2	4534721.0	5.45	6.50	0.44	0.07	1.89	0.15	1.02	35.51
34	411771.5	4534720.4	5.31	6.19	0.26	0.04	1.52	0.11	0.23	31.24
35	411790.1	4534715.0	5.37	6.42	0.22	0.05	1.26	0.10	0.18	28.37
36	411786.0	4534697.3	5.28	6.20	0.33	0.05	1.31	0.09	0.28	36.43
37	411771.1	4534702.6	5.10	6.53	0.32	0.05	1.37	0.08	0.24	38.15
38	411754.2	4534705.4	5.03	5.88	0.37	0.04	1.99	0.11	0.29	37.28
39	411738.7	4534708.0	5.13	6.23	0.35	0.06	0.43	0.05	0.68	55.80
40	411720.8	4534703.3	5.53	6.46	0.21	0.13	1.78	0.14	1.68	32.62
41	411704.6	4534699.7	5.25	6.53	0.26	0.04	1.48	0.10	0.60	32.38
42	411690.9	4534694.0	5.21	6.34	0.48	0.06	1.28	0.09	2.49	49.90
43	411692.7	4534676.9	5.23	6.05	0.30	0.05	1.35	0.11	2.07	33.12
44	411707.4	4534686.2	5.43	6.32	0.35	0.04	0.71	0.06	3.83	42.72
45	411728.8	4534693.7	5.28	6.13	0.56	0.08	2.33	0.16	8.98	43.02
46	411736.8	4534688.1	5.59	6.25	0.20	0.08	1.69	0.12	3.17	27.38
47	411760.1	4534692.7	5.51	6.46	0.43	0.12	1.78	0.11	1.24	45.84
48	411773.0	4534687.8	5.16	6.17	0.34	0.04	1.16	0.09	0.50	36.45
49	411788.1	4534683.0	5.06	6.47	0.28	0.04	1.39	0.09	0.44	38.15
50	411785.3	4534667.0	5.17	6.53	0.30	0.05	1.71	0.09	0.87	34.14
51	411769.3	4534672.9	5.80	6.28	0.24	0.05	1.41	0.08	1.51	45.34
52	411734.8	4534687.0	5.41	6.45	0.40	0.09	1.93	0.14	3.09	46.76
53	411745.0	4534680.6	5.90	6.29	0.27	0.07	2.33	0.13	4.35	29.04
54	411733.5	4534667.5	5.38	6.15	0.15	0.05	1.50	0.10	3.41	25.83
55	411718.2	4534662.8	4.94	5.98	0.32	0.07	2.91	0.16	4.83	24.73
56	411707.2	4534655.1	5.59	6.20	0.26	0.04	0.94	0.08	3.66	41.72

pH, toprak reaksiyonu; EC, elektriksel iletkenlik; OM, organik madde; N, toplam azot; P, yarıyırlı fosfor; KDK, katyon değişim kapasitesi

Çizelge 4.2'nin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere; toprak örneklerinin tamamında reaksiyon asit karakterdedir ve EC değerleri sorun yaratmayacak niteliktedir. Toprakların organik madde içerikleri, %0.43 ile %2.98 arasında değişmiş ve %1.63'lük ortalama değer esas alındığında; çalışma alanında organik madde yönünden ıslaha ihtiyaç bulunduğu ifade edilebilir. Toplam N değerleri, %0.03 ile %0.16 arasında değişmiş ve topraklar orta düzeyde azota sahip olmuştur. Alınabilir P değerleri, 0.03 ile 8.98 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve 1.35 mg kg<sup>-1</sup> ortalama değeri dikkate alındığında, çalışma alanı toprakların alınabilir P yönünden problem

yaşanabileceği saptanmıştır. Yine araştırma alanı toprakları kil içeriklerinin fazla olması nedeniyle, yüksek KDK değerlerine sahip olmuştur.

Toprakların mikroelement ve değişebilir katyon içerikleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Çalışma alanı topraklarının mikroelement ve değişebilir katyon içerikleri (n=56)

No	Koordinatlar, m		DTPA ile ekstrakte edilebilir mg kg <sup>-1</sup>				Değişebilir katyonlar cmol kg <sup>-1</sup>			
	Doğu	Kuzey	Fe	Cu	Mn	Zn	Na	K	Ca	Mg
1	411704.7	4534784.5	105.17	1.76	35.02	0.45	4.37	0.78	22.36	3.47
2	411721.7	4534779.3	122.04	2.21	36.70	0.49	1.75	0.30	19.70	6.42
3	411735.6	4534771.8	72.11	1.17	24.95	0.55	1.27	0.22	20.85	10.02
4	411750.1	4534769.0	65.23	0.49	18.30	0.06	1.36	0.20	22.36	11.45
5	411765.4	4534767.7	59.33	0.80	34.08	0.19	1.45	0.27	12.12	13.02
6	411780.4	4534766.2	73.80	1.30	21.65	0.36	1.72	0.32	19.09	7.62
7	411794.3	4534762.6	55.71	0.85	28.17	0.24	1.16	0.22	16.63	5.25
8	411789.4	4534751.9	42.11	0.12	2.92	0.36	1.57	0.28	29.63	13.25
9	411775.5	4534751.4	108.96	1.02	23.50	0.05	1.54	0.25	27.00	10.33
10	411760.8	4534749.0	99.33	1.91	47.16	0.41	1.39	0.23	27.06	2.57
11	411747.3	4534749.6	71.71	0.46	12.68	0.32	1.57	0.39	32.88	9.28
12	411731.8	4534750.3	64.79	0.63	13.08	0.07	2.02	0.45	29.03	7.48
13	411717.6	4534749.8	102.44	2.29	35.84	0.28	2.09	0.39	29.54	6.06
14	411702.5	4534751.8	105.01	2.26	36.53	0.79	1.95	0.39	29.12	2.79
15	411702.0	4534738.5	139.70	2.67	32.05	0.88	1.73	0.33	23.18	10.33
16	411716.3	4534739.3	121.56	1.78	27.39	0.52	2.83	0.45	33.45	3.72
17	411729.5	4534740.9	76.78	0.96	11.79	0.02	2.14	0.45	29.66	4.90
18	411742.6	4534742.5	164.64	1.01	29.37	0.13	1.54	0.21	43.60	7.08
19	411757.3	4534742.5	100.22	0.40	18.38	0.02	2.27	0.33	18.36	6.85
20	411769.4	4534741.4	77.09	0.90	27.13	0.24	1.92	0.30	22.60	5.19
21	411785.3	4534741.0	90.61	1.17	47.91	0.45	1.48	0.32	16.60	8.61
22	411782.2	4534728.7	80.33	1.25	25.41	0.62	1.08	0.22	17.30	10.83
23	411766.3	4534728.7	43.57	0.35	6.61	0.61	2.11	0.31	23.82	11.52
24	411751.6	4534730.6	120.50	1.60	20.59	0.49	2.21	0.40	25.48	10.06
25	411736.6	4534731.0	189.8	1.00	9.92	0.24	1.72	0.25	35.18	8.92
26	411722.4	4534727.9	150.35	0.91	10.52	0.33	3.46	0.64	25.63	8.34
27	411708.2	4534725.1	143.48	2.06	30.11	0.59	1.82	0.33	21.51	8.14
28	411692.5	4534722.5	111.89	2.30	27.77	0.59	1.54	0.28	22.24	9.46
29	411693.8	4534707.8	124.54	1.59	33.73	0.60	1.79	0.24	15.09	16.5
30	411710.2	4534712.1	172.8	1.72	36.07	0.98	3.85	0.69	19.91	8.15

**Çizelge 4.3.** Çalışma alanı topraklarının mikroelement ve değişebilir katyon içerikleri (n=56)  
(devamı)

No	Koordinatlar		DTPA ile ekstrakte edilebilir mg kg <sup>-1</sup>				Değişebilir katyonlar cmol kg <sup>-1</sup>			
	Doğu m	Kuzey m	Fe	Cu	Mn	Zn	Na	K	Ca	Mg
31	411723.5	4534714.2	138.92	2.51	29.57	0.68	2.83	0.54	28.60	4.39
32	411739.1	4534718.0	144.62	1.55	30.51	0.77	2.72	0.55	22.09	8.89
33	411754.2	4534721.0	137.07	2.03	36.53	1.19	3.34	0.60	21.24	10.33
34	411771.5	4534720.4	42.83	0.37	4.89	0.29	1.73	0.27	20.73	8.52
35	411790.1	4534715.0	65.37	0.93	28.61	0.58	1.66	0.26	18.76	7.70
36	411786.0	4534697.3	52.29	1.25	8.77	0.30	2.17	0.31	25.36	8.58
37	411771.1	4534702.6	50.30	0.71	3.48	0.32	1.33	0.19	30.54	6.09
38	411754.2	4534705.4	42.22	0.51	1.59	0.30	3.73	0.59	22.33	10.63
39	411738.7	4534708.0	98.78	1.50	10.35	0.41	2.17	0.33	43.09	10.21
40	411720.8	4534703.3	199.54	2.59	24.69	1.05	2.83	0.45	23.57	5.77
41	411704.6	4534699.7	88.34	1.41	15.17	0.64	1.79	0.29	22.39	7.91
42	411690.9	4534694.0	127.85	2.71	25.30	1.26	4.46	0.65	35.03	9.77
43	411692.7	4534676.9	122.09	1.40	17.55	0.38	2.87	0.49	21.00	8.76
44	411707.4	4534686.2	84.81	1.06	10.41	0.55	2.65	0.44	30.06	9.57
45	411728.8	4534693.7	159.57	2.13	36.32	0.42	9.71	1.95	23.79	7.58
46	411736.8	4534688.1	96.98	2.93	8.42	0.56	1.72	0.32	20.39	4.95
47	411760.1	4534692.7	109.38	3.44	20.01	0.39	2.07	0.29	36.15	7.33
48	411773.0	4534687.8	77.54	2.69	13.78	0.08	1.39	0.26	29.24	5.56
49	411788.1	4534683.0	82.29	1.09	25.97	0.61	1.98	0.37	26.97	8.84
50	411785.3	4534667.0	71.93	0.97	42.65	0.47	2.41	0.48	24.30	6.96
51	411769.3	4534672.9	98.85	3.01	8.16	0.43	1.82	0.20	36.06	7.27
52	411734.8	4534687.0	189.08	4.05	24.65	0.59	3.96	0.74	33.00	9.06
53	411745.0	4534680.6	172.80	2.49	14.03	0.77	1.95	0.33	20.85	5.92
54	411733.5	4534667.5	47.49	2.88	12.71	0.18	1.91	0.33	16.63	6.95
55	411718.2	4534662.8	89.66	2.22	27.34	0.40	4.63	0.78	16.30	3.02
56	411707.2	4534655.1	42.84	1.62	6.82	0.26	1.48	0.20	36.69	3.35

Çizelge 4.3'ün incelenmesinden de anlaşılacağı üzere; toprak örneklerinin DTPA ile ekstrakte edilebilir (bitki tarafından alınabilir) Fe içerikleri, 42.11 ile 199.54 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değer olarak 101.59 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Lindsay ve Norwell (1978), DTPA ekstraksiyonuna göre 4.5 mg kg<sup>-1</sup> ve daha yüksek Fe değerlerini “fazla” olarak nitelendirmiştir. Bu sınıflandırmaya göre çalışma alanında bitki tarafından alınabilir Fe içeriği bakımından bir sorun olmayacağı ifade edilebilir.

Toprak örneklerinin DTPA ile ekstrakte edilebilir (bitki tarafından alınabilir) Mn içerikleri, 1.59 ile 47.91 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değer olarak 22.39 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Sillanpaa (1990), DTPA ekstraksiyonuna göre 14 ile 50 mg kg<sup>-1</sup> arasındaki Mn değerlerini “yeterli” olarak nitelendirmiştir. Bu sınıflandırmaya göre çalışma alanında Mn için elde edilen ortalama değer dikkate alındığında, bitki tarafından alınabilir Mn içeriği bakımından bir sorun olmayacağı söylenebilir.

Toprak örneklerinin DTPA ile ekstrakte edilebilir (bitki tarafından alınabilir) Cu içerikleri, 0.12 ile 4.05 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değer olarak 1.59 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Lindsay ve Norwell (1978), DTPA ekstraksiyonuna göre 0.2 mg kg<sup>-1</sup> ve daha yüksek Cu değerlerini “yeterli” olarak nitelendirmiştir. Bu sınıflandırmaya göre çalışma alanında bitki tarafından alınabilir Cu içeriği bakımından bir sorun olmayacağı ifade edilebilir.

Toprak örneklerinin DTPA ile ekstrakte edilebilir (bitki tarafından alınabilir) Zn içerikleri, 0.02 ile 1.26 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değer olarak 0.46 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Sillanpaa (1990), DTPA ekstraksiyonuna göre 0.7 ile 2.4 mg kg<sup>-1</sup> arasındaki Zn değerlerini “yeterli” ve 0.2 ile 07 mg kg<sup>-1</sup> arasındaki Zn değerlerini ise “az” olarak nitelendirmiştir. Bu sınıflandırmaya göre çalışma alanında Zn için elde edilen ortalama değer dikkate alındığında, bitki tarafından alınabilir Zn içeriği bakımından bir sorun olduğu ve çinkolu gübrelemeye ihtiyaç duyulacağı belirtilebilir.

Toprak örneklerinin değişebilir Na içerikleri, 1.08 ile 9.71 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değer olarak 2.32 cmol kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Ortalama değer dikkate alındığında fındık bitkisi için Na açısından bir duyarlılık olacağı söylenebilir (Sillanpaa, 1990). Toprak örneklerinin değişebilir K içerikleri, 0.19 ile 1.95 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değer olarak 0.41 cmol kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Sillanpaa (1990), 0.28 ile 0.74 cmol kg<sup>-1</sup> arasındaki değişebilir K içeriği değerlerinin bitkiler için yeterli düzeyde K sağlayabileceğini ifade etmiştir. Bu durumda; fındık bitkisi için K açısından bir sorun olmayacağı söylenebilir.

Toprak örneklerinin değişebilir Ca içerikleri, 12.12 ile 43.60 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değer olarak 25.29 cmol kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Sillanpaa (1990), 17.5 ile 50.0 cmol kg<sup>-1</sup> arasındaki değişebilir Ca içeriği değerlerinin bitkiler için fazla düzeyde Ca sağlayabileceğini ifade etmiştir. Bu değerlendirmeye göre; fındık bitkisi için Ca açısından bir sorun olmayacağı ifade edilebilir.

Toprak örneklerinin değişebilir Mg içerikleri, 2.57 ile 16.50 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değer olarak 7.88 cmol kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Sillanpaa (1990), 4.0 ile 12.5 cmol kg<sup>-1</sup> arasındaki değişebilir Mg içeriği değerlerinin bitkiler için fazla düzeyde Mg sağlayabileceğini ifade etmiştir. Bu değerlendirmeye göre; fındık bitkisi için Mg açısından bir sorun olmayacağı belirtilebilir.

Fındık yetiştiriciliği yapılan bu araştırma sahası için alınan toprak örneklerinde, çalışma kapsamında seçilen fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.4' te verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler (n=56)

Toprak özellikleri	Tanımlayıcı istatistikler						
	Ortalama	Sd	DK	En düşük	En fazla	Çarpıklık	Basıklık
Kil, %	38.52	11.24	29.17	15.2	62.9	-0.19	-0.92
Silt, %	24.59	3.59	14.61	16.8	39.1	0.99	3.85
Kum, %	36.89	11.04	29.94	20.3	61.8	0.65	-0.61
KHA, t m <sup>-3</sup>	1.07	0.10	9.51	0.83	1.29	-0.34	0.14
DHA, t m <sup>-3</sup>	1.38	0.12	8.73	1.09	1.68	-0.25	0.09
pH <sub>1:1</sub>	5.25	0.23	4.35	4.78	5.90	0.46	0.47
pH <sub>1:10</sub>	6.25	0.20	3.19	5.88	6.85	0.39	0.19
EC <sub>1:1</sub> , dS m <sup>-1</sup>	0.32	0.10	30.16	0.15	0.56	0.68	0.25
EC <sub>1:10</sub> , dS m <sup>-1</sup>	0.06	0.02	32.21	0.04	0.13	2.23	6.37
Organik madde (OM), %	1.63	0.55	33.90	0.43	2.98	0.38	0.32
Toplam N, %	0.10	0.03	30.37	0.03	0.16	0.03	-0.36
Yarıyışlı P, mg kg <sup>-1</sup>	1.35	1.89	139.96	0.03	8.98	2.33	5.91
Alınabilir Fe, mg kg <sup>-1</sup>	101.59	41.70	41.05	42.11	199.54	0.53	-0.44
Alınabilir Cu, mg kg <sup>-1</sup>	1.59	0.87	54.94	0.12	4.05	0.55	-0.18
Alınabilir Mn, mg kg <sup>-1</sup>	22.39	11.75	52.48	1.59	47.91	0.09	-0.82
Alınabilir Zn, mg kg <sup>-1</sup>	0.47	0.28	59.99	0.02	1.26	0.79	0.86
Değişebilir Na, cmol kg <sup>-1</sup>	2.32	1.33	57.16	1.08	9.71	3.50	16.97
Değişebilir K, cmol kg <sup>-1</sup>	0.41	0.26	64.67	0.19	1.95	4.01	21.92
Değişebilir Ca, cmol kg <sup>-1</sup>	25.29	6.89	27.23	12.12	43.60	0.66	0.16
Değişebilir Mg, cmol kg <sup>-1</sup>	7.88	2.79	35.38	2.57	16.50	0.30	0.63
KDK, cmol kg <sup>-1</sup>	35.90	7.08	19.73	23.26	55.80	0.64	0.22

Sd, standart sapma; DK, değişim katsayısı; DHA, doğal hacim ağırlığı; KHA, kuru hacim ağırlığı; EC, elektriksel iletkenlik; KDK, katyon değişim kapasitesi

Toprak özelliklerinin çalışma alanındaki değişimlerinin değerlendirilmesinde, her bir özelliğe ait varyasyon katsayısı değerlerinden yararlanılmıştır. Wilding ve Dress

(1983), toprak özelliklerindeki değişimlere ait varyasyon katsayılarının;  $VK < \%15$ ,  $15 \leq VK \leq \%35$  ve  $\%35 < VK$  olmak üzere üç grup içerisinde değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir. Varyasyon katsayısının artmasıyla, değişkenliğin arttığı bilinmektedir. Bu değerlendirmeye göre; araştırma topraklarına ait yarayışlı P değerlerinin çalışma sahası içerisinde en fazla değişkenlik gösteren ( $VK=\%139.96$ ) ve  $pH_{1:10}$  değerlerinin ise en az değişim gösteren ( $VK=\%3.19$ ) toprak özellikleri olduğu söylenebilir. Yine toprakların  $pH_{1:1}$ , KHA ve DHA gibi özellikleri daha az değişim göstermişlerdir (Çizelge 4.4).

#### **4.1.1. Toprak Özelliklerinin Jeostatistiksel Analizi**

Çalışmada kullanılan toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait semivaryanslar,  $GS^+$  10.0 bilgisayar paket programı yardımıyla, örnekleme noktalarında yapılan GPS okumalarından elde edilen UTM projeksiyon sistemindeki koordinatları esas alınarak;  $0^\circ$  (Doğu-Batı),  $45^\circ$  (Kuzeydoğu-Güneybatı),  $90^\circ$  (Kuzey-Güney ve  $135^\circ$  (Güneydoğu-Kuzeybatı) olmak üzere dört farklı yönde hesaplanmıştır ( $GS^+$ , 2014). Her bir toprak özelliğine ait hesaplanan semivaryans değerleri bağımlı değişken olarak  $y$  ekseninde ve örnek çiftleri arasındaki ortalama uzaklıklar da (range) bağımsız değişken olarak  $x$  ekseninde yerleştirilerek parametrelere ait semivaryogramlar elde edilmiştir. Belirlenen semivaryogram model parametrelerinin önemli farklılıklar göstermemesi nedeniyle incelenen özelliklere ait değişimin çalışma sahasında izotropik olduğu (değişimin sadece örnekler arasındaki mesafeden kaynaklandığı) kabul edilmiştir. Toprak özelliklerinin araştırma alanındaki değişimleri için en uygun izotropik semivaryogram modelleri ve model parametreleri ilgili başlık altında verilmiştir.

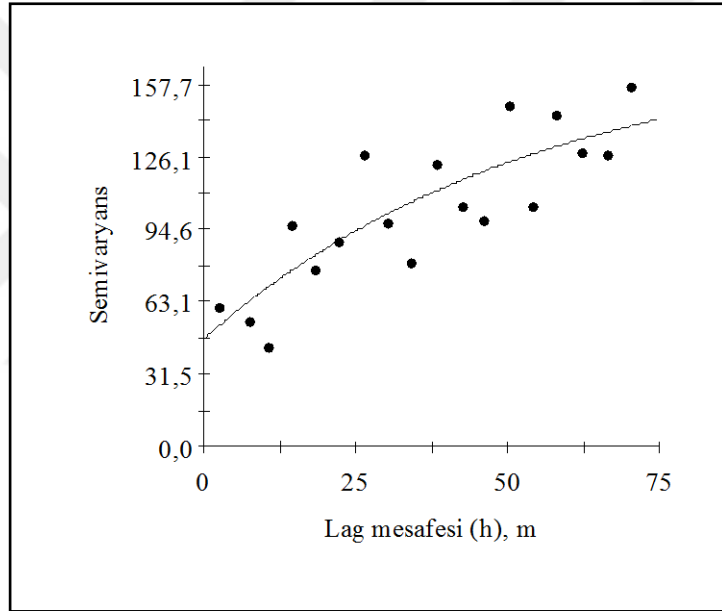
#### **4.1.2. Kil**

Kil değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik (değişimin sadece örnekler arasındaki uzaklığın bir fonksiyonu olduğunu kabul eden) modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek  $r^2$  değeri veren model prensibine göre kullanılan  $GS^+$  bilgisayar programı tarafından exponential (üssel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.5 ve Şekil 4.1).

**Çizelge 4.5.** Kil değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
Kil	46.7	175.0	54.6	0.733	0.71	Exponential

Model için etki mesafesi, 54.6 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.5). Başka bir ifadeyle; kil için bu araştırma sahasında mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik exponential modelin ancak 54.6 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak ta yaklaşık 55 m seçilebileceğini söyleyebiliriz. Duffera ve ark. (2007), toprak fiziksel özelliklerinin uzaysal değişkenliğini ortaya koymak üzere yaptıkları bir çalışmalarında, kil için örnekleme mesafesinin 86 m ile 411 m arasında seçilebileceğini ifade etmişlerdir.



**Şekil 4.1.** Kil için en uygun semivaryogram modeli

Exponential (üssel) izotropik model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede kil değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Kil için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.6'da verilmiştir.

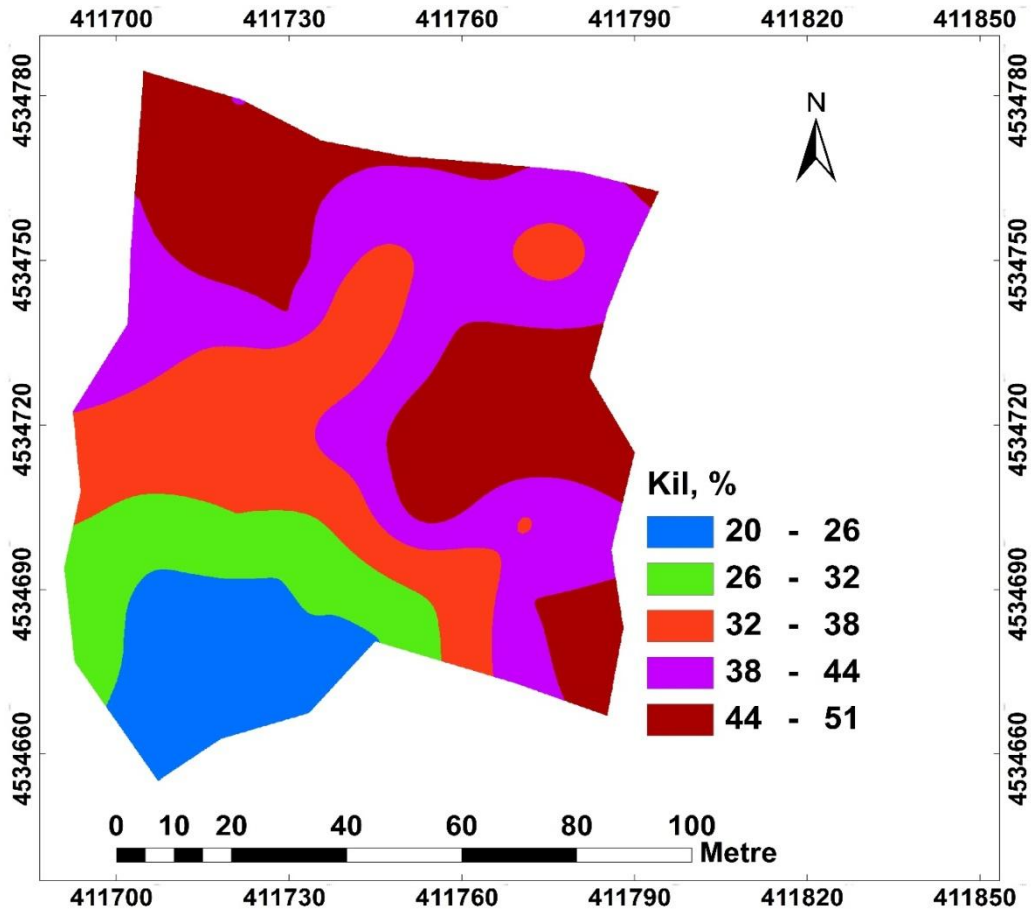
**Çizelge 4.6.** Kil için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	15.2	19.6
En büyük	62.9	51.7
Ortalama	38.5	38.5
Standart sapma	11.24	7.95



Çizelge 4.6' dan da görüleceği üzere; kil için analizle bulunan değerlerle Kriging yardımıyla tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, bu toprak mekaniksel özelliğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu ve bu özelliğin tahmin haritasının elde edilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile tahmin edilen kil içerikleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.2)



Şekil 4.2. Çalışma alanında kil değişimi

Şekil 4.2'den de görüleceği üzere; çalışma alanında kil değerleri, çalışma alanının kuzey-doğu kısımlarında genellikle daha yüksek elde edilmiş, güney-batı kısımlarında ise daha düşük değerlerde elde edilmiştir.

Kil için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisindeki kapladığı alanlar Çizelge 4.7'de verilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Kil için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Kil, %	Alan, m <sup>2</sup>	Kapladığı Alan, %
20-26	1617.91	12.08
26-32	1413.52	10.56
32-38	2181.56	16.29
38-44	3829.53	28.60
44-51	4347.78	32.47
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.7’den de görüleceği üzere; çalışma arazisinde ağır killi tekstür sınıfında olabilecek toprakların oranı, %32.47 iken; killi sınıfına girebilecek toprakların oranı %77.36’dır. Bu durumda seçilen findık arazisi topraklarının muhtemel tekstür sınıflarında “killi” ifadesinin yer alması söz konusudur.

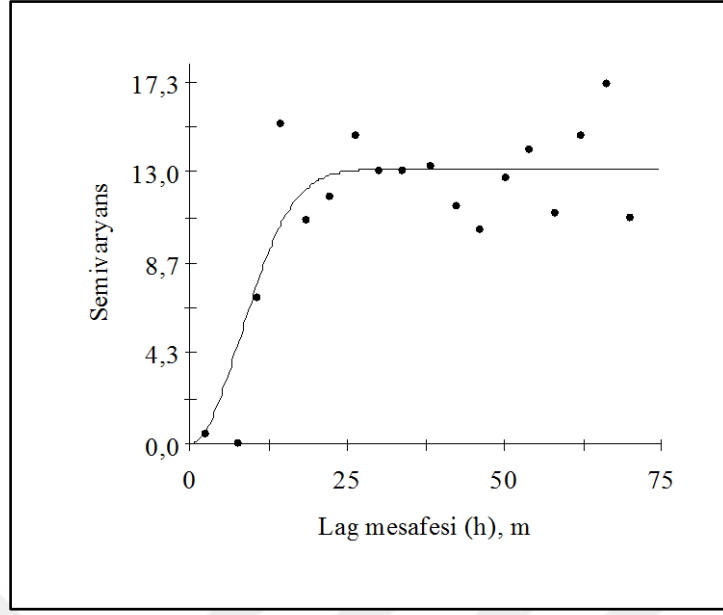
#### 4.1.3. Silt

Silt değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek  $r^2$  değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.8 ve Şekil 4.3).

**Çizelge 4.8.** Silt değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	$r^2$	Model
Silt	0.01	13.15	19.8	0.999	0.75	Gaussian

Model için etki aralığı 19.8 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.8). Diğer bir ifade ile silt için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik gaussian modelin ancak 19.8 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarakta yaklaşık 20 m seçilebileceğini söyleyebiliriz. Bu değer dikkate alındığında; çalışmada seçilen örnekleme mesafesi siltin değişimini ortaya koymak üzere yeterli olmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda silt için etki aralığı; 380 m (Erşahin, 1999), 90 m (Yetgin, 2004), 330 m (Akbaş, 2004), 62 m (Kılıç ve Kılıç, 2006) ve 76 m (Duffera ve ark., 2007) olarak elde edilmiştir.



**Şekil 4.3.** Silt için en uygun semivaryogram modeli

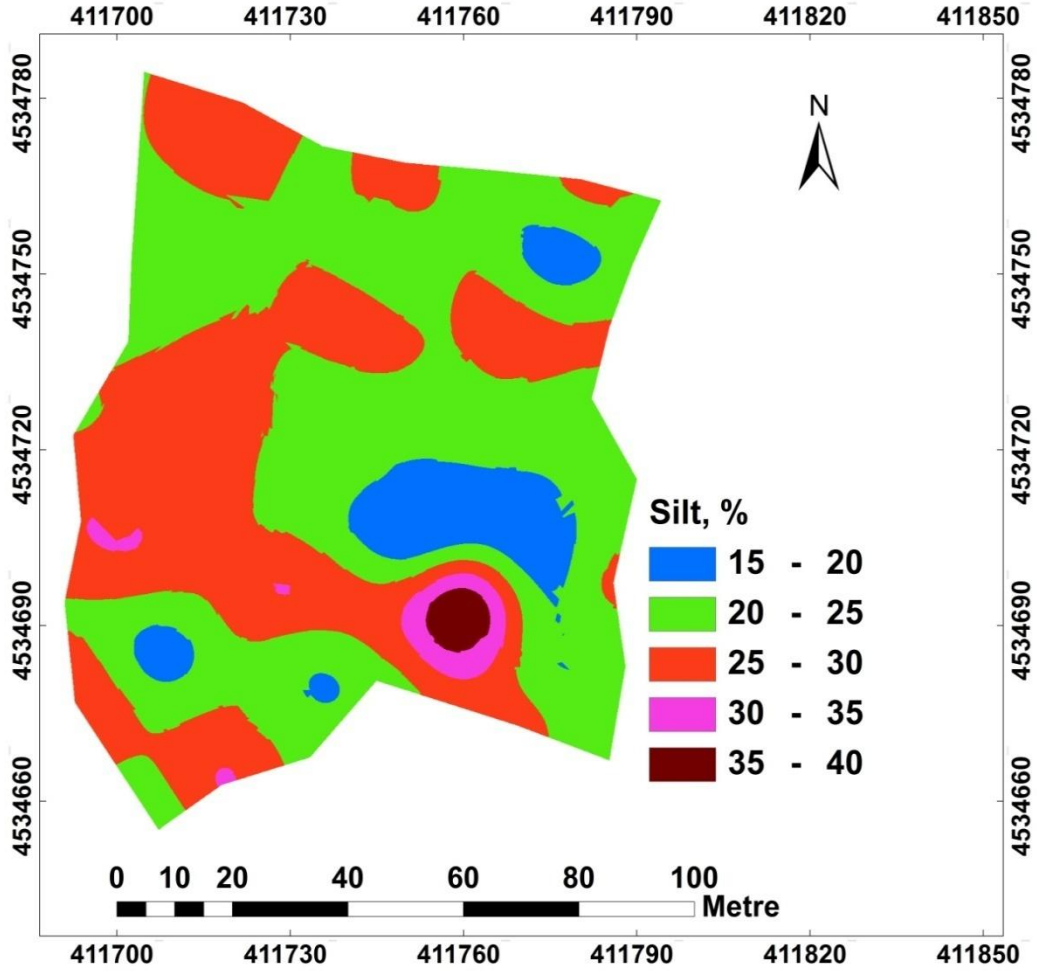
Gaussian izotropik model parametreleri esas alınarak, çalışmada 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede silt değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Silt için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.9’da verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Silt için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	16.8	17.8
En büyük	39.1	35.9
Ortalama	24.59	24.58
Standart sapma	3.59	1.33

Çizelge 4.9’da da görüleceği üzere; silt için analizle bulunan değerlerle Kriging analiziyle tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin ölçülen değerlerden daha küçük elde edilmesi, bu toprak fiziksel özelliğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen izotropik Gaussian modelinin uygun olduğunu ve bu özelliğin tahmin haritasının elde edilmesinde bu modelin rahatlıkla kullanılabileceğini göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile tahmin edilen silt içerikleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Çalışma alanında silt değişimi

Şekil 4.4'ten de görüleceği üzere; silt değerleri, çalışma alanının güney-batı kısımlarında genellikle daha yüksek elde edilmiş, doğu ve kuzey kısımlarında ise daha düşük değerlerde elde edilmiştir. Silt için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisindeki kapladığı alanlar Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Silt için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (%)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
15-20	775.80	5.79
20-25	7571.31	56.54
25-30	4748.66	35.46
30-35	200.78	1.5
35-40	93.75	0.70
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.10'dan da görüleceği üzere; çalışma arazisinde yüksek silt içeriğine sahip olan alanlar sadece %2.2'dir. Bu durumda seçilen fındık arazisi topraklarının muhtemel tekstür sınıflarında “siltli” ifadesinin yer alması pek mümkün gözükmemektedir.

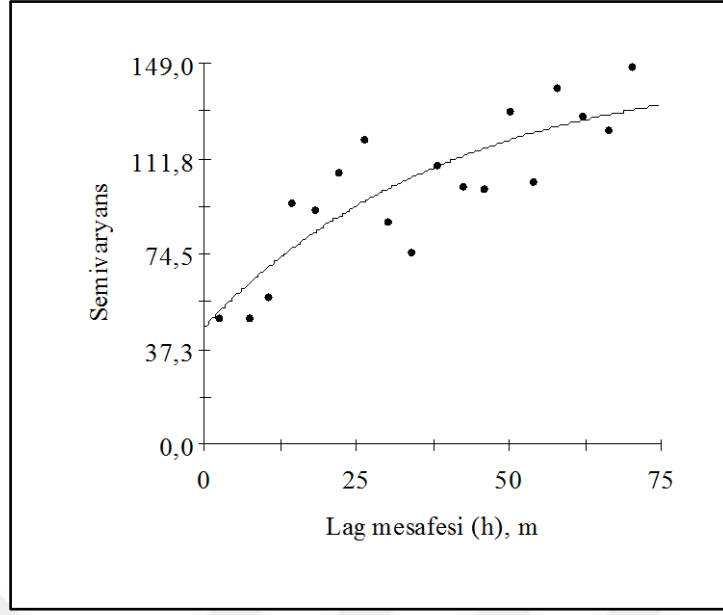
#### 4.1.4. Kum

Kum değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek  $r^2$  değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından exponential (üssel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.11 ve Şekil 4.5).

**Çizelge 4.11.** Kum değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	$r^2$	Model
Kum	45.6	149.3	122.1	0.695	0.72	Exponential

Model için etki aralığı 122.1 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.11). Başka bir ifadeyle; kum için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik exponential modelin ancak 122.1 metreye kadar geçerli olabileceği ve örnekleme mesafesi olarak ta yaklaşık 123 m seçilebileceği ifade edilebilir. Ongun (2008), yapmış olduğu bir çalışmada, üst topraklarda kum fraksiyonunun değişimi için, 75.69 m etki mesafesi ile Gaussian modelin en uygun model olduğunu ifade etmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda kum fraksiyonu için etki aralığı; 320 m (Erşahin, 1999), 127.9 m (Yetgin, 2004), 341 m (Akbaş, 2004), 62 m (Kılıç ve Kılıç, 2006) ve 81 m (Duufer ve ark., 2007) olarak elde edilmiştir.



**Şekil 4.5.** Kum için en uygun semivaryogram modeli

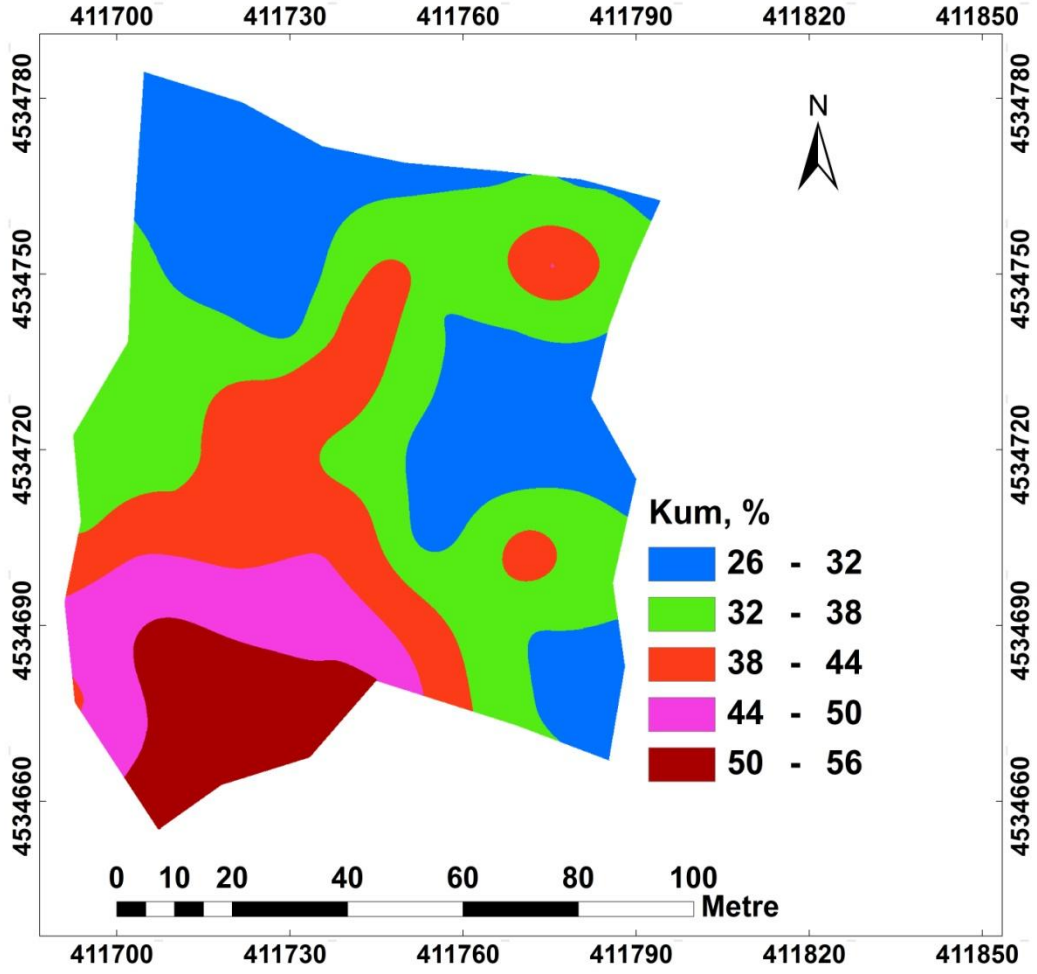
Exponential izotropik model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede kum değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi yapılmıştır. Kum fraksiyonu için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.12’de verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Kum için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	20.3	25.5
En büyük	61.8	55.9
Ortalama	36.89	37.01
Standart sapma	11.04	7.205

Çizelge 4.12’den de görüleceği üzere; kum için analizle bulunan değerlerle Kriging analiziyle tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, bu toprak mekaniksel özelliğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu ve bu özelliğin tahmin haritasının elde edilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile tahmin edilen kum içerikleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Çalışma alanında kum değişimi

Şekil 4.6’da görüleceği üzere; çalışma alanında kum değerleri, çalışma alanının kuzey ve batı kısımlarında genellikle daha düşük elde edilmiş, güney-batı kısımlarında ise daha yüksek değerlerde elde edilmiştir. Kum için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisindeki kapladığı alanlar Çizelge 4.13’te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Kum için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (%)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
26-32	4542.78	33.93
32-38	4185.85	31.26
38-44	1993.74	14.89
44-50	1347.52	10.06
50-56	1320.41	9.86
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.13'den de görüleceği üzere; çalışma arazisinde çok kumlu tekstür sınıfında olabilecek toprakların oranı, %9.86 iken; daha az miktarlarda kum içeren kesimlerin oranı %33.93'tür. Bu durumda seçilen fındık arazisi topraklarının muhtemel tekstür sınıflarında “kumlu” ifadesinin yer alması mümkün gözükmemektedir.

#### 4.1.5. Toprak Reaksiyonu

##### 4.1.5.1. $pH_{1:1}$

Toprak reaksiyonu; toprağın asit, nötr ve alkalın karakterde olup olmadığını ifade eden bir toprak kimyasal özelliğidir. Toprak reaksiyonu, toprak çözeltisinde bulunan  $H^+$  iyonları konsantrasyonunun negatif logaritması alınarak elde edilen pH terimi ile ifade edilir.

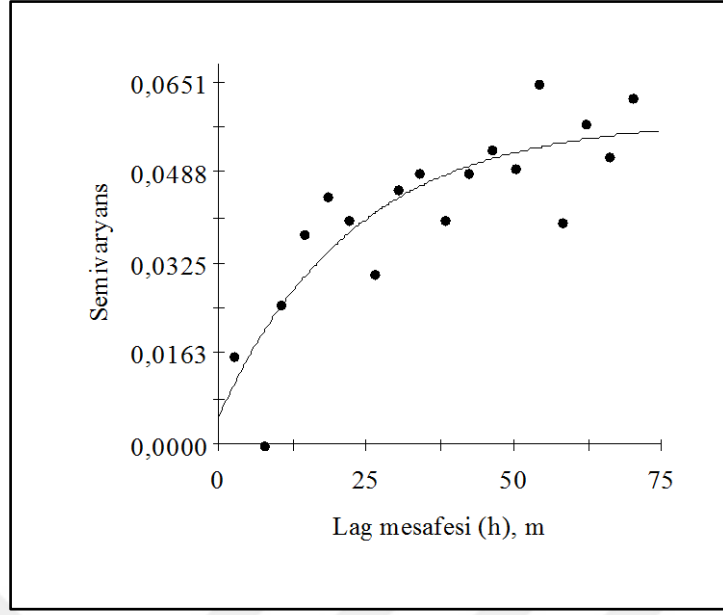
$pH_{1:1}$  değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek  $r^2$  değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından exponential (üssel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.14 ve Şekil 4.7).

**Çizelge 4.14.**  $pH_{1:1}$  değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	$r^2$	Model
$pH_{1:1}$	0.0048	0.0583	68.7	0.918	0.73	Exponential

Model için etki aralığı 68.7 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.14). Başka bir ifadeyle;  $pH_{1:1}$  için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik exponential (üssel) modelin ancak 68.7 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak yaklaşık 69 m seçilebileceğini söyleyebiliriz. Farklı araştırmacılar toprak reaksiyonunun uzaysal değişimini araştırdıkları çalışmalarında etki mesafelerini; Erşahin (1999), 250 m; Yetgin (2004), 114.8 m; Akbaş (2004), 62.1 m; Miao ve ark. (2006), 357 m; Kılıç ve Kılıç (2006), 169 m; Cemek ve ark. (2006), 1340 m ve Virgilio ve ark. (2006), 190 m olarak ifade etmişlerdir.





Şekil 4.7. pH<sub>1:1</sub> için en uygun semivaryogram modeli

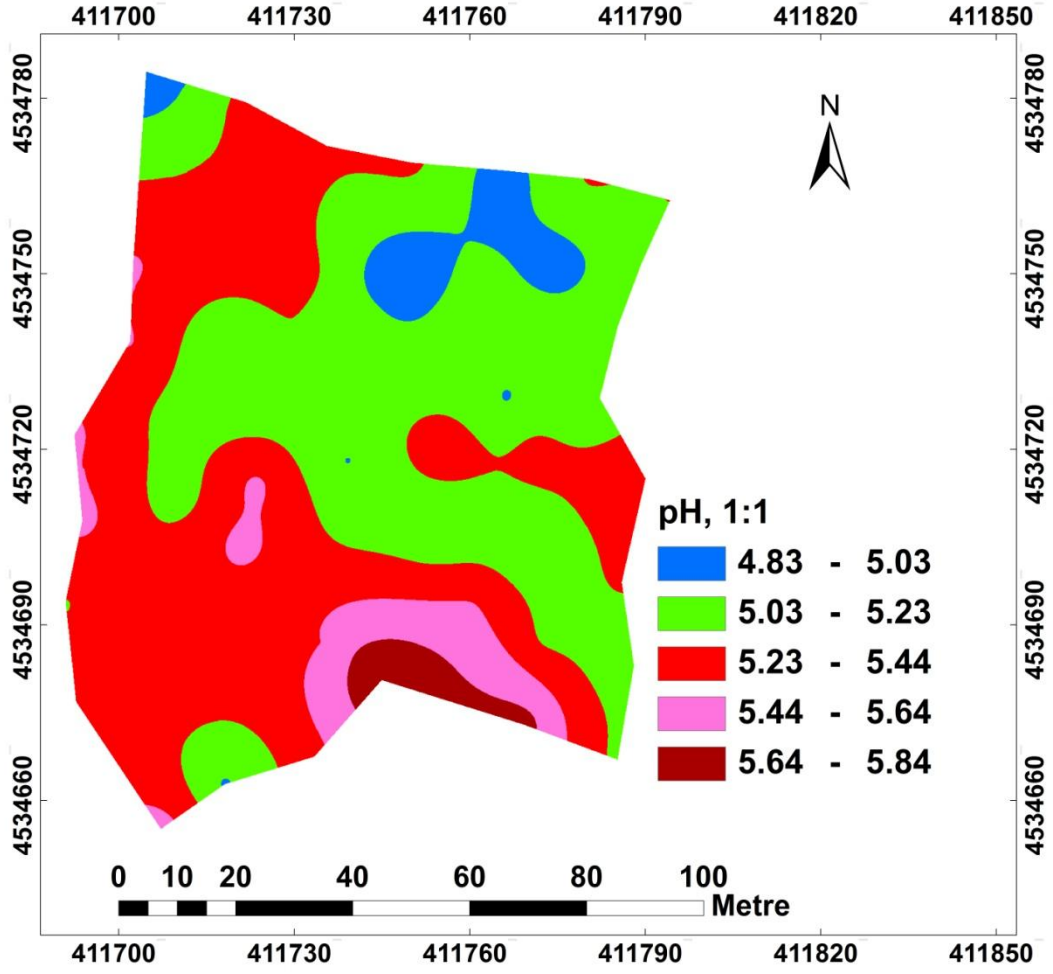
Exponential izotropik model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede pH<sub>1:1</sub> değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. pH<sub>1:1</sub> için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. pH<sub>1:1</sub> için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	4.78	4.89
En büyük	5.90	5.76
Ortalama	5.25	5.25
Standart sapma	0.23	0.13

Çizelge 4.15'den de görüleceği üzere pH<sub>1:1</sub> için analizle bulunan değerlerle Kriging analiziyle tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, bu toprak mekaniksel özelliğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu ve bu özelliğin tahmin haritasının elde edilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile tahmin edilen pH<sub>1:1</sub> içerikleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Çalışma alanında  $pH_{1:1}$  değişimi

Şekil 4.8’den de görüleceği üzere; çalışma alanında  $pH_{1:1}$  değerleri, çalışma alanının güney kısımlarında genellikle daha yüksek elde edilmiş, kuzey kısımlarında ise daha düşük değerlerde elde edilmiştir.  $pH_{1:1}$  için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisindeki kapladığı alanlar Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16.  $pH_{1:1}$  için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
4.83-5.03	591.43	4.42
5.03-5.23	5480.48	40.93
5.23-5.44	5589.55	41.74
5.44-5.64	1295.92	9.68
5.64-5.84	432.92	3.23
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.16'dan da görüleceği üzere; çalışma arazisinde “çok kuvvetli asit, orta asit” sınıfında olabilecek toprakların oranı, %87.09 iken; “hafif asit” sınıfına girebilecek toprakların oranı %12.91'dir. Bu durumda seçilen fındık arazisi topraklarının muhtemel toprak reaksiyonu sınıflarında “kuvvetli asit” ifadesinin yer alması söz konusudur (Bruce ve Rayment 1982).

#### 4.1.5.2. pH<sub>1:10</sub>

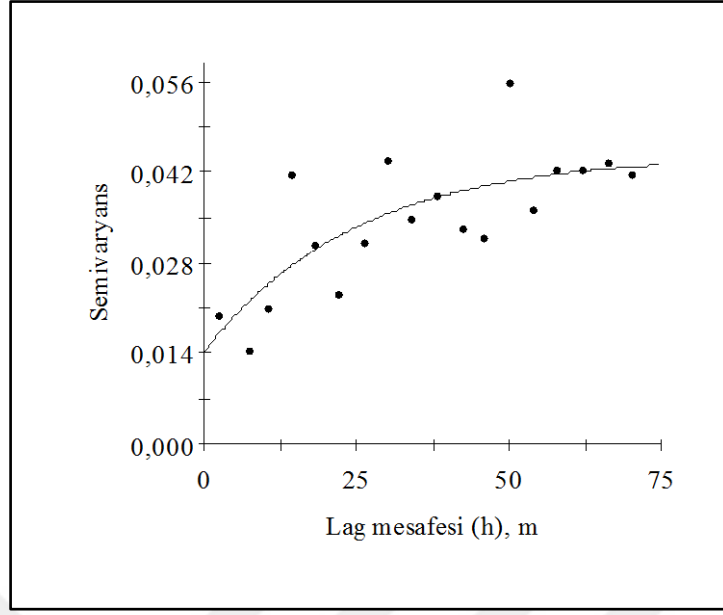
Toprak reaksiyonu, topraktaki bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından alınabilirliğini ve toprak canlılığının yegâne unsuru olan mikroorganizma faaliyetlerini doğrudan ve dolaylı etkilemektedir (USDA, 1999).

pH<sub>1:10</sub> değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından exponential (üssel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.17 ve Şekil 4.9).

**Çizelge 4.17.** pH<sub>1:10</sub> değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
pH <sub>1:10</sub>	0.014	0.0443	74.1	0.683	0.56	Exponential

Model için etki aralığı, 74.1 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.17). Başka bir ifadeyle; pH<sub>1:10</sub> için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik exponential modelin ancak 74.1 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak ta yaklaşık 75 m seçilebileceğini ifade edebiliriz. Ongun (2008), toprakta bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğini araştırdığı bir çalışmada; toprak pH' sı için etki mesafesinin üst topraklar için 263.1 m ve alt topraklar için 63.0 m olduğunu saptamıştır. Yine araştırmacı, çalışma alanında toprak pH'sındaki uzaysal değişkenliği, hem alt hem de üst topraklar için izotropik exponential (üssel) model ile tanımlamıştır. Farklı araştırmacılar toprak reaksiyonunun uzaysal değişimini araştırdıkları çalışmalarında etki mesafelerini; Erşahin (1999), 250 m; Yetgin (2004), 114.8 m; Akbaş (2004), 62.1 m; Miao ve ark. (2006), 357 m; Kılıç ve Kılıç (2006), 169 m; Cemek ve ark. (2006), 1340 m ve Virgilio ve ark. (2006), 190 m olarak ifade etmişlerdir.



**Şekil 4.9.** pH<sub>1:10</sub> için en uygun semivaryogram modeli

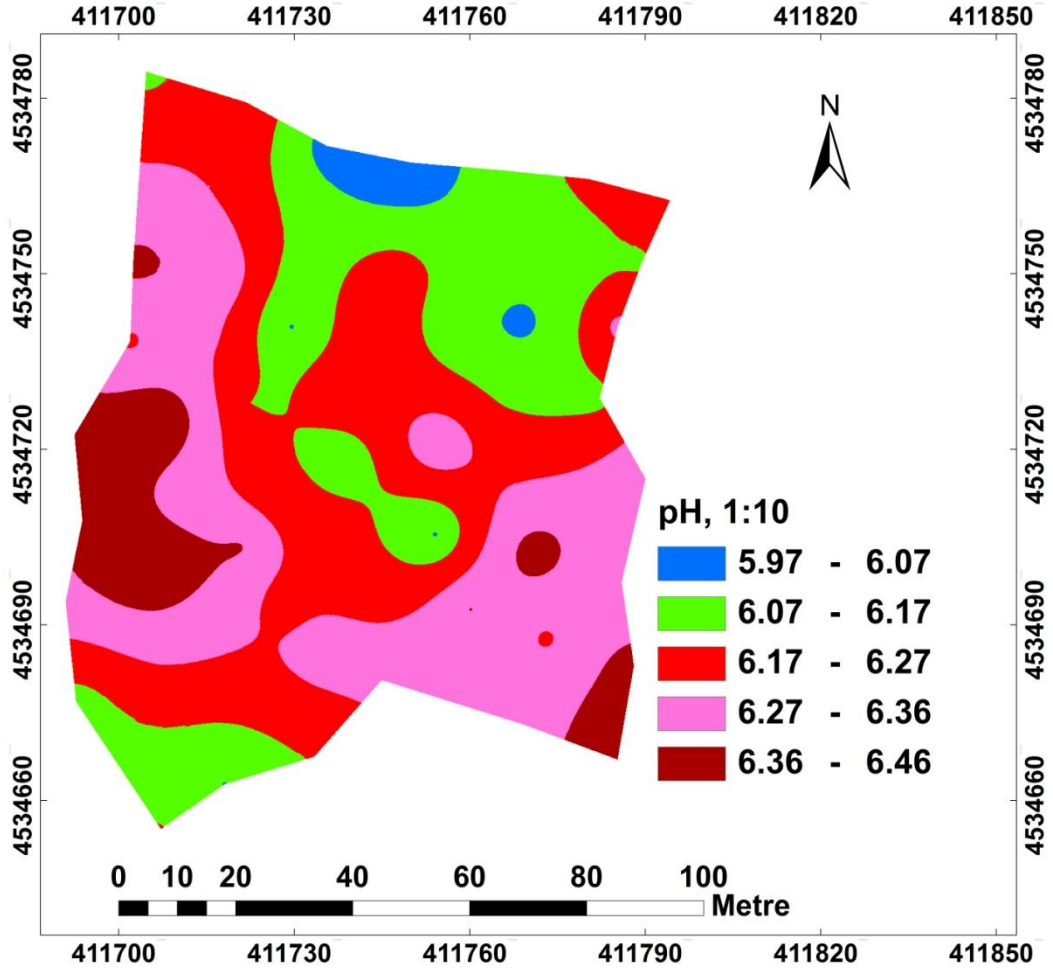
Exponential izotropik model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede pH<sub>1:10</sub> değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. pH<sub>1:10</sub> için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.18'de verilmiştir.

**Çizelge 4.18.** pH<sub>1:10</sub> için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	5.88	5.99
En büyük	6.85	6.62
Ortalama	6.25	6.24
Standart sapma	0.2	0.09

Çizelge 4.18'den de görüleceği üzere pH<sub>1:10</sub> analizle bulunan değerleriyle Kriging analiziyle tahmin edilen değerleri birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, toprak reaksiyonunun çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile elde edilen pH<sub>1:10</sub> değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Çalışma alanında  $pH_{1:10}$  değişimi

Şekil 4.10’da görüleceği üzere; çalışma alanında  $pH_{1:10}$  değerleri, çalışma alanının batı kısımlarında genellikle daha yüksek elde edilmiş, kuzey kısımlarında ise daha düşük değerlerde elde edilmiştir.  $pH_{1:10}$  için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisindeki kapladığı alanlar, Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19.  $pH_{1:10}$  için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
5.97-6.07	457.35	3.42
6.07-6.17	3144	23.48
6.17-6.27	4457.88	33.29
6.27-6.36	4018.16	30.01
6.36-6.46	1312.91	9.8
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.19’da görüleceği üzere; çalışma arazisinin tamamında reaksiyon asit karakterdedir. Reaksiyon açısından sorun yaratmayacağı kabul edilebilecek alan miktarı, çalışma arazisinin sadece %9.8’lik kısmında yer almıştır.

#### 4.1.6. Elektriksel İletkenlik

##### 4.1.6.1. EC<sub>1:1</sub>

Toprağın elektriksel iletkenliği (EC) toprak süspansiyonun elektrik akımını iletmesinin bir ölçüsüdür. Elektriksel iletkenlik birimi olarak günümüzde daha ziyade dS m<sup>-1</sup> kullanılmaktadır. Toprakların çözünebilir tuz içerikleri ile EC değerleri arasında sıkı bir ilişki söz konusu olduğundan toprak tuzluluğu ile ilgili çalışmalarda EC değerlerinden sıkça yararlanılmaktadır.

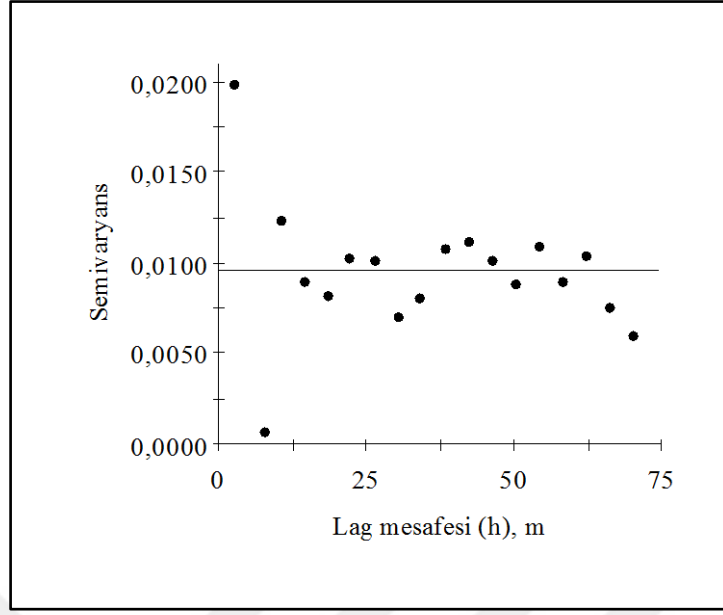
Toprağın elektriksel iletkenliği; toprak tekstürü, toprak tuzluluğu, toprak nem içeriği ve toprak derinliği gibi toprak özelliklerinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Yegül, 2010).

EC<sub>1:1</sub> değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından linear model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.20 ve Şekil 4.11).

**Çizelge 4.20.** EC<sub>1:1</sub> değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
EC <sub>1:1</sub>	0,00957	0,00957	69.9	0	0.20	Linear

Model için etki aralığı 69.9 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.20). Başka bir ifadeyle; EC<sub>1:1</sub> için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik linear modelin ancak 69.9 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak ta yaklaşık 70 m seçilebileceğini söyleyebiliriz. Bekele ve Hudnall (2006), toprakta tuzun uzaysal bağımlılığını ortaya koymak üzere yürüttükleri bir çalışmada; üst topraklarda etki mesafesinin 25 m olarak alınabileceğini ifade etmişlerdir. Farklı araştırmacılar toprak tuzluluğunun uzaysal değişimini araştırdıkları çalışmalarında etki mesafelerini; Yetgin (2004), 101.9 m; Akbaş (2004), 116.6 m ve Kılıç ve Kılıç (2006), 210 m olarak ifade etmişlerdir.



**Şekil 4.11.**  $EC_{1:1}$  için en uygun semivaryogram modeli

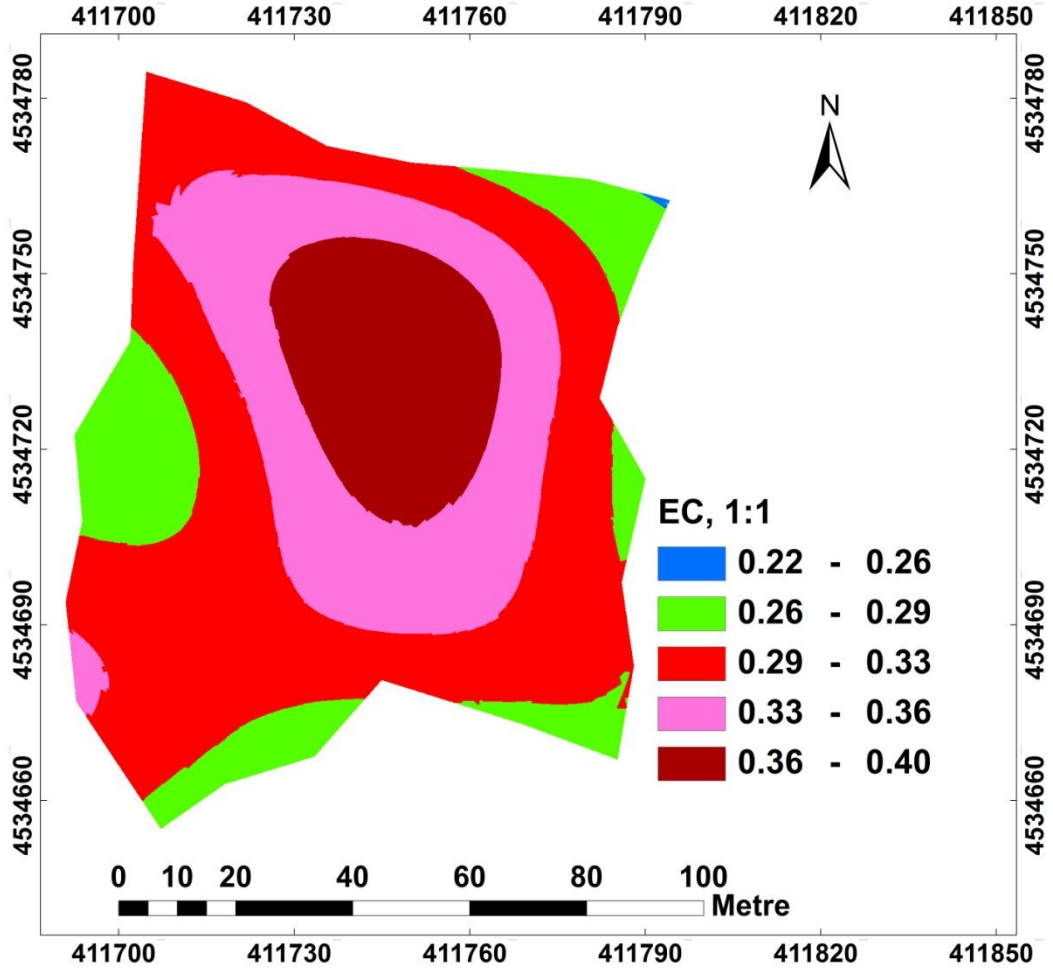
Linear izotropik model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında  $3 \times 3$  m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede  $EC_{1:1}$  değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır.  $EC_{1:1}$  için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.21’de verilmiştir.

**Çizelge 4.21.**  $EC_{1:1}$  için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	0.15	0.3
En büyük	0.56	0.39
Ortalama	0.32	0.33
Standart sapma	0.09	0.02

Çizelge 4.21’de görüleceği üzere  $EC_{1:1}$ ’nin analizle bulunan değerleriyle Kriging analiziyle tahmin edilen değerleri birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi,  $EC_{1:1}$ ’nin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile elde edilen  $EC_{1:1}$  değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Çalışma alanında  $EC_{1:1}$  değişimi

Şekil 4.12'den de görüleceği üzere; çalışma alanında  $EC_{1:1}$  değerleri, çalışma alanının orta kısımlarında genellikle daha yüksek elde edilmiş, güney-batı sınır kısımlarında ise daha düşük değerlerde elde edilmiştir.  $EC_{1:1}$  için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22.  $EC_{1:1}$  için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı ( $dS\ m^{-1}$ )	Alan ( $m^2$ )	Alan (%)
0.22-0.26	895.93	6.69
0.26-0.29	3447.58	25.75
0.29-0.33	5128.57	38.30
0.33-0.36	2485.75	18.56
0.36-0.40	1432.47	10.70
Toplam	13390.30	100.00



Çizelge 4.22’den de görüleceği üzere; çalışma arazisinde yer alan toprakların tamamı “tuzsuz” sınıfında bulunmuşlardır.

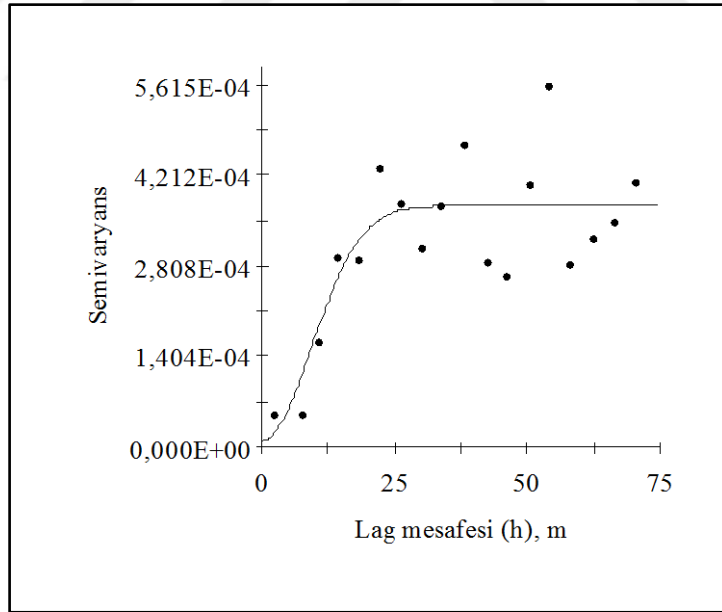
#### 4.1.6.2. EC<sub>1:10</sub>

EC<sub>1:10</sub> değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.23 ve Şekil 4.13).

**Çizelge 4.23.** EC<sub>1:10</sub> değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
EC(1:10)	0,00001	0,00037	22.9	0.976	0.68	Gaussian

Model için etki aralığı, 22.9 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.23). Başka bir ifadeyle EC<sub>1:10</sub> için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik gaussian modelin ancak 22.9 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarakta yaklaşık 23 m seçilebileceğini söyleyebiliriz.



**Şekil 4.13.** EC<sub>1:10</sub> için en uygun semivaryogram modeli

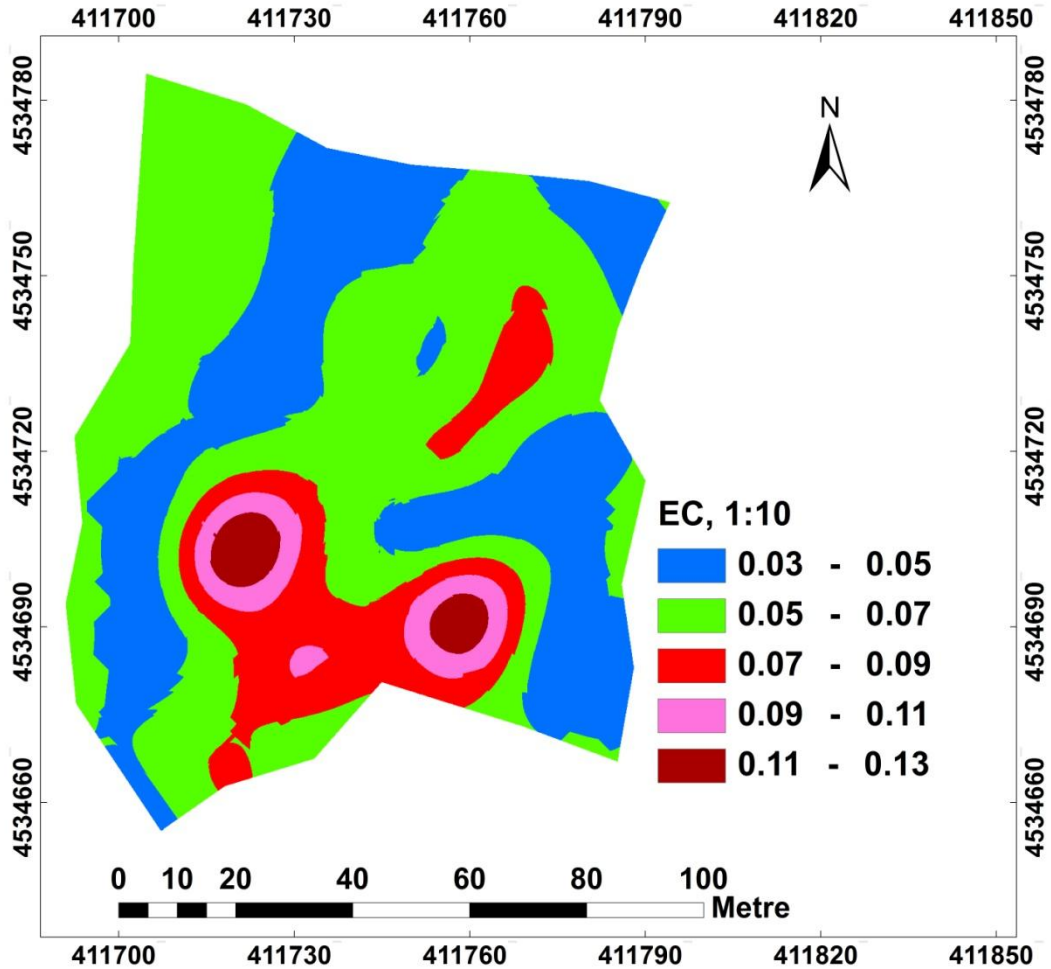
Gaussian izotropik model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede EC<sub>1:10</sub> değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. EC<sub>1:10</sub> için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.24’te verilmiştir.

**Çizelge 4.24.** EC<sub>1:10</sub> için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	0.04	0.04
En büyük	0.13	0.12
Ortalama	0.06	0.06
Standart sapma	0.02	0.008

Çizelge 4.24'te görüleceği üzere EC<sub>1:10</sub>'nin analizle bulunan değerleriyle Kriging analiziyle tahmin edilen değerleri birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, EC<sub>1:10</sub>'nin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile elde edilen EC<sub>1:10</sub> değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.14).



**Şekil 4.14.** Çalışma alanında EC<sub>1:10</sub> değişimi

Şekil 4.14'te görüleceği üzere; çalışma alanında EC<sub>1:10</sub> değerleri, çalışma alanının güney kısımlarında genellikle daha yüksek elde edilmiş, kuzey ve batı kısımlarında ise daha düşük değerlerde elde edilmiştir. EC<sub>1:10</sub> için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisindeki kapladığı alanlar Çizelge 4.25'te verilmiştir.

**Çizelge 4.25.** EC<sub>1:10</sub> için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (dSm <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0.03-0.05	4473.70	33.41
0.05-0.07	7106.25	53.07
0.07-0.09	1253.38	9.36
0.09-0.11	358	2.67
0.11-0.13	198.97	1.49
Toplam	13390.30	100,00

Çizelge 4.25'den de görüleceği üzere; çalışma arazisinde tuzlu sınıfta olabilecek kesim yoktur.

#### 4.1.7. Organik Madde (OM)

Araştırma konusu topraklara ait organik madde değerleri, Çizelge 4.2'de verilmiştir. OM değerleri, %0.43 ile %2.98 arasında değişmiş ve ortalama değer, %1.63 olmuştur. Bu durumda çalışmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların düşük organik madde içeriğine sahip olduğunu ifade edebiliriz.

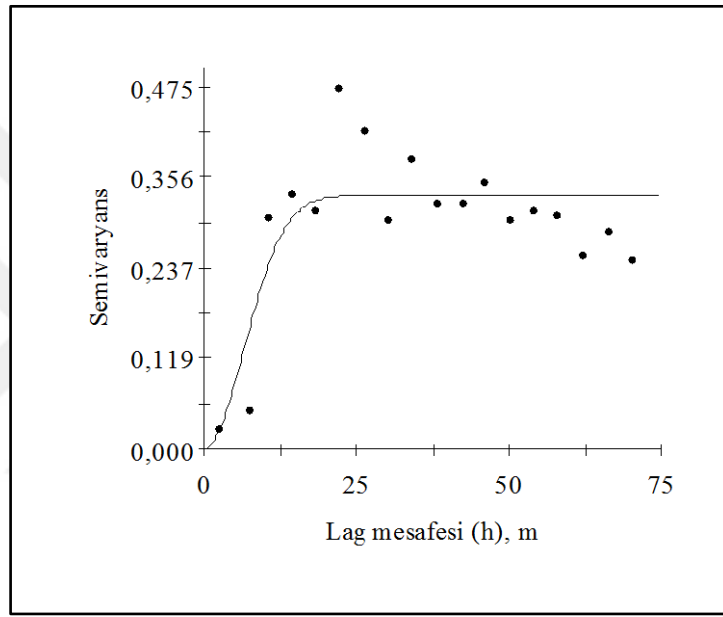
Organik madde değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.26 ve Şekil 4.15).

**Çizelge 4.26.** OM değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
OM	0.001	0.332	16.1	0.997	0.67	Gaussian

Model için etki aralığı, 16.1 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.26). Başka bir ifadeyle; OM için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik Gaussian modelin ancak 16.1 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak ta yaklaşık 17 m seçilebileceğini söyleyebiliriz. Ongun (2008), toprakta bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğini

araştırdığı bir çalışmada; toprakta OM için etki mesafesinin üst topraklar için 286.5 m ve alt topraklar için 91.2 m olduğunu saptamıştır. Yine araştırmacı, çalışma alanında toprak OM'sindeki uzaysal değişkenliği, hem alt hem de üst topraklar için izotropik exponential (üssel) model ile tanımlamıştır. Farklı araştırmacılar toprak reaksiyonunun uzaysal değişimini araştırdıkları çalışmalarında etki mesafelerini; Erşahin (1999), 250-320 m; Yetgin (2004), 126.7 m; Akbaş (2004), 237.9 m; Miao ve ark. (2006), 306 m; Kılıç ve Kılıç (2006), 62-210 m ve Virgilio ve ark. (2006), 253 m olarak ifade etmişlerdir.



**Şekil 4.15.** OM için en uygun semivaryogram modeli

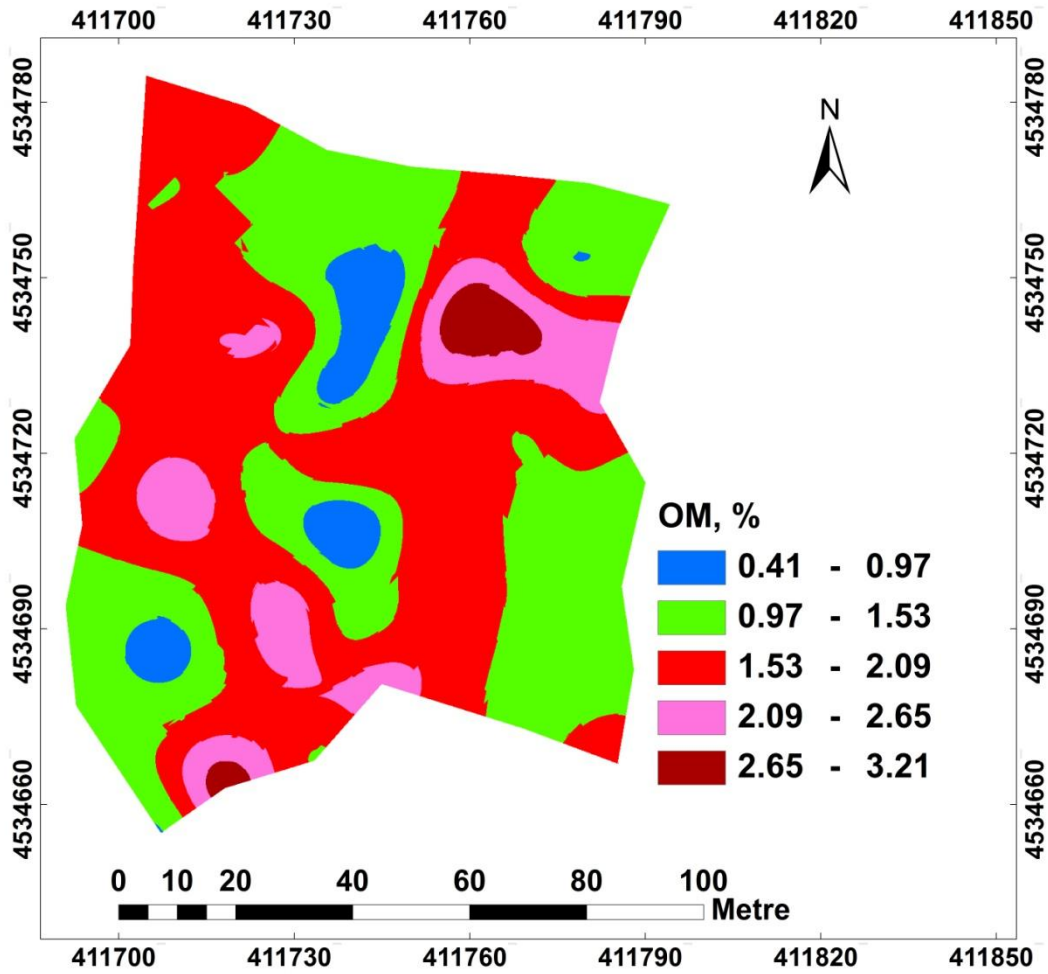
İzotropik Gaussian model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede OM değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. OM için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.27'de verilmiştir.

**Çizelge 4.27.** OM için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	0.43	0.77
En büyük	2.98	2.80
Ortalama	1.63	1.64
Standart sapma	0.55	0.15

Çizelge 4.27’de görüleceği üzere OM’nin analizle bulunan değerleriyle Kriging analiziyle tahmin edilen değerleri birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, OM’nin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile elde edilen OM değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Çalışma alanında OM değişimi

Şekil 4.16’den da görüleceği üzere; çalışma alanında OM değerleri, çalışma alanının güney ve orta kısımlarında genellikle daha yüksek elde edilmiştir. OM için blok kriging ile tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.28’de verilmiştir.

**Çizelge 4.28.** OM için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (%)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0.41-0.97	474.19	3.54
0.97-1.53	5179.97	38.68
1.53-2.09	6451.46	48.18
2.09-2.65	1072.62	8.01
2.65-3.21	212.06	1.58
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.28' den de görüleceği üzere; çalışma arazisinde orta düzeyde OM içeren toprakların oranı sadece %1.58 olmuştur. Fındık yetiştiriciliği yapılan killi bünyeye sahip bu alanda yer alan toprakların neredeyse tamamı, OM yönünden sorunlu gözükmektedir.

#### **4.1.8. Toplam Azot (N)**

Topraktaki azotun kaynağı, organik maddedir, bir diğer ifadeyle; toprakta kalan bitkiler ve hayvansal artıklarıdır. Bu nedenle organik maddesi az olan toprak genellikle azot bakımından fakir toptaktır. Toprak organik maddesinin parçalanıp-ayrışması sonucunda ortaya çıkan azot, bitkiler tarafından kullanılabilir formdadır. Topraktaki toplam azot miktarı genellikle %0.05 ile %0.2 arasında değişmektedir (Brady, 1974; Stevenson, 1982).

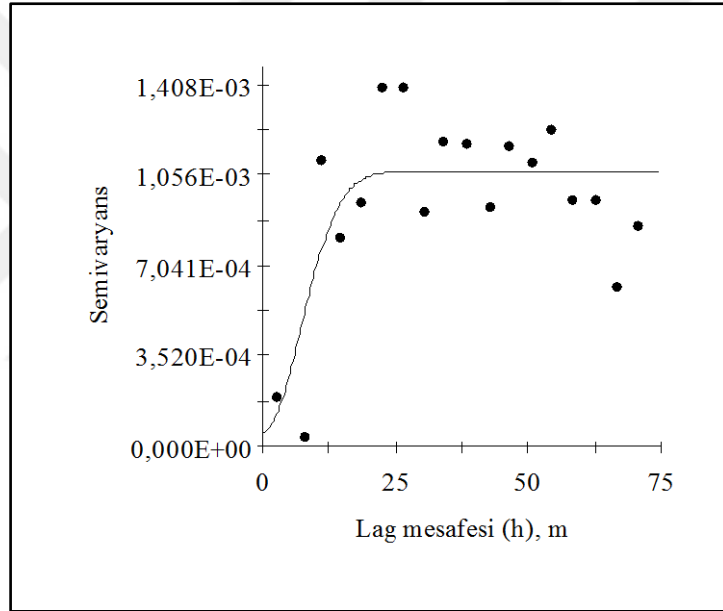
Araştırma konusu topraklara ait toplam azot değerleri Çizelge 4.2'de toplanmıştır. Toplam azot değerleri, %0.03 ile % 0.16 arasında değişmiş ve çalışma alanındaki topraklara ait ortalama toplam azot değeri ise %0.10 bulunmuştur. Bu durumda çalışmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların düşük toplam azot içeriğine sahip olduğunu ifade edebiliriz.

Toplam azot değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek  $r^2$  değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından izotropik Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.29 ve Şekil 4.17).

**Çizelge 4.29.** Toplam N değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	$r^2$	Model
N	0.000055	0.00107	17.5	0.949	0.57	Gaussian

Model için etki aralığı, 17.5 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.29). Başka bir ifadeyle; toplam azot için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik Gaussian modelin ancak 17.5 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak ta yaklaşık 18 m seçilebileceğini söyleyebiliriz. Ongun (2008), toprakta bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğini araştırdığı bir çalışmada; toprakta toplam N için etki mesafesinin üst topraklar için 560.7 m ve alt topraklar için 36.8 m olduğunu saptamıştır. Yine araştırmacı, çalışma alanında toprak toplan N'undaki uzaysal değişkenliği, alt topraklar için izotropik spherical (küresel) ve üst topraklar için izotropik exponential (üssel) model ile tanımlamıştır.



Şekil 4.17. Toplam N için en uygun semivaryogram modeli

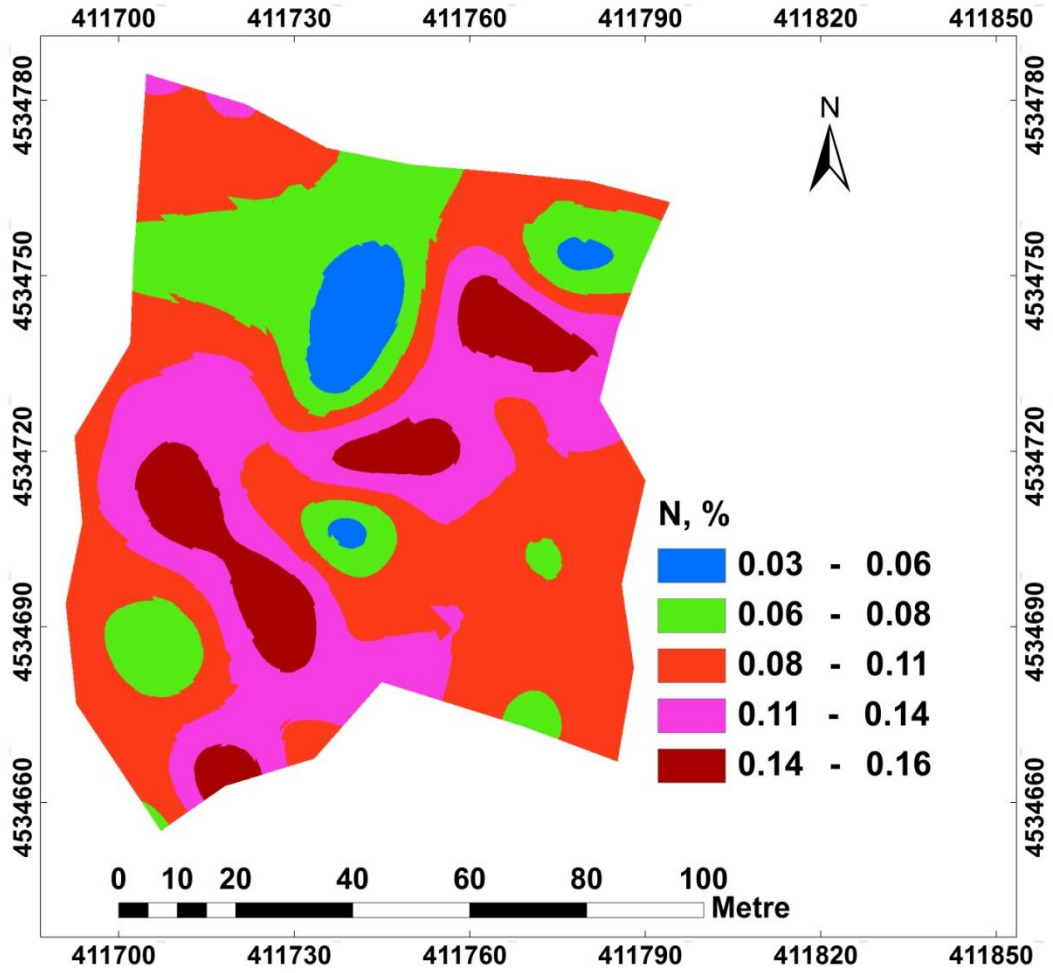
İzotropik Gaussian model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede toplam azot değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Toplam N için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.30. Toplam N için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	0.03	0.04
En büyük	0.16	0.15
Ortalama	0.10	0.102
Standart sapma	0.03	0.012

Çizelge 4.30'dan da görüleceği üzere; toplam N için analizle bulunan değerlerle Kriging analiziyle tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu ve bu özelliğin tahmin haritasının elde edilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile tahmin edilen toplam N değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Çalışma alanında toplam N değişimi

Şekil 4.18'den de görüleceği üzere; çalışma alanında toplam N değerleri, çalışma alanının kuzey-doğu'dan güney batıya doğru bir hat üzerinde genellikle daha yüksek elde edilmiş, kuzey kısımlarında ise nisbeten daha düşük değerlerde elde edilmiştir.



Toplam N için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisindeki kapladığı alanlar Çizelge 4.31’de verilmiştir.

**Çizelge 4.31.** Toplam N için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (%)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0.03-0.06	377.79	2.82
0.06-0.08	2132.97	15.93
0.08-0.11	7115.23	53.14
0.11-0.14	2837.81	21.19
0.14-0.16	926.50	6.92
Toplam	13390.30	100.00

Sillanpaa (1990), toprakta toplam N miktarının %0.09 ile %0.17 arasında olduğunda “yeterli” kabul edilebileceğini bildirmiştir. Bu değerlendirmeye göre, blok kriging ile elde edilen tahmin haritasındaki sınır değerler dikkate alındığında (Çizelge 4.31); çalışma arazisinin tamamında toplam N bakımından bir yetersizlik sözkonusudur. Çalışma arazisinin belki %6.92’lik kesiminde toplam N yeterli seviyede kabul edilebilir.

#### 4.1.9. Yarayırlı Fosfor (P)

Araştırma konusu topraklara ait yarayırlı P değerleri, Çizelge 4.2’ de sunulmuştur. Yarayırlı P değerleri, 0.03 ile 8.98 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama yarayırlı P değeri 1.35 mg kg<sup>-1</sup> olmuştur. Bu durumda çalışmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların yarayırlı P içeriğinin düşük seviyede olduğunu ifade edebiliriz.

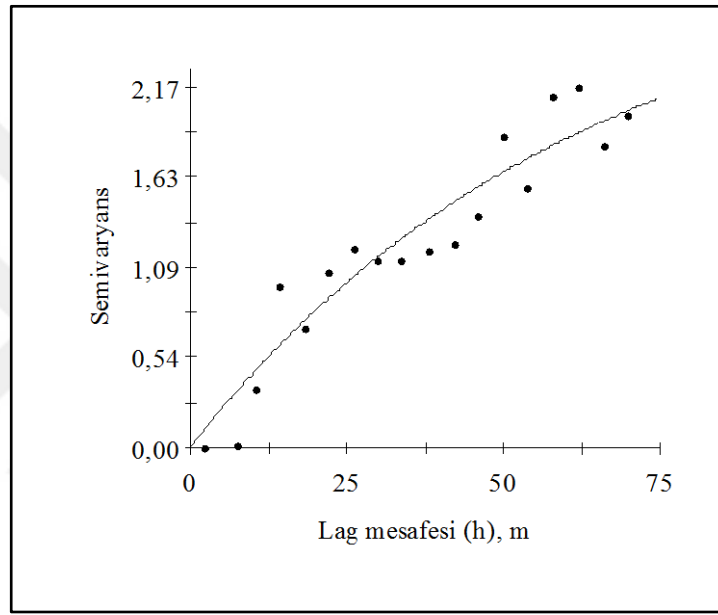
Yarayırlı fosfor değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından exponential model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.32 ve Şekil 4.19).

**Çizelge 4.32.** Yarayırlı P değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
P	0,001	3.012	187.5	1	0.91	Exponential

Model için etki aralığı 187.5 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.32). Başka bir ifadeyle; yarayırlı P için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında

seçilen izotropik exponential (üssel) modelin ancak 187.5 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak yaklaşık 188 m seçilebileceğini söyleyebiliriz. Ongun (2008), toprakta bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğini araştırdığı bir çalışmada; toprakta alınabilir P için etki mesafesinin üst topraklar için 170.0 m ve alt topraklar için 52.8 m olduğunu saptamıştır. Yine araştırmacı, çalışma alanında alınabilir P için uzaysal değişkenliği, üst topraklar için izotropik spherical (küresel) ve alt topraklar için izotropik exponential (üssel) model ile tanımlamıştır.



**Şekil 4.19.** Yarayışlı P için en uygun semivaryogram modeli

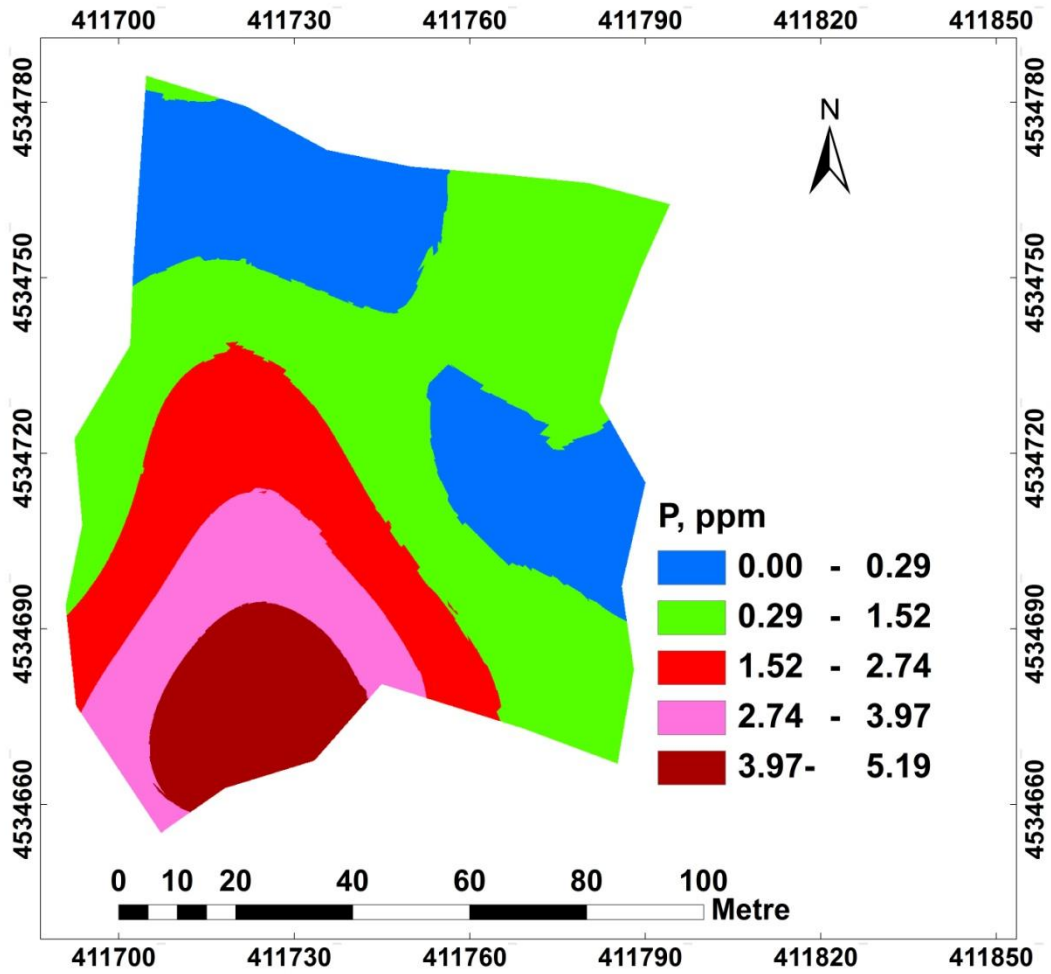
İzotropik exponential model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede yarayışlı P değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Yarayışlı P için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.33'te verilmiştir.

**Çizelge 4.33.** Yarayışlı P için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	0.03	0.13
En büyük	8.98	7.88
Ortalama	1.352	1.39
Standart sapma	1.892	1.02

Çizelge 4.33'den de görüleceği üzere yarayışlı P'un analize bulunan değerleriyle Kriging analiziyle tahmin edilen değerleri birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, yarayışlı fosfor'un çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile elde edilen yarayışlı fosfor değerleri, bu özelliğın çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Çalışma alanında yarayışlı P değişimi

Şekil 4.20'den de görüleceği üzere; çalışma alanında yarayışlı P değerleri, çalışma alanının güney-batı kısımlarına doğru daha yüksek elde edilmiş ve bir derecelenme sözkonusu olmuştur. Kuzeybatı kısımlarında ise daha düşük değerlerde elde edilmiştir. Yarayışlı P için tahmin edilen sınır değerler ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.34'te verilmiştir.

**Çizelge 4.34.** Yarayırlı P için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (ppm)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0.00-0.29	3878.75	28.97
0.29-1.52	5121.74	38.25
1.52-2.74	1830.13	13.67
2.74-3.97	1549.60	11.57
3.97-5.19	1010.08	7.54
Toplam	13390.30	100.00

Sillanpaa (1990), toprakta alınabilir P miktarının 2.5 ile 8 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunda “az” kabul edilebileceğini bildirmiştir. Bu değerlendirmeye göre, blok kriging ile elde edilen tahmin haritasındaki sınır değerler dikkate alındığında (Çizelge 4.31); alışma arazisinin tamamında alınabilir P bakımından bir yetersizlik sözkonusudur.

#### **4.1.10. Hacim Ağırlığı (Birim Ağırlığı)**

Topraklarda hacim ağırlığı, boşluklarla (porlarla) birlikte birim hacimdeki toprak materyalinin fırın kurusu ağırlığı olup, çoğunlukla g cm<sup>-3</sup> ve t m<sup>-3</sup> birimleriyle ifade edilir. Hacim ağırlığı, toprak strüktürünün iyi bir göstergesi olarak son yıllarda toprak kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan dinamik bir toprak özelliğidir. (Arshad ve ark., 1996).

##### **4.1.10.1. Kuru Hacim Ağırlığı (KHA)**

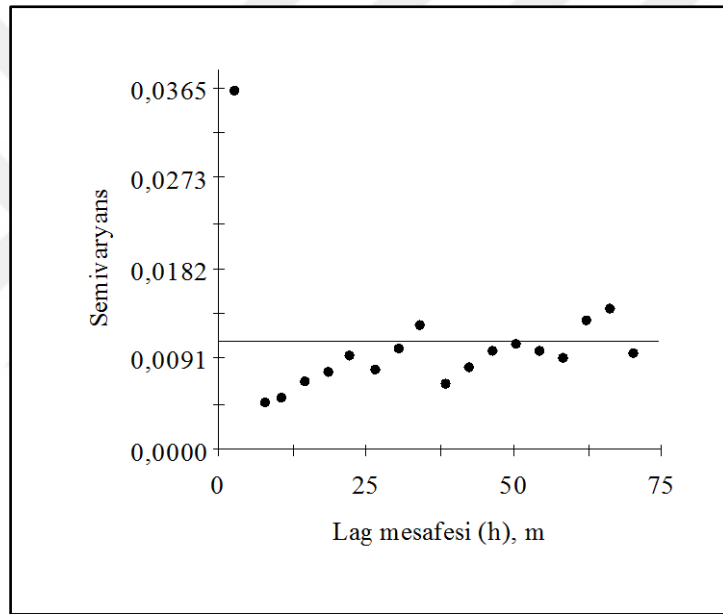
Çalışmadaki topraklara ait kuru hacim ağırlığı (HA) değerleri Çizelge 4.1’de toplanmıştır. KHA değerleri, 0.83 t m<sup>-3</sup> ile 1.29 t m<sup>-3</sup> arasında değişmiş ve ortalama değeri ise 1.07 t m<sup>-3</sup> olmuştur. Bu durumda fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların düşük KHA değerlerine sahip olduğunu ifade edebiliriz.

KHA değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından linear model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.35 ve Şekil 4.21).

**Çizelge 4.35.** KHA değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
KHA	0.01092	0.01092	70.0	0	0.12	Linear

Doğrusal model kullanıldığında örnekleme mesafesi olarak yaklaşık 70 m seçilebileceğini söyleyebiliriz (Çizelge 4.35). Ongun (2008), toprakta hacim ağırlığı için etki mesafesini üst topraklar için 79.5 m ve alt topraklar için 174.3 m olarak saptamıştır. Farklı araştırmacılar toprakta hacim ağırlığının uzaysal değişimini araştırdıkları çalışmalarında etki mesafelerini; Erşahin (1999), üst topraklarda 520 m ve alt topraklarda 550 m; Yetgin (2004), 60.0 m; Akbaş (2004) ve Duffera ve ark. (2007), 91 m olarak ifade etmişlerdir.



**Şekil 4.21.** KHA için en uygun semivaryogram modeli

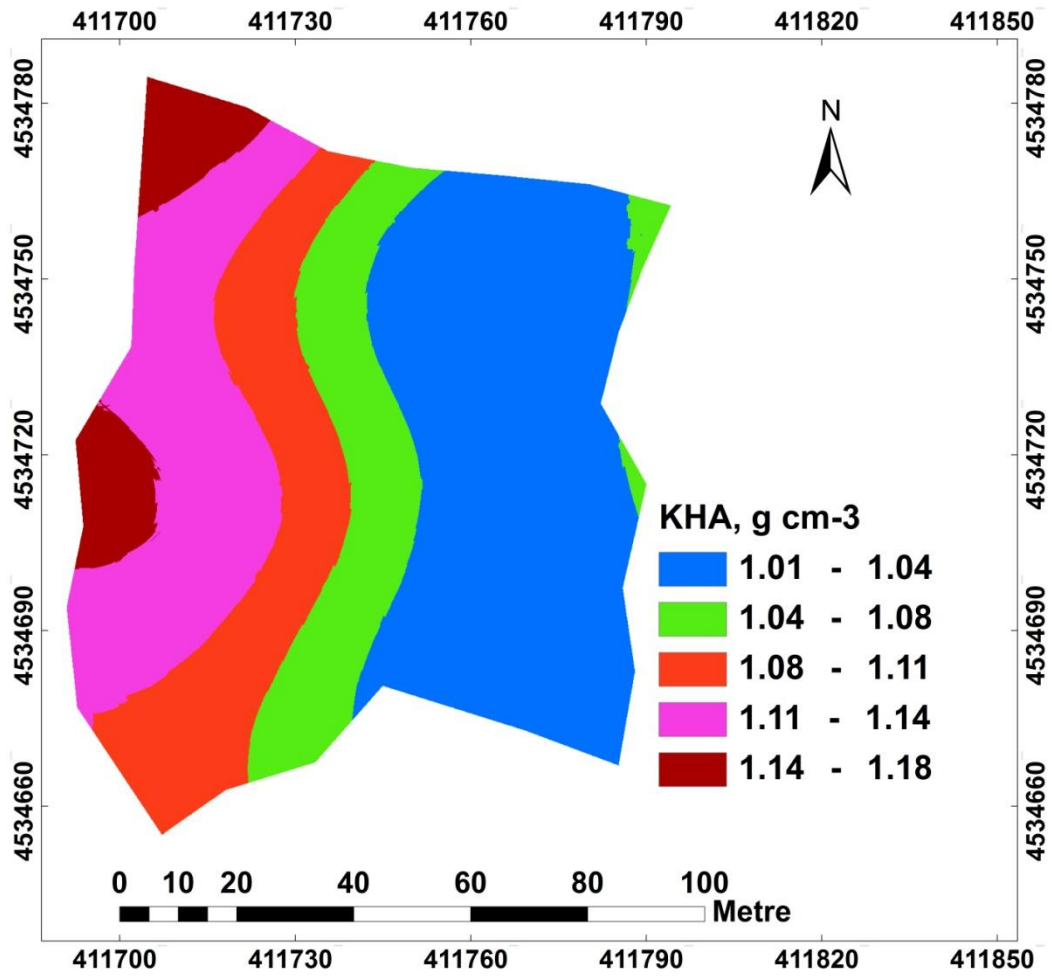
İzotropik linear (doğrusal) model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede kuru hacim ağırlığı değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Kuru hacim ağırlığı için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.36'da verilmiştir.

**Çizelge 4.36.** KHA'nın ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	0.83	1.01
En büyük	1.29	1.14
Ortalama	1.07	1.064
Standart sapma	0.102	0.038

Çizelge 4.36'dan da görüleceği üzere; KHA'nın analize bulunan değerleriyle Kriging analiziyle tahmin edilen değerleri birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, KHA'nın çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin  $r^2$  değeri çok küçük olsa da uygun olduğunu göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile elde edilen KHA değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Çalışma alanında KHA değişimi

Şekil 4.22'den de görüleceği üzere; çalışma alanında KHA değerleri, çalışma alanının kuzeydoğu-güneydoğu hattında düşük değerlerde ve kuzeybatı-güneybatı hattında ise daha yüksek değerlerde elde edilmiştir. KHA için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisindeki kapladığı alanlar Çizelge 4.37'de verilmiştir.

**Çizelge 4.37.** KHA için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (g cm <sup>-3</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
1.01-1.04	5061.14	37.8
1.04-1.08	2762.58	20.63
1.08-1.11	2022.99	15.11
1.11-1.14	2424.13	18.1
1.14-1.18	1119.46	8.36
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.37’den de görüleceği üzere; çalışma arazisinde KHA değerleri oldukça düşük değerlerde elde edilmiştir. Arshad ve ark. (1996), killi bünyeye sahip topraklarda hacim ağırlığı değerlerinin 1.10 t m<sup>-3</sup>’ten düşük olması halinde en uygun bitki kök gelişmesinin sağlanacağını ifade etmiştir. Bu değerlendirmeye göre; araştırma alanındaki topraklarda KHA bakımından bir sorun yaşanmayacağı tahmin edilebilir.

#### **4.1.10.2. Doğal Hacim Ağırlığı (DHA)**

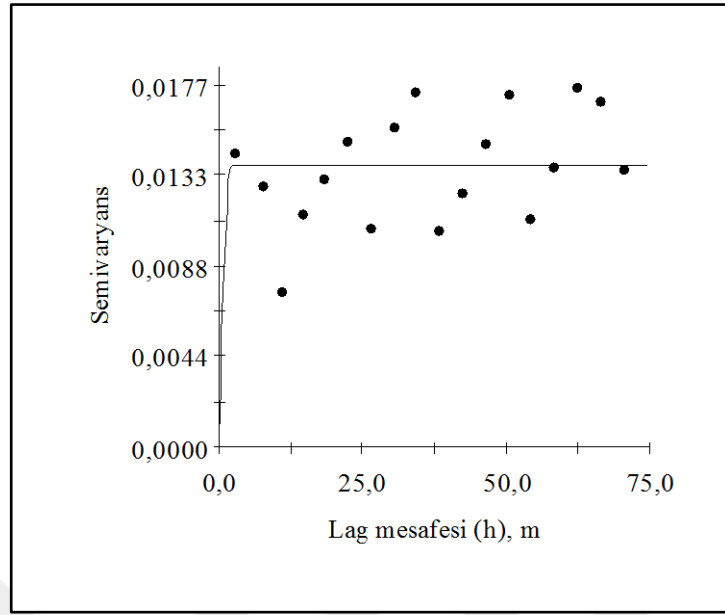
Araştırma konusu topraklarda arazide alındıkları andaki rutubetleri giderilmeden elde edilen DHA değerleri, 1.09 t m<sup>-3</sup> ile 1.68 t m<sup>-3</sup> arasında değişmiş ve ortalama DHA değeri 1.38 t m<sup>-3</sup> olmuştur (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.4).

DHA değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından spherical (küresel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.38 ve Şekil 4.23).

**Çizelge 4.38.** DHA değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
DHA	0.00002	0.01374	2.2	0.999	0.10 Spherical

Model için etki aralığı, 2.2 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.38). Başka bir ifadeyle kum için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik spherical modelin ancak 2.2 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak yaklaşık 2 m seçilebileceğini söyleyebiliriz.



**Şekil 4.23.** DHA için en uygun semivaryogram modeli

Spherical izotropik model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede doğal hacim ağırlığı değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. DHA için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.39’da verilmiştir.

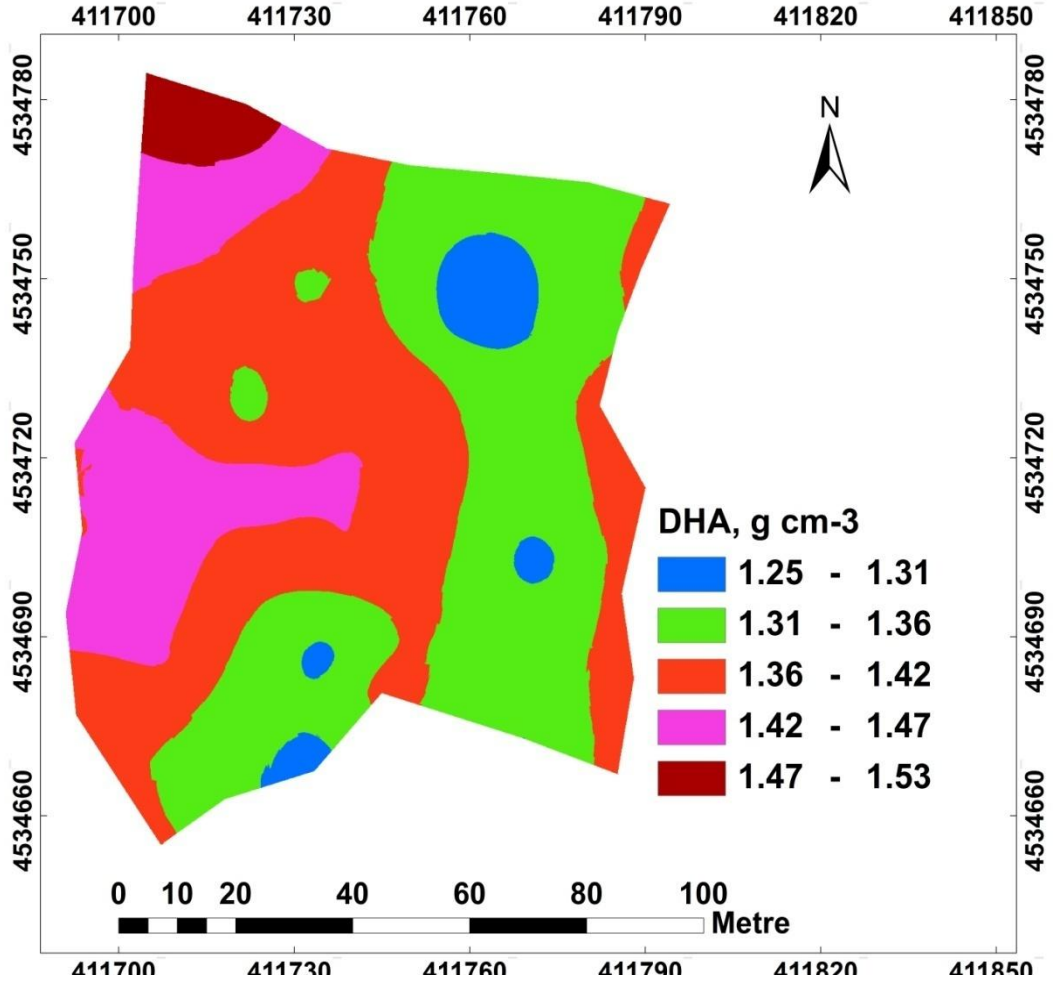
**Çizelge 4.39.** DHA için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	1.09	1.26
En büyük	1.68	1.46
Ortalama	1.374	1.367
Standart sapma	0.12	0.03

Çizelge 4.39’da görüleceği üzere; DHA için analizle bulunan değerlerle Kriging analiziyle tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, bu toprak mekaniksel özelliğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu ve bu özelliğin tahmin haritasının elde edilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile tahmin edilen DHA değerleri, çalışma alanındaki uzaysal değişimi göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.24).





Şekil 4.24. Çalışma alanında DHA değişimi

Şekil 4.24’de görüleceği üzere; çalışma alanında DHA değerleri, çalışma alanının kuzeydoğu-güneydoğu kısımlarında genellikle daha düşük, güney-batı kısımlarında ise daha yüksek değerlerde elde edilmiştir.

DHA için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisindeki kapladığı alanlar Çizelge 4.40’te verilmiştir.

**Çizelge 4.40.** DHA için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (g cm <sup>-3</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
1.25-1.31	461.17	3.44
1.31-1.36	5124.81	38.27
1.36-1.42	5152.81	38.48
1.42-1.47	2182.95	16.3
1.47-1.53	468.56	3.5
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.40'dan da görüleceği üzere; çalışma arazisinde yüksek hacim değerlerine sahip kesim %58.29 kadardır. Arshad ve ark. (1996), killi bünyeye sahip topraklarda hacim ağırlığı değerlerinin 1.39 t m<sup>-3</sup>'ten yüksek olması halinde bitki kök gelişmesine direnç gösteren toprak şartları oluşabileceğini ifade etmiştir. Bu değerlendirmeye göre; araştırma alanındaki topraklarda DHA bakımından da bir sorun yaşanmayacağı tahmin edilebilir.

#### **4.1.11. DTPA İle Ekstrakte Edilebilir Mikroelementler**

##### **4.1.11.1. Demir (Fe)**

Araştırma konusu topraklara ait DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe değerleri Çizelge 4.3' te sunulmuştur. Fe değerleri, 42.11 mg kg<sup>-1</sup> ile 199.54 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama Fe içeriği 101.59 mg kg<sup>-1</sup> olmuştur (Çizelge 4.4). Bu durumda çalışmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların yüksek Fe içeriğine sahip olduğunu ifade edebiliriz.

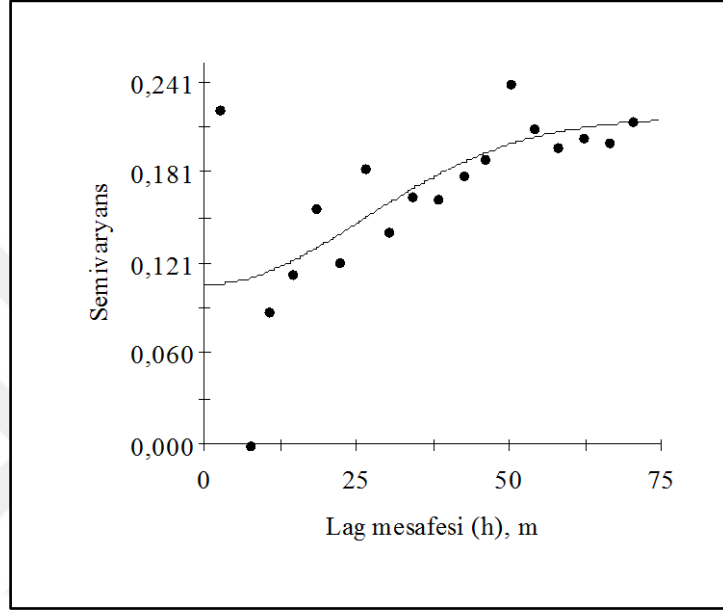
Fe değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.41 ve Şekil 4.25).

**Çizelge 4.41.** Fe değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
Fe	0.1061	0.2172	64.1	0.512	0.46	Gaussian

Model için etki aralığı, 64.1 m olarak saptanmıştır Başka bir ifadeyle; Fe için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik Gaussian modelin ancak 64.1 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak ta yaklaşık 65 m seçilebileceğini söyleyebiliriz (Çizelge 4.41). Aşkın ve ark.

(2013), Rusya'nın Perm bölgesinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada; toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe içeriklerine ait etki mesafesini spherical (küresel) model için 50.6 m olarak bulmuşlardır. Araştırmacılar, Fe için çalışma alanındaki uzaysal bağımlılığın oldukça kuvvetli olduğunu da ifade etmişler ve çalıştıkları alana benzer nitelikteki alanlarda da kendi sonuçlarının rahatlıkla kullanılabilceğini belirtmişlerdir.



**Şekil 4.25.** Fe için en uygun semivaryogram modeli

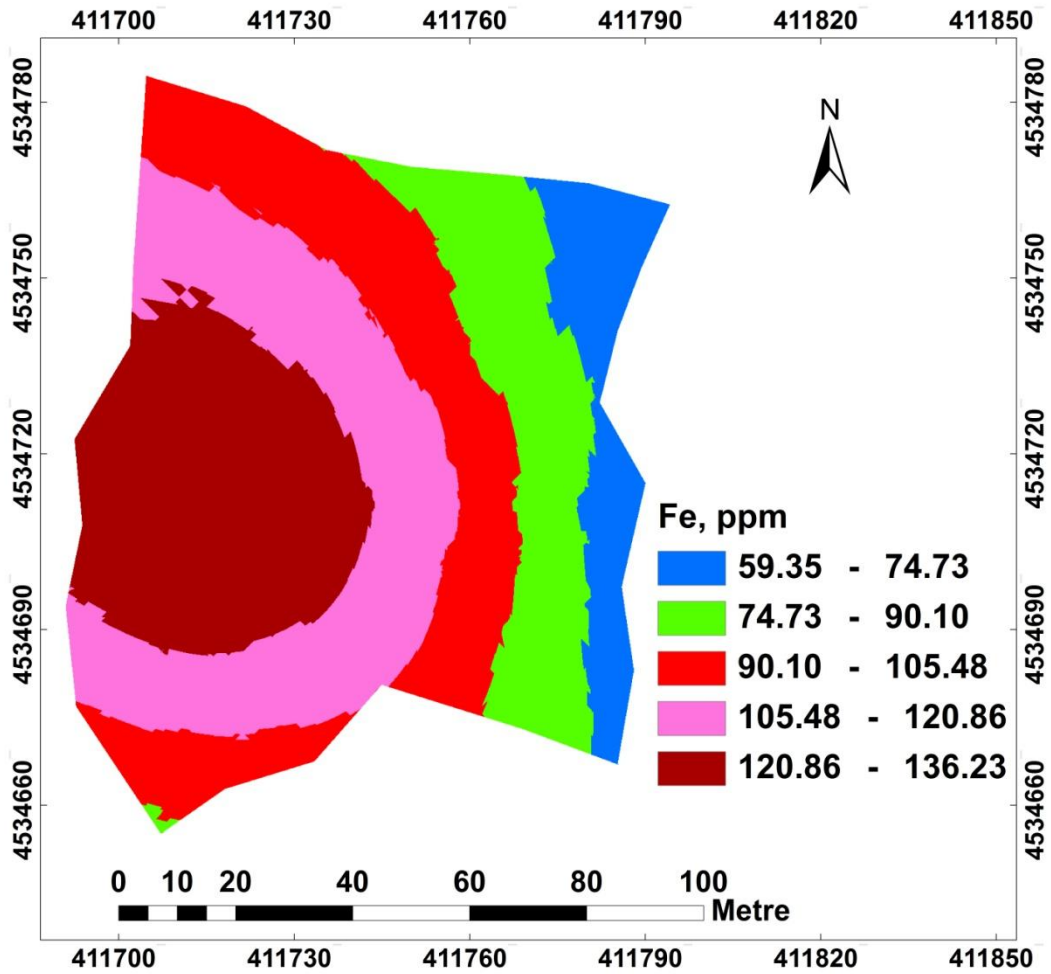
Araştırma topraklarında Fe'in uzaysal değişkenliğini ortaya koymak üzere seçilen izotropik Gaussian modeli parametrelerinde  $r^2$  değeri çok yüksek olmamakla birlikte Kriging analiziyle tahmin değerlerinin elde edilmesinde bu model kullanılmıştır. Bu model esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede demir değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Fe için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.42'de verilmiştir.

**Çizelge 4.42.** Fe için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	42.11	59.3
En büyük	199.54	151.1
Ortalama	101.59	98.165
Standart sapma	41.70	23.903

Çizelge 4.42' den de görülebileceği üzere; DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe için analizle bulunan değerlerle Kriging analiziyle tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, Fe'in çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile elde edilen Fe değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Çalışma alanında Fe içeriklerinin değişimi

Şekil 4.26'dan da görüleceği üzere; çalışma alanında Fe değerleri, çalışma alanının batı kısımlarında genellikle en yüksek değerlerde ve doğu kısımlarında ise en düşük düzeylerde elde edilmiştir.

Fe için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisindeki kapladığı alanlar Çizelge 4.43'de verilmiştir.

**Çizelge 4.43.** Fe için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (ppm)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
59.35-74.73	2333.32	17.43
74.73-90.1	2664.51	19.90
90.1-105.48	3102.41	23.17
105.48-120.86	2765.76	20.65
120.86-136.23	2524.30	18.85
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.43'ten de görüleceği üzere; Lindsay ve Norwell (1978) tarafından bildirildiği haliyle 4.5 mg kg<sup>-1</sup>'lik sınır değer dikkate alındığında; çalışma alanında yer alan toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe içerikleri bakımından bir sorun yaşamayacağı söylenebilir.

#### 4.1.11.2. Bakır (Cu)

Çalışmadaki topraklara ait DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu değerleri, 0.12 mg kg<sup>-1</sup> ile 4.05 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama Cu değeri ise 1.59 mg kg<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4). Ortalama Cu değeri dikkate alındığında; araştırmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların 0.2 mg kg<sup>-1</sup> değerinden daha yüksek düzeyde Cu içeriğine sahip olması nedeniyle, fındık bitkisinin mikroelementlerce beslenmesinde Cu içerikleri yönünden sorun olmayacağı ifade edilebilir.

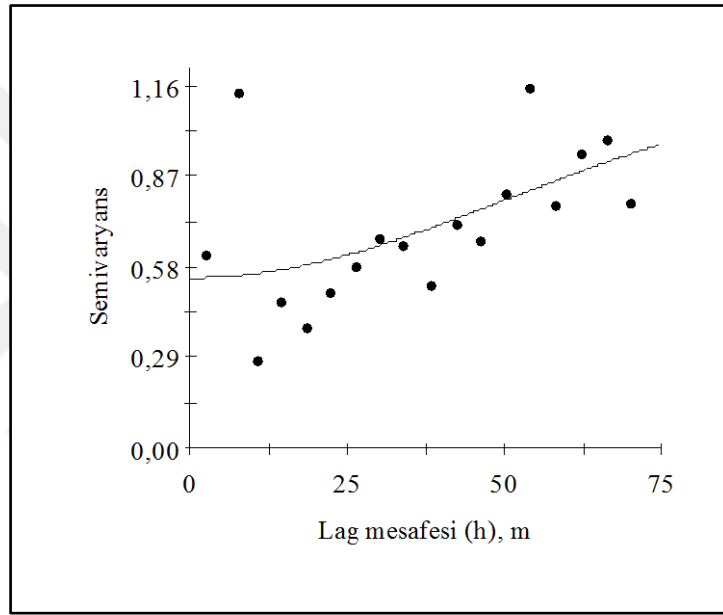
Cu değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.44 ve Şekil 4.27).

**Çizelge 4.44.** Cu değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
Cu	0.544	1.19	124.4	0.543	0.32	Gaussian

Model için etki aralığı, 124.4 m olarak saptanmıştır. Başka bir ifadeyle; Cu için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik Gaussian modelin ancak 124.4 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi

olarak ta yaklaşık 125 m seçilebileceğini söyleyebiliriz (Çizelge 4.44). Aşkın ve ark. (2013), Rusya'nın Perm bölgesinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada; toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu içeriklerine ait etki mesafesini exponential (üssel) model için 43.5 m olarak bulmuşlardır. Araştırmacılar, Cu için çalışma alanındaki uzaysal bağımlılığın oldukça kuvvetli olduğunu ve kendi alanlarına benzer nitelikteki alanlarda da sonuçlarının rahatlıkla kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Yine bu çalışmada; tarla ölçeğinde yapılacak örneklemede jeostatistiksel analizler yardımıyla belirlenen modellere ait etki mesafelerinin, benzer alanlarda minimum örnekleme mesafesi olarak kullanılabilceği tavsiye edilmiştir.



**Şekil 4.27.** Cu için en uygun semivaryogram modeli

İzotropik Gaussian model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede Cu değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Cu için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.45'te verilmiştir.

**Çizelge 4.45.** Cu için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	0.12	0.72
En büyük	4.05	2.97
Ortalama	1.589	1.637
Standart sapma	0.873	0.599



**Çizelge 4.46.** Cu için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (ppm)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0.73-1.09	2763.45	20.64
1.09-1.44	1985.82	14.83
1.44-1.80	2312.36	17.27
1.80-2.16	4094.57	30.58
2.16-2.52	2234.1	16.68
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.46'dan da görüleceği üzere; Follet ve Lindsay (1970) tarafından bildirildiği haliyle 0.2 mg kg<sup>-1</sup>'lik sınır değer dikkate alındığında; çalışma alanında yer alan toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu içerikleri bakımından bir sorun yaşamayacağı söylenebilir.

#### 4.1.11.3. Manganez (Mn)

Araştırma konusu topraklara ait DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn içerikleri, Çizelge 4.3'de toplanmıştır. Mn değerleri, 1.59 mg kg<sup>-1</sup> ile 47.91 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama Mn kapsamı, 22.39 mg kg<sup>-1</sup> olmuştur. Bu durumda çalışmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların Mn içeriklerinin yeterli olduğunu ifade edebiliriz.

Mn değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından Gaussian model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.47 ve Şekil 4.29. ).

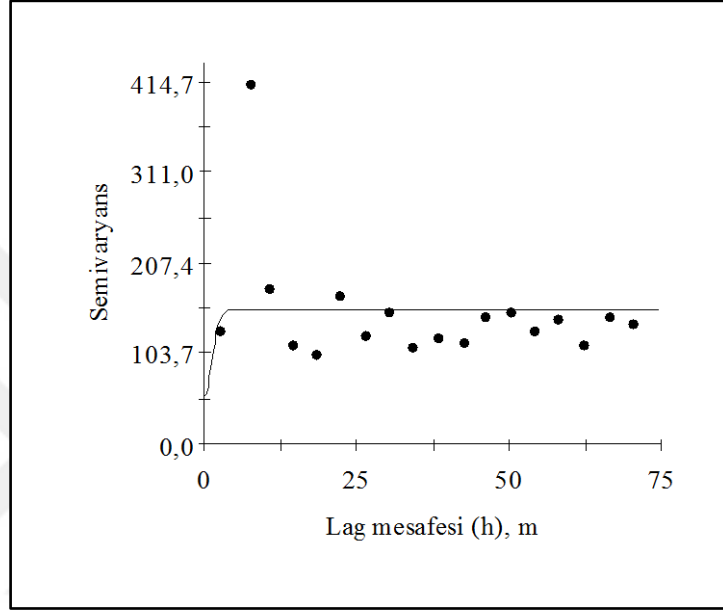
**Çizelge 4.47.** Mn değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
Mn	54.2	153.1	3.2	0.646	0.11	Gaussian

Model için etki aralığı 3.2 m olarak saptanmıştır. Başka bir ifadeyle; Mn için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik Gaussian modelin ancak 3.2 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak yaklaşık 4 m seçilebileceğini söyleyebiliriz. Aşkın ve ark. (2013), Rusya'nın Perm bölgesinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada; toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn içeriklerine ait etki mesafesini spherical (küresel) model için 54.6 m olarak bulmuşlardır. Araştırmacılar, Mn için çalışma alanındaki uzaysal bağımlılığın oldukça



kuvvetli olduğunu da ifade etmişler ve çalıştıkları alana benzer nitelikteki alanlarda da kendi sonuçlarının mikroelement gübrelemesine yönelik çalışmalarda rahatlıkla kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Yine bu çalışmada; tarla ölçeğinde yapılacak örneklemede jeostatistiksel analizler yardımıyla belirlenen modellere ait etki mesafelerinin, benzer alanlarda minimum örnekleme mesafesi olarak kullanılabileceğine de vurgu yapılmıştır.



**Şekil 4.29.** Mn için en uygun semivaryogram modeli

İzotropik Gaussian model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede demir değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Mn için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.48’de verilmiştir.

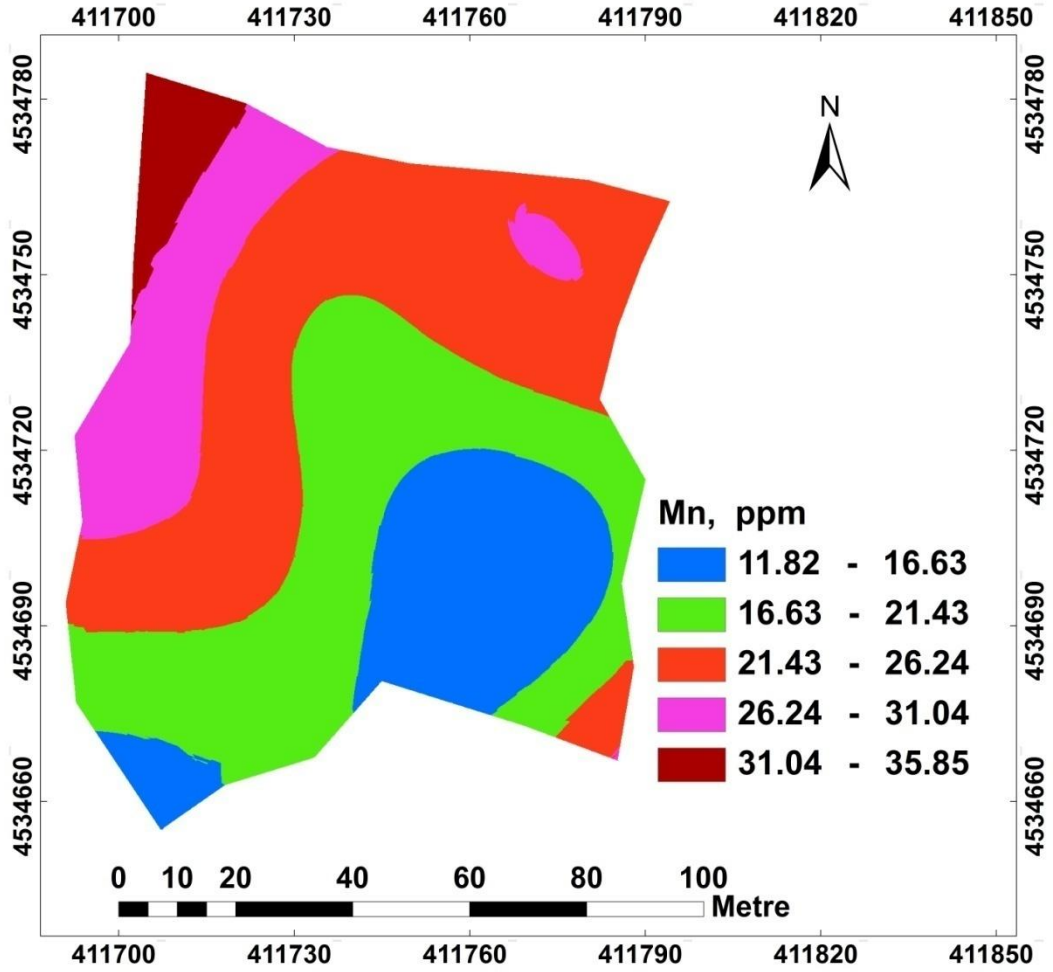
**Çizelge 4.48.** Mn için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	1.59	14.8
En büyük	47.91	27.6
Ortalama	22.39	21.57
Standart sapma	11.75	3.27

Çizelge 4.48’den de görüleceği üzere; analizle elde edilen Mn değerleriyle, Kriging analiziyle tahmin edilen Mn değerleri birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, çalışma alanında Mn içeriği değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu

göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996). Aşkın ve ark. (2013), Rusya'nın Perm bölgesinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada buradakilere benzer nitelikte sonuçlar elde etmişlerdir.

Blok Kriging yardımıyla tahmin sonucu elde edilen Mn değerleri, Mn içeriklerinin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Çalışma alanında Mn içeriklerinin değişimi

Şekil 4.30'da görüleceği üzere; çalışma alanında Mn değerleri, çalışma alanının kuzey ve kuzey-batı kısımlarında genellikle daha yüksek, güney-batı kısımlarında ise daha düşük değerlerde elde edilmiştir.

Mn için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisindeki kapladığı alanlar Çizelge 4.49'da verilmiştir.

**Çizelge 4.49.** Mn için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (ppm)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
11.82-16.63	2063.59	15.41
16.63-21.43	3796.40	28.35
21.43-26.24	4463.20	33.33
26.24-31.04	2035.60	15.20
31.04-35.85	1031.51	7.70
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.49’da görüleceği üzere; çalışma arazisinde yer alan toprakların %15.41’inde DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn içeriği değerleri “az”, %84.59’unda ise “yeterli” ve “fazla” düzeyde elde edilmiştir.

#### 4.1.11.4. Çinko (Zn)

Araştırma topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn değerleri, 0.02 mg kg<sup>-1</sup> ile 1.26 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama Zn içeriği, 0.46 mg kg<sup>-1</sup> olmuştur (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4). Bu durumda; çalışmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların düşük Zn içeriğine sahip olduğunu ifade edebiliriz.

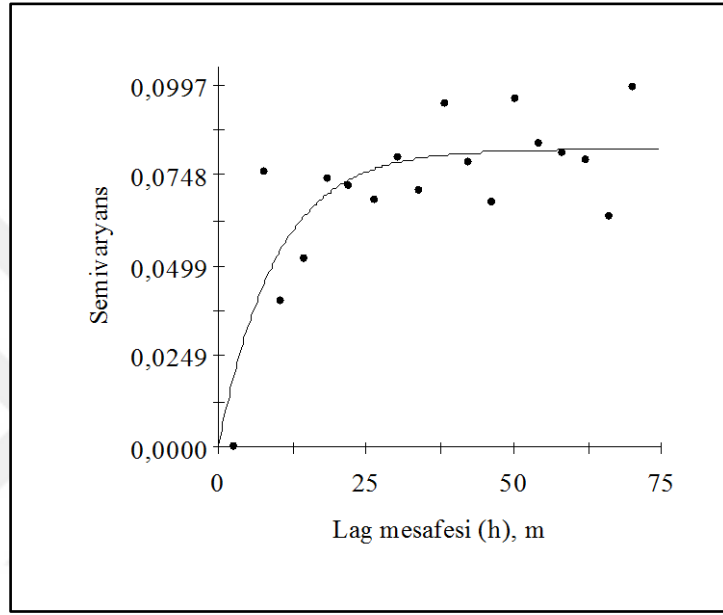
Zn değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından exponential (üssel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.50 ve Şekil 4.31).

**Çizelge 4.50.** Zn değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
Zn	0.0001	0.082	29.4	0.999	0.66	Exponential

Model için etki aralığı, 29.4 m olarak saptanmıştır Başka bir ifadeyle çinko için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik exponential modelin ancak 29.4 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak yaklaşık 30 m seçilebileceğini söyleyebiliriz (Çizelge 4.50). Aşkın ve ark. (2013), Rusya’nın Perm bölgesinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada; toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn içeriklerine ait etki mesafesini spherical (küresel) model için 87.1 m olarak bulmuşlardır. Araştırmacılar, Zn için çalışma alanındaki uzaysal bağımlılığın orta düzeyde olduğunu da ifade etmişler ve

çalıştıkları alana benzer nitelikteki alanlarda da kendi sonuçlarının Zn gübrelemesine yönelik çalışmalarda rahatlıkla kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Yine bu çalışmada; tarla ölçeğinde yapılacak örneklemede jeoistatistiksel analizler yardımıyla belirlenen modellere ait etki mesafelerinin, benzer alanlarda minimum örnekleme mesafesi olarak kullanılabilmesine de vurgu yapılmıştır.



**Şekil 4.31.** Zn için en uygun semivaryogram modeli

İzotropik exponential (üssel) model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede Zn değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Zn için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.51’de verilmiştir.

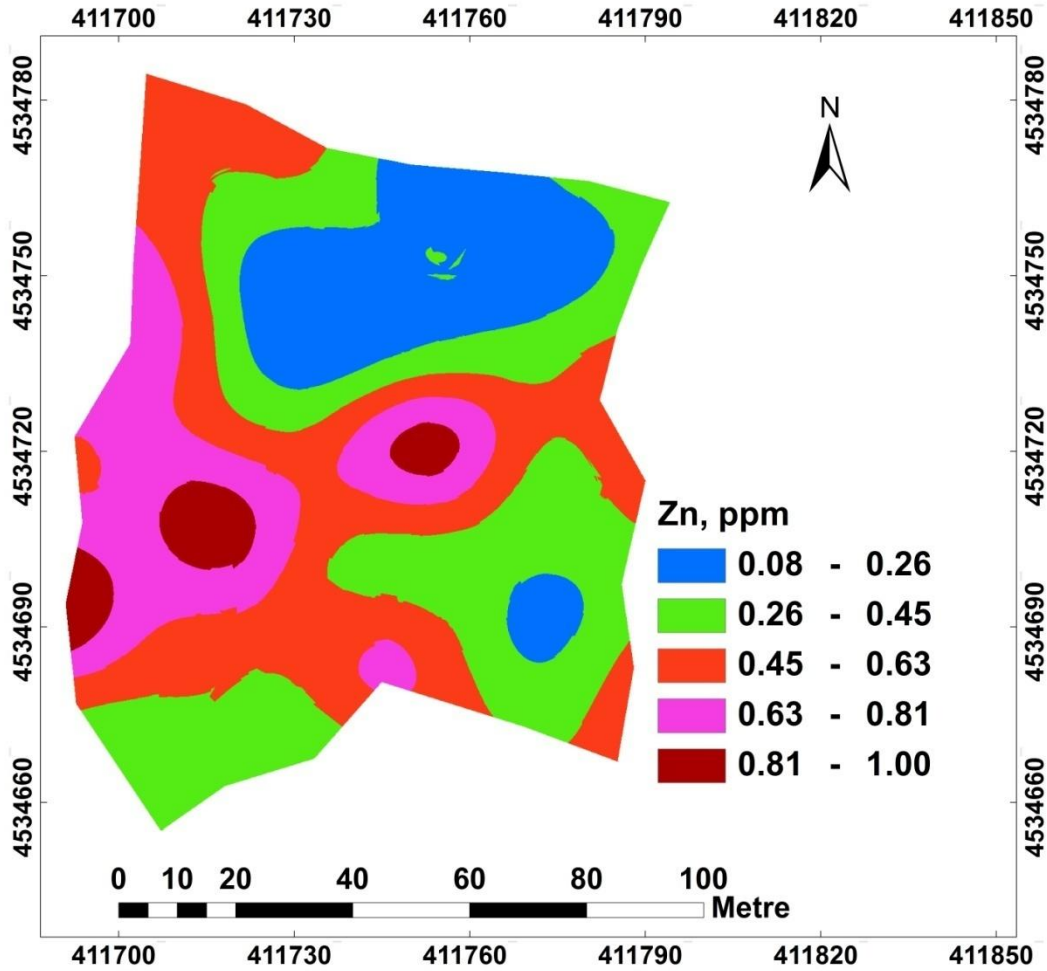
**Çizelge 4.51.** Zn için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	0.02	0.12
En büyük	1.26	1.06
Ortalama	0.46	0.454
Standart sapma	0.28	0.13

Çizelge 4.51’den de görüleceği üzere; Zn için analizle bulunan değerlerle Kriging analiziyle tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, bu toprak

özelliğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu ve bu özelliğin tahmin haritasının elde edilmesinde adı geçen modelin kullanılabileceğini göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile tahmin edilen Zn değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Çalışma alanında Zn içeriklerinin değişimi

Zn için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.52'de verilmiştir.

**Çizelge 4.52.** Zn için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (ppm)	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0.08-0.26	2270.44	16.96
0.26-0.45	4419.66	33.01
0.45-0.63	4360.57	32.57
0.63-0.81	1947.99	14.55
0.81-1.00	391.64	2.92
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.52'den de görüleceği üzere; çalışma arazisinin tamamında DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn içerikleri “çok az” seviyede saptanmıştır.

#### 4.1.12. Değişebilir Katyonlar

##### 4.1.12.1. Değişebilir Sodyum (Na)

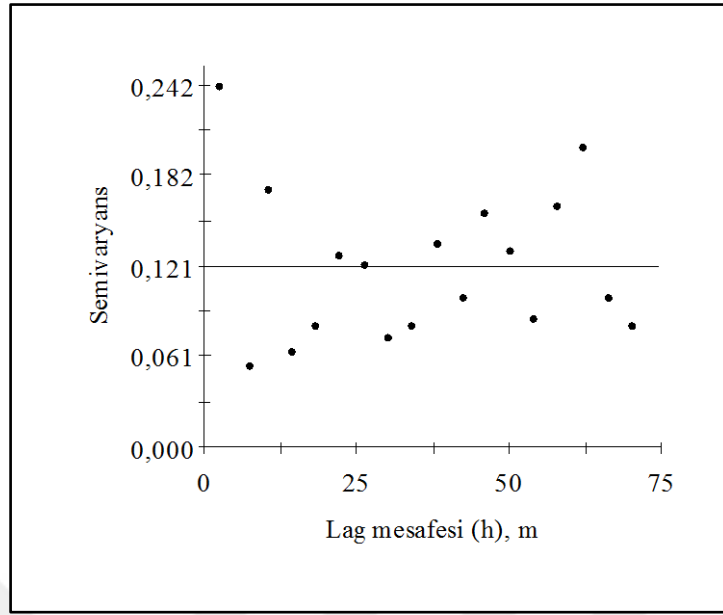
Araştırma topraklarında değişebilir Na değerleri, 1.08 cmol kg<sup>-1</sup> ile 9.7 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değişebilir Na değeri, 2.32 cmol kg<sup>-1</sup> olmuştur.

Değişebilir Na değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından spherical (küresel) model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.53 ve Şekil 4.33).

**Çizelge 4.53.** Değişebilir Na değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
Na	0.1213	0.1213	69.9	0	0.10	Linear

Linear model için etki aralığı, 69.9 m olarak saptanmıştır. Başka bir ifadeyle; değişebilir Na için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik linear modelin ancak 69.9 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak ta yaklaşık 70 m seçilebileceğini söyleyebiliriz (Çizelge 4.53).



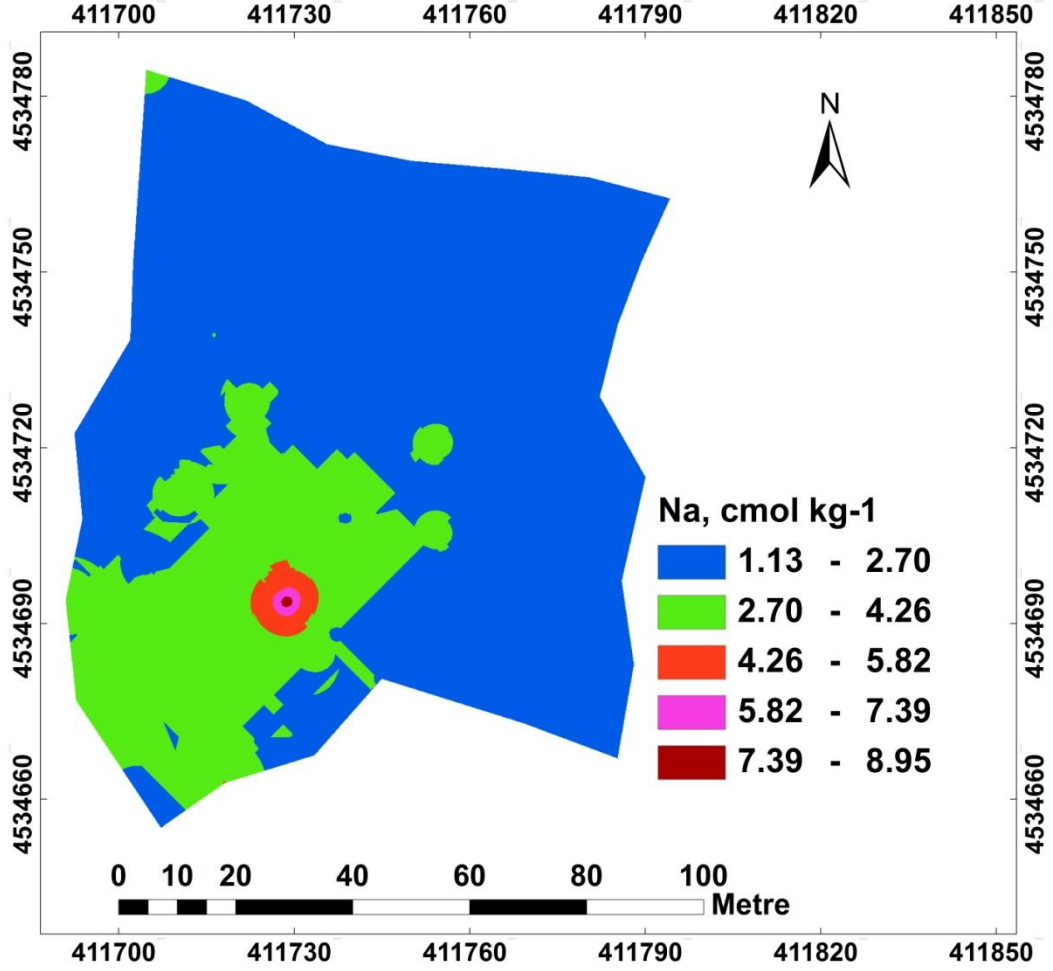
Şekil 4.33. Değişebilir Na için en uygun semivaryogram modeli

İzotropik linear model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede değişebilir Na değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Değişebilir Na için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.54'te verilmiştir.

Çizelge 4.54. Değişebilir Na için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	1.08	1.6
En büyük	9.71	3.4
Ortalama	2.32	2.38
Standart sapma	1.33	0.53

Tahmin değerlerine ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, modelin kullanılabilirliğini göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996). Blok Kriging ile tahmin edilen değişebilir sodyum değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Çalışma alanında değişebilir Na içerikleri değişimi

Şekil 4.34'den de görüleceği üzere; çalışma alanında değişebilir Na değerleri, çalışma alanının güney-batı kısımlarında genellikle daha yüksek elde edilmiştir.

Değişebilir Na için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.55'te verilmiştir.

Çizelge 4.55. Değişebilir Na için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (cmolkg <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
1.13-2.70	10703.93	79.94
2.70-4.26	2579.74	19.27
4.26-5.82	88.94	0.66
5.82-7.39	15.03	0.11
7.39-8.95	2.66	0.02
Toplam	13390.30	100.00



Çizelge 4.55'den de görüleceği üzere; çalışma arazisinin tamamında değişebilir sodyum bakımından dikkatli davranılması gerekmektedir. Bu durumda çalışmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların Na içeriğine çok duyarlı bitkilerin dayanamayacağını ifade edebiliriz.

#### 4.1.12.2. Değişebilir Potasyum (K)

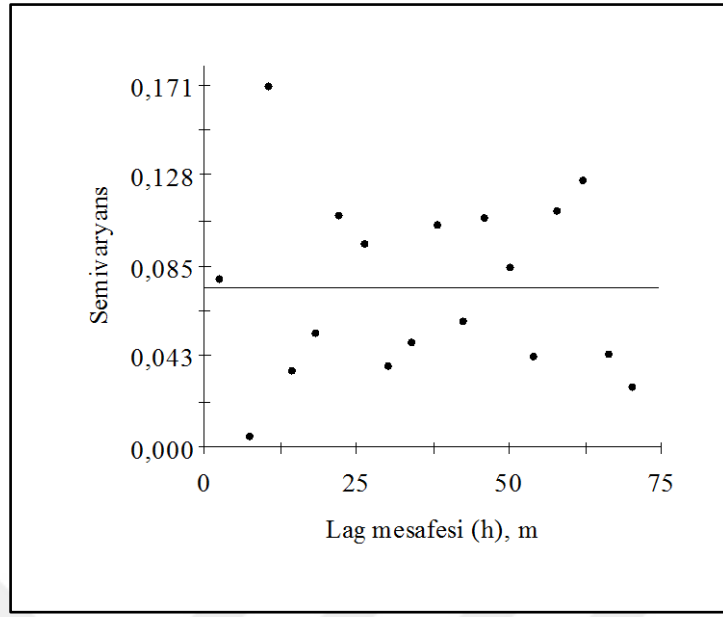
Araştırma topraklarında değişebilir K değerleri, 0.19 cmol kg<sup>-1</sup> ile 1.95 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değişebilir K değeri ise 0.40 cmol kg<sup>-1</sup> olmuştur. Bu durumda çalışmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların yeterli düzeyde değişebilir K içeriğine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

Değişebilir K değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından linear model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.56 ve Şekil 4.35).

**Çizelge 4.56.** Değişebilir K değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
K	0.07522	0.07522	69.9	0	0.10	Linear

Model için etki aralığı 69.9 m olarak saptanmıştır Başka bir ifadeyle; değişebilir K için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik linear modelin ancak 69.9 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak ta yaklaşık 70 m seçilebileceğini söyleyebiliriz (Çizelge 4.56)..



**Şekil 4.35.** Değişebilir K için en uygun semivaryogram modeli

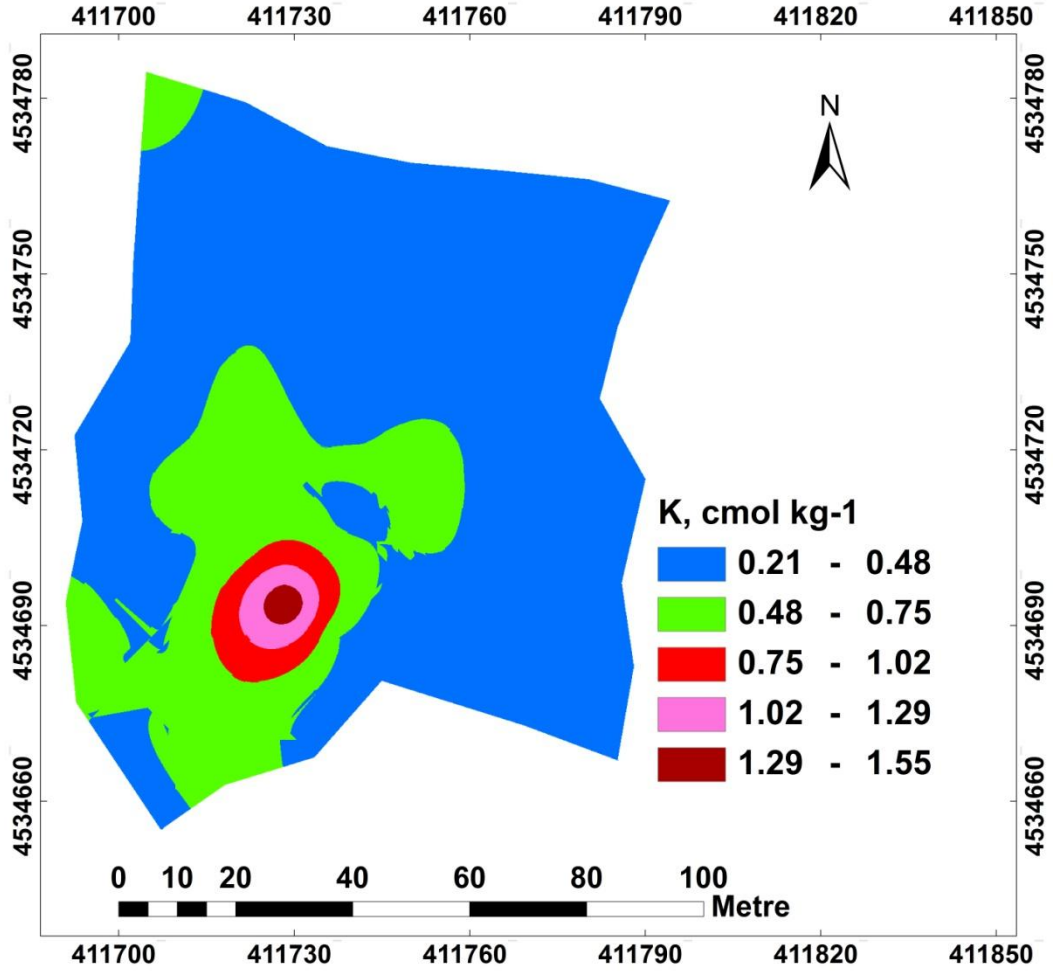
Linear izotropik model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede değişebilir potasyum değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Değişebilir potasyum için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.57’de verilmiştir.

**Çizelge 4.57.** Değişebilir K için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	0.19	0.3
En büyük	1.95	0.6
Ortalama	0.40	0.42
Standart sapma	0.26	0.093

Çizelge 4.57’den de görüleceği üzere; değişebilir K içeriklerinin analizle bulunan değerleriyle Kriging analiziyle tahmin edilen değerleri birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile elde edilen değişebilir potasyum değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Çalışma alanında değişebilir K içerikleri değişimi

Değişebilir K değerleri, çalışma alanının güney-batı kısımlarında daha yüksek elde edilmiştir (Şekil 4.36). Değişebilir K için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.58’de verilmiştir.

Çizelge 4.58. Değişebilir K için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (cmolkg <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
0.21-0.48	10515.49	78.53
0.48-0.75	2485.74	18.56
0.75-1.02	240.23	1.79
1.02-1.29	114.12	0.85
1.29-1.55	34.72	0.26
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.58’ den de görüleceği üzere; çalışma arazisinde değişebilir K içerikleri bakımından bir yetersizlik sözkonusu değildir.

#### 4.1.12.3. Değişebilir Kalsiyum (Ca)

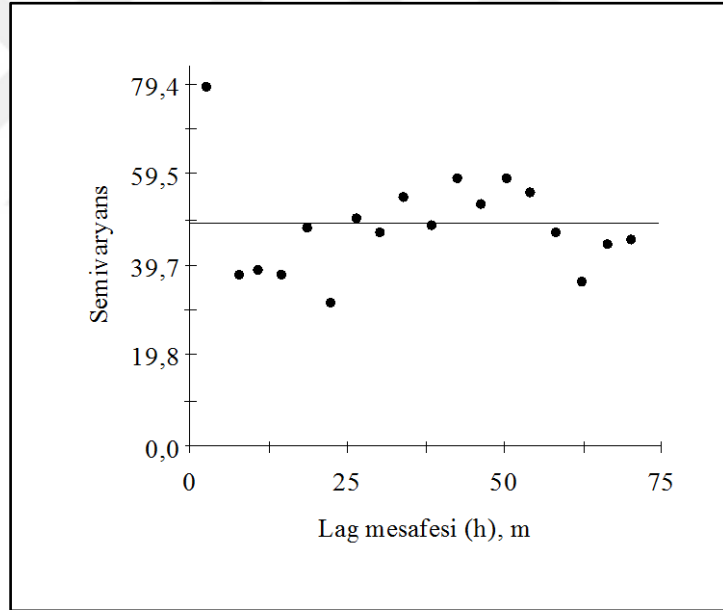
Topraklara ait değişebilir Ca değerleri, 12.12 cmol kg<sup>-1</sup> ile 43.60 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değişebilir Ca içeriği ise 25.29 cmol kg<sup>-1</sup> olmuştur.

Değişebilir Ca değerleri için en uygun semivaryogram modeli, GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından linear model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.59 ve Şekil 4.37).

**Çizelge 4.59.** Değişebilir Ca değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
Ca	48.854	48.854	69.9	0	0.10	Linear

Değişebilir Ca için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik linear modelin ancak 69.90 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak ta yaklaşık 70 m seçilebileceğini söyleyebiliriz (Çizelge 4.59).



**Şekil 4.37.** Değişebilir Ca için en uygun semivaryogram modeli

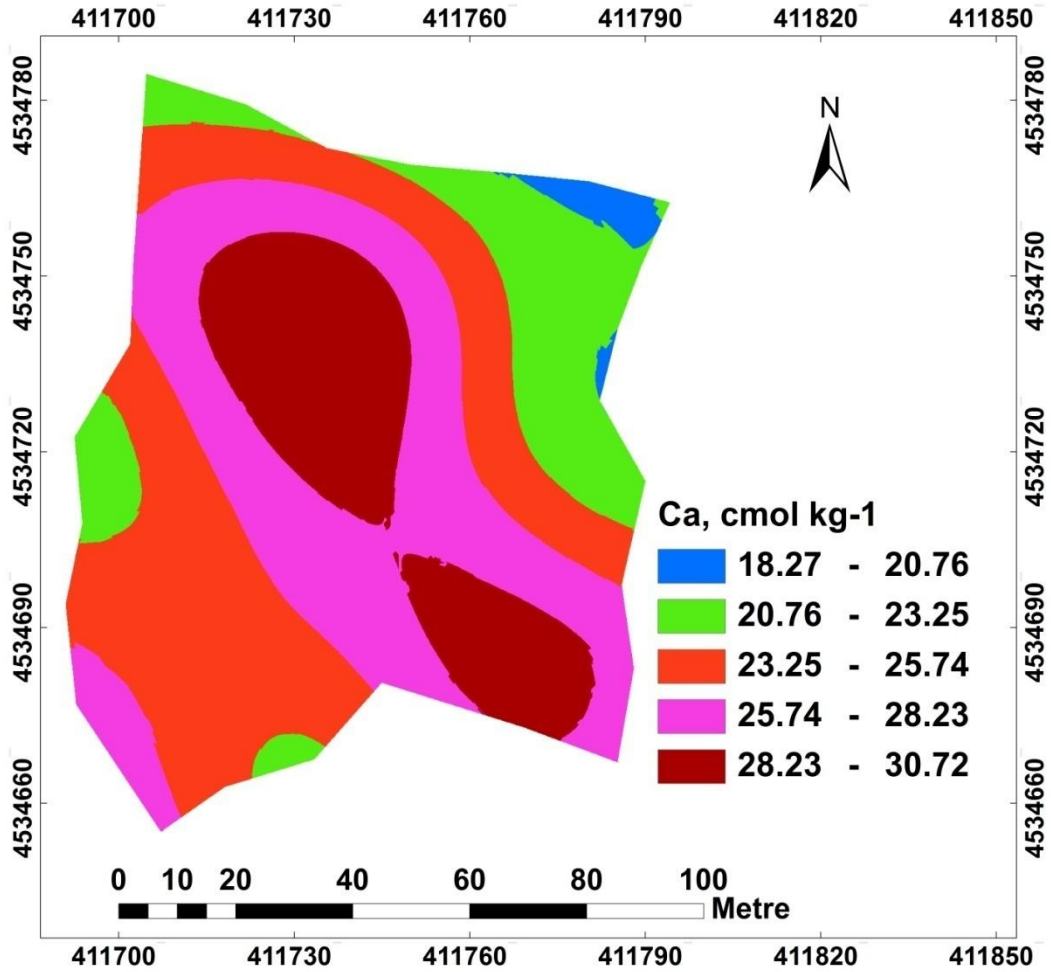
Linear izotropik model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede değişebilir Ca değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Değişebilir Ca için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.60'ta verilmiştir.

**Çizelge 4.60.** Değişebilir Ca için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	12.12	21.6
En büyük	43.6	29.5
Ortalama	25.29	25.86
Standart sapma	6.885	1.63

Tahmin değerlerinin standart sapmasının daha küçük elde edilmesi, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu ve bu özelliğin tahmin haritasının elde edilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996) (Çizelge 4.60).

Blok Kriging ile tahmin edilen değişebilir Ca değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.38).



**Şekil 4.38.** Çalışma alanında değişebilir Ca içerikleri değişimi

Şekil 4.38'den de görüleceği üzere; çalışma alanında değişebilir Ca değerleri, çalışma alanının orta kısımlarında daha yüksek, kuzey-doğu kısımlarında ise daha düşük değerlerde elde edilmiştir.

Değişebilir kalsiyum için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.61'de verilmiştir.

**Çizelge 4.61.** Değişebilir Ca için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (cmolkg <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
18.27-20.76	1114.67	8.32
20.76-23.25	2400.02	17.92
23.25-25.74	4087.04	30.52
25.74-28.23	3895.85	29.09
28.23-30.72	1892.72	14.14
Toplam	13390.30	100.00

Çalışmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların yüksek düzeyde değişebilir Ca içeriğine sahip olduğunu belirtebiliriz.

#### 4.1.12.4. Değişebilir Magnezyum (Mg)

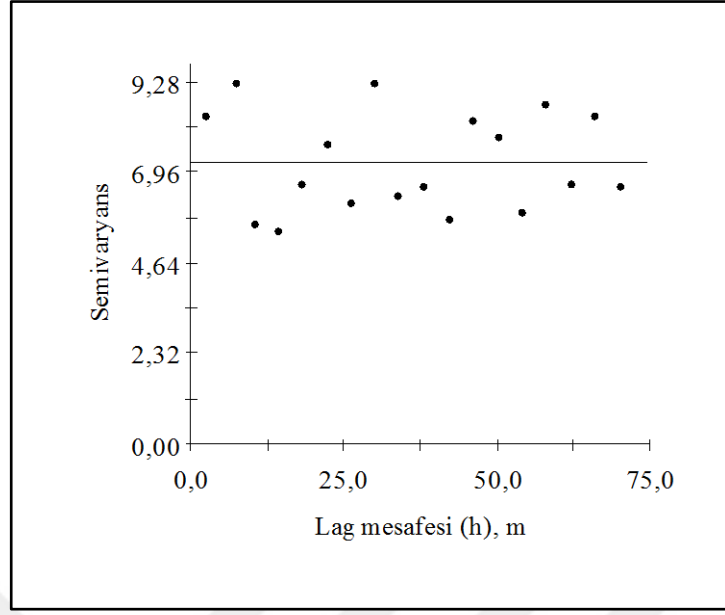
Araştırma topraklara ait değişebilir Mg değerleri, 2.57 cmol kg<sup>-1</sup> ile 16.50 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama değişebilir Mg içeriği ise 7.88 cmol kg<sup>-1</sup> olmuştur. Bu durumda, çalışmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların fazla düzeyde değişebilir Mg içeriğine sahip olduğunu ifade edebiliriz.

Değişebilir Mg değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından linear model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.62 ve Şekil 4.39).

**Çizelge 4.62.** Değişebilir Mg değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
Mg	7.212	7.212	69.9	0.002	0.10	Linear

Model için etki aralığı, 69.9 m olarak saptanmıştır. Bir diğer ifadeyle; değişebilir Mg için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik linear modelin ancak 69.9 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak ta yaklaşık 70 m seçilebileceğini söyleyebiliriz. (Çizelge 4.62).



**Şekil 4.39.** Değişebilir Mg için en uygun semivaryogram modeli

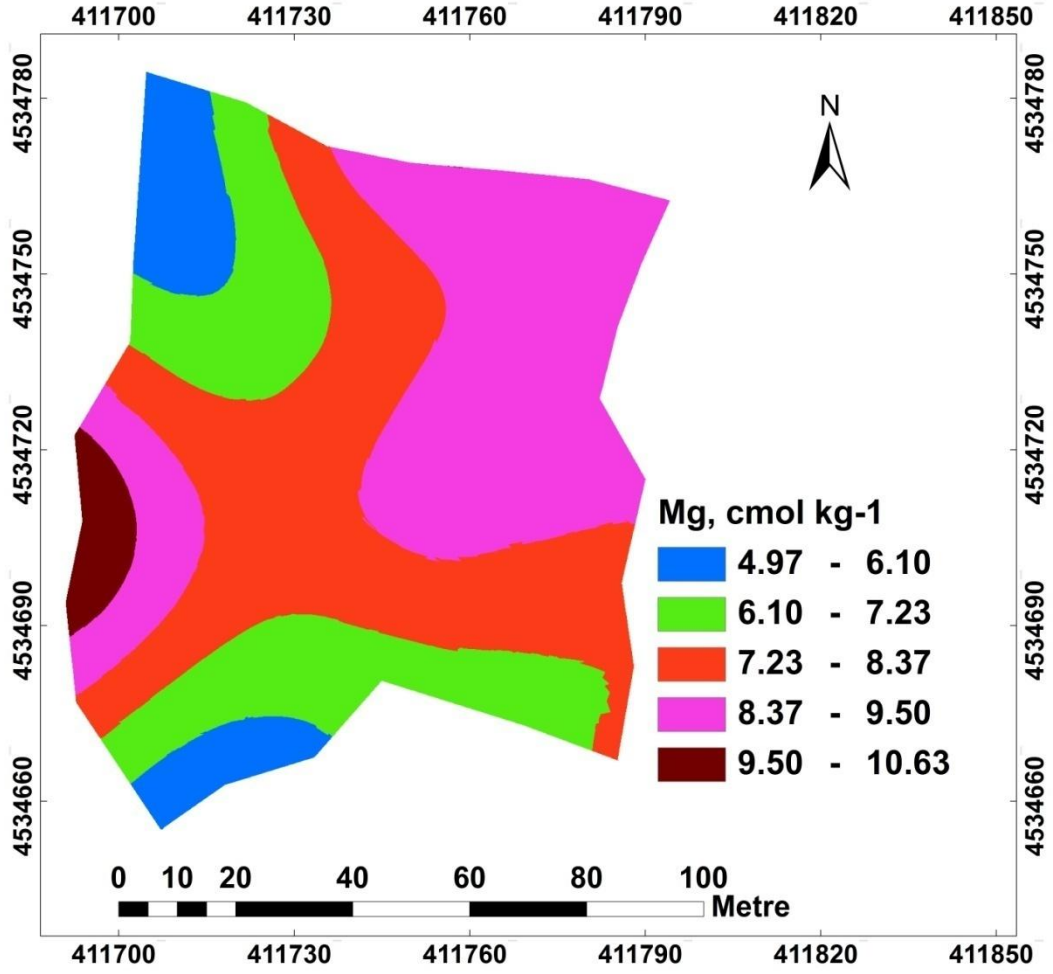
İzotropik linear model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede değişebilir Mg değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. Değişebilir Mg için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.63'te verilmiştir.

**Çizelge 4.63.** Değişebilir Mg için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	2.57	6.7
En büyük	16.5	9.2
Ortalama	7.884	7.897
Standart sapma	2.79	0.591

Çizelge 4.63'den de görüleceği; üzere değişebilir Mg için analizle bulunan değerlerle Kriging analiziyle tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, değişebilir Mg içeriklerinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile tahmin edilen değişebilir Mg değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.40).



Şekil 4.40. Çalışma alanında değişebilir Mg içeriklerinin dağılımı

Değişebilir Mg için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.64’te verilmiştir.

**Çizelge 4.64.** Değişebilir Mg için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (cmolkg <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
4.97-6.10	1677.64	12.53
6.10-7.23	3021.73	22.57
7.23-8.37	3809.28	28.45
8.37-9.50	4171.76	31.16
9.50-10.63	709.89	5.30
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.64’den de görüleceği üzere; çalışma arazisinde toprakların tamamında değişebilir Mg içerikleri bakımından bir sorun olacağı tahmin edilmemektedir.



#### 4.1.13. Katyon Değişim Kapasitesi (KDK)

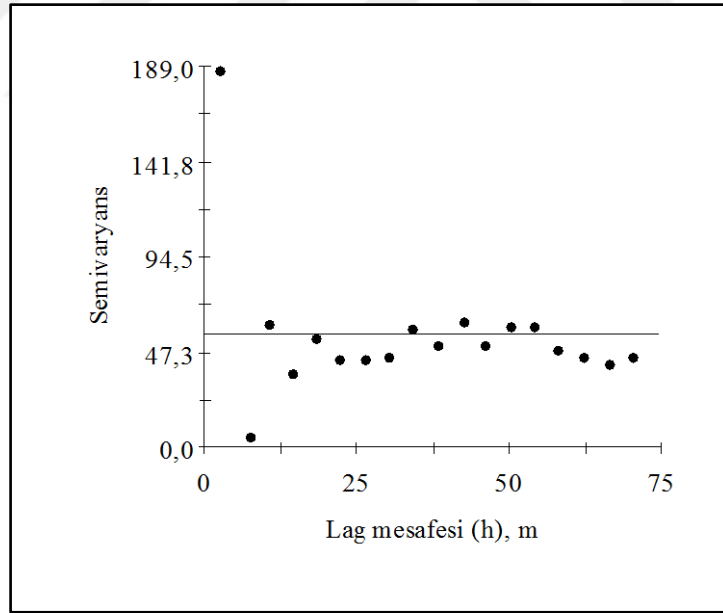
Araştırma topraklarının KDK değerleri, 23.26 cmol kg<sup>-1</sup> ile 55.80 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve ortalama KDK değeri ise, 35.89 cmol kg<sup>-1</sup> olmuştur (Çizelge 4.4).

KDK değerleri için en uygun semivaryogram modeli, incelenen izotropik modeller arasından en küçük kareler ortalaması (RSS) ve en yüksek r<sup>2</sup> değeri veren model prensibine göre kullanılan GS<sup>+</sup> bilgisayar programı tarafından linear model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.65 ve Şekil 4.41).

**Çizelge 4.65.** KDK değişimi için en uygun semivaryogram modeli ve parametreleri

	Nugget, Co	Sill, Co+C	A0 veya 3A0	C/Co+C	r <sup>2</sup>	Model
KDK	56.223	56.223	69.9	0	0.18	Linear

Model için etki aralığı 69.9 m olarak saptanmıştır (Çizelge 4.65). Başka bir ifadeyle KDK için arazide mesafeye bağlı değişkenliğin ortaya koyulmasında seçilen izotropik linear modelin ancak 69.9 metreye kadar geçerli olabileceğini ve örnekleme mesafesi olarak yaklaşık 70 m seçilebileceğini söyleyebiliriz.



**Şekil 4.41.** KDK için en uygun semivaryogram modeli

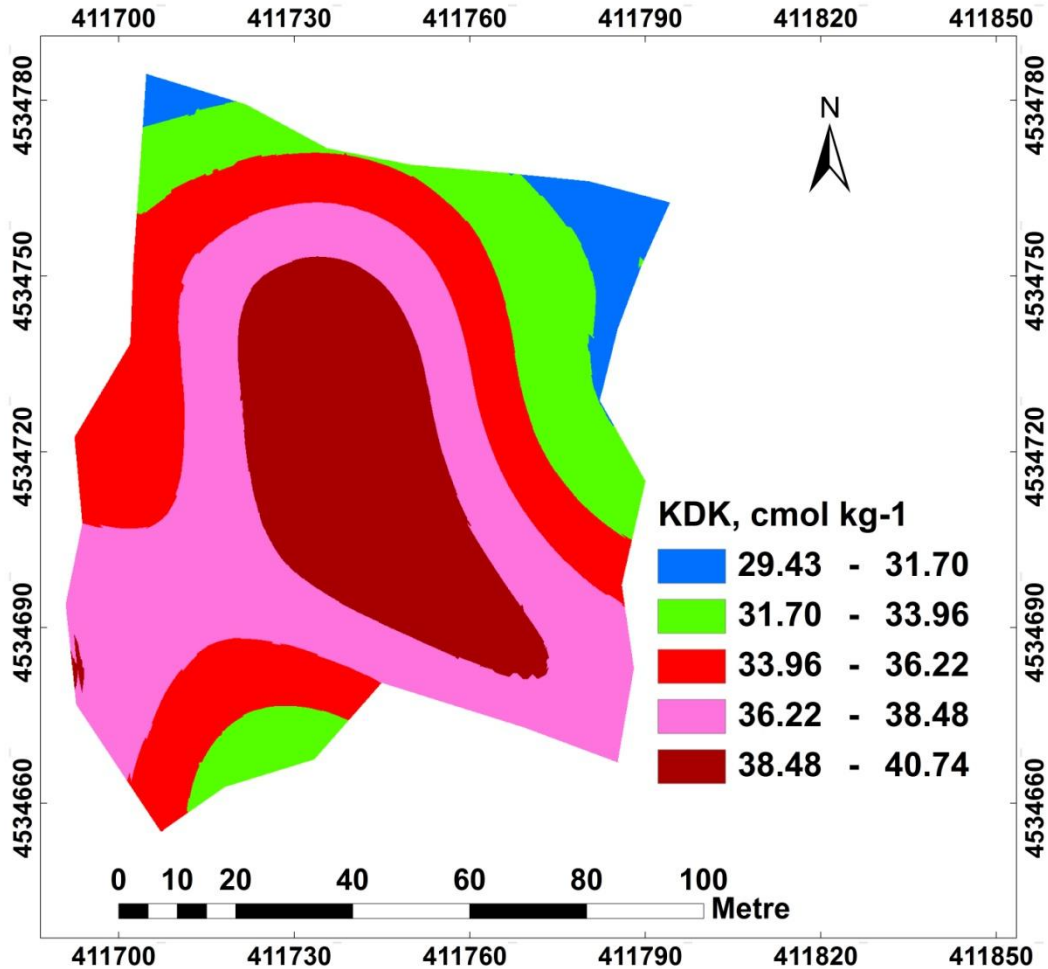
Linear izotropik model parametreleri esas alınarak, çalışma alanında 3x3 m mesafelerde oluşturulan 1540 hücrede KDK değerlerini tahmin etmek için Blok Kriging analizi uygulanmıştır. KDK için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler, Çizelge 4.66'da verilmiştir.

**Çizelge 4.66.** KDK için ölçüm ve tahmin değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistik	Analizle bulunan	Kriging ile tahmin edilen
Örnek sayısı (n)	56	1540
En küçük	23.26	32.2
En büyük	55.8	40
Ortalama	35.9	36.55
Standart sapma	7.08	1.57

Çizelge 4.66'dan da görüleceği üzere KDK için hesapla bulunan değerleriyle Kriging analiziyle tahmin edilen değerleri birbirlerine oldukça benzemektedir. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma değerinin daha küçük elde edilmesi, bu toprak özelliğinin çalışma alanındaki değişimini ifade etmek üzere seçilen modelin uygun olduğunu göstermektedir (Trangmar ve ark., 1985; Öztaş, 1996).

Blok Kriging ile elde edilen KDK değerleri, bu özelliğin çalışma alanındaki uzaysal değişimini göstermek amacıyla haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.42).



**Şekil 4.42.** Çalışma alanında KDK değerlerinin değişimi

Şekil 4.42'den de görüleceği üzere; KDK değerleri, çalışma alanının iç kısımlarında genellikle daha yüksek ve kuzey kısımlarında ise daha düşük değerlerde elde edilmiştir.

KDK için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar Çizelge 4.67'de verilmiştir.

**Çizelge 4.67.** KDK için tahmin edilen sınır değerleri ve çalışma arazisinde kapladığı alanlar

Dağılım Aralığı (cmolkg <sup>-1</sup> )	Alan (m <sup>2</sup> )	Alan (%)
29.43-31.70	1643.57	12.27
31.70-33.96	2547.13	19.02
33.96-36.22	3169.51	23.67
36.22-38.48	3921.44	29.29
38.48-40.74	2108.65	15.75
Toplam	13390.30	100.00

Çizelge 4.67'den de görüleceği üzere; çalışma arazisinde killi tekstür sınıfında yer alan toprakların fazlalığı nedeniyle yüksek KDK değerleri elde edilmiştir. Çalışma alanında yer alan toprakların % 87.73'ünde KDK değerleri 30 cmol kg<sup>-1</sup> değerinin üzerindedir. Bu durumda çalışmaya konu olan ve fındık yetiştiriciliği yapılan bu alanda yer alan toprakların yüksek düzeyde bir KDK değerine sahip olduğu ve gübreleme uygulamalarında mutlaka bu hususun dikkate alınması gerektiği ifade edilebilir.

#### **4.2. Araştırma Alanından Alınması Gerekli Örnek Sayısı**

Jeoistatistiksel tekniklerin en önemli avantajlarından birisi de toprak özelliklerinin belirlenmesinde ihtiyaç duyulan örnek sayısının tahmin edilmesine imkân vermesidir (Webster and Burgess, 1984; Isaaks and Srivastava, 1989).

Araziden alınması gerekli örnek sayısı, toplam alanın her bir toprak özelliği için bulunan etki mesafesinin karesine bölünmesi suretiyle tahmin edilmiştir. Bu yaklaşımla belirlenen örnek sayısından az olmamak kaydıyla, arazi ızgaralara bölünebilir ve gridlerin kesişim noktalarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınabilir (Trangmar ve ark., 1985; Isaaks and Srivastava, 1989).

Fındık yetiştiriciliği yapılan çalışma arazisinde sonradan yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulacak toprak örneği sayıları Çizelge 4.68’de verilmiştir.

**Çizelge 4.68.** Fındık yetiştiriciliği yapılan çalışma arazisinde sonradan yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulacak toprak örneği sayıları

Toprak özellikleri	Çalışma alanının büyüklüğü=13390.30 m <sup>2</sup>		
	Etki mesafesi, m	Alan, m <sup>2</sup>	Örnek sayısı
Kil, %	54.6	2981.16	5
Silt, %	19.8	392.04	35
Kum, %	122.1	14908.41	1
KHA, t m <sup>-3</sup>	70	4900.00	3
DHA, t m <sup>-3</sup>	2.2	4.84	2767
pH <sub>1:1</sub>	68.7	4719.69	3
pH <sub>1:10</sub>	74.1	5490.81	3
EC <sub>1:1</sub> , dS m <sup>-1</sup>	69.9	4886.01	3
EC <sub>1:10</sub> , dS m <sup>-1</sup>	22.9	524.41	26
Organik madde (OM), %	16.1	259.21	52
Toplam N, %	17.5	306.25	44
Yarayışlı P, mg kg <sup>-1</sup>	187.5	35156.25	1
Alınabilir Fe, mg kg <sup>-1</sup>	64.1	4108.81	4
Alınabilir Cu, mg kg <sup>-1</sup>	124.4	15475.36	1
Alınabilir Mn, mg kg <sup>-1</sup>	3.2	10.24	1308
Alınabilir Zn, mg kg <sup>-1</sup>	29.4	864.36	16
Değişebilir Na, cmol kg <sup>-1</sup>	69.9	4886.01	3
Değişebilir K, cmol kg <sup>-1</sup>	69.9	4886.01	3
Değişebilir Ca, cmol kg <sup>-1</sup>	69.9	4886.01	3
Değişebilir Mg, cmol kg <sup>-1</sup>	69.9	4886.01	3
KDK, cmol kg <sup>-1</sup>	69.9	4886.01	3

Çizelge 4.68’den de görüleceği üzere; toprak fiziksel özelliklerinde DHA hariç tutulursa 35 örnek yeterli olurken, toprak kimyasal özelliklerinden alınabilir Mn hariç tutulursa 52 örnek yeterli olmuştur.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Ordu ili Altınordu ilçesi Akçatepe mahallesindeki bir fındık bahçesinden (önceki idari yapıda Merkez ilçe) toprak yüzeyinden (0-20cm derinlikte) sistematik olarak alınan 56 adet toprak örneği üzerinde yürütülen bu çalışmada şu yargılara varılmıştır:

i. Çalışma alanı toprakları tekstür bakımından çoğunlukla killi sınıfta saptanmışlardır.

ii. Ortalama değer esas alındığında; toprakların kil içeriği %38.5'dir.

iii. Araştırmada kullanılan fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerine ilişkin değişim haritaları, birbirleriyle paralellik göstermektedir. Bu durum, topraklarda verimlilik durumlarını ortaya koymak üzere çalışmada kullanılan özelliklerin birbirlerini desteklediklerini göstermektedir.

iv. Araştırma topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir mikro element içeriklerine ait değerler, oldukça yüksek saptanmıştır. Bu durum, bitki örtüsünün toprak özellikleri üzerine olumlu katkılarına ve çalışma alanında yer alan toprakların yüksek kil içeriklerine bağlanmıştır.

vi. Çalışma kapsamında seçilen çoğu özelliğe ait semivaryogram modeli ve model bileşenleri birbirleriyle oldukça uyumlu elde edilmiştir.

vii. Araştırma alanında yer alan toprakların organik madde kapsamı oldukça yetersiz bulunmuştur.

### 5.2. Öneriler

Jeoistatistiksel tekniklerin, toprakların verimlilik durumlarının saptanması ve izlenmesine yönelik yapılacak çalışmalarda kullanılabilmesi amacıyla ele alınan bu araştırma sonucunda bir takım öneriler ortaya atılabilir. Bu öneriler, ana başlıklar halinde şu şekilde sıralanmıştır:

i. Araştırmada kullanılan fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin çalışma alanındaki değişim haritaları, bu alanda gelecekte toprak yönetimiyle ilgili kararların alınmasında, uygulayıcıya büyük kolaylıklar sağlayabilir. Yine fiziko-kimyasal bu

toprak özelliklerine ilişkin değişim haritalarının bir arada değerlendirilmesiyle, çalışma alanı için toprak verimliliğiyle ilgili olarak daha net bilgiler sağlanabilir.

ii. Jeostatistiksel teknikler özellikle de Kriging analizi kullanılarak toprakların verimlilik durumları ve kapasiteleri hassas ve açık bir şekilde ve ortaya konulabilir.

iii. Bu çalışma, araştırma konusu alan veya benzer nitelikteki alanlarda, seçilebilecek örnekleme stratejilerinin tespit edilmesinde esas olarak alınabilir.

iv. Kriging analizi sonucunda, üzerinde çalışılan özelliklere ilişkin tahmin varyansı da hesaplanabilmektedir. Kriging varyansı ise, yapılan tahminin güvenilirliğinin bir ölçüsüdür.

v. Arazi üzerinde birbirlerinden farklılık gösteren kesimlerin, yönetimlerinin de farklı olması gerekmektedir. Bu yönüyle düşünöldüğünde; jeostatistiksel teknikler yardımıyla doğruya yakın bir şekilde üretilen haritaların kullanılması, son günlerde adından sıkça bahsedilen akıllı tarım uygulamalarına hizmet edecek bilgileri sağlamaktadır.

vi. Bu şekilde bir çalışmayla, toprakların değişik amaçlı kullanımına karar verme olanakları da artırılmış olmaktadır.

vii. Doğruya yakın bir şekilde jeostatistiksel teknikler yardımıyla üretilen toprak haritalarının, Ülkemizin önemli döviz getiren ürünlerinden biri olan fındık bitkisinin gübrenmesi çalışmalarında kullanılması, bilhassa alana özgü yönetim uygulamalarında fayda sağlayacaktır.

viii. Ülkemizin önemli fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarından birisi olan Ordu ilinde, fındık örtüsü kesinlikle bozulmamalı ve toprak koruma önlemleri alınmadan toprak işlemeli tarım yapılmamalıdır.

ix. Maliyet unsurlarının giderek arttığı Ülkemizde, kısa sürelerde sonuca ulaşılabilecek nitelikteki araştırmalar tercih edilir bir hale gelmiştir. Bu bağlamda jeostatistiksel metotlar yardımıyla, örnekleme yapılmayan nokta veya alanlarda daha doğru bir şekilde tahmin yapabilme avantajı, maliyeti azaltması açısından dikkate alınmalıdır.

## 6. KAYNAKLAR

- Ahmed, M. 2015. The use of fuzzy logic and geostatistical techniques for spatialization of soil texture in part of Kano Close Settled Zone Kano State, Nigeria. *International Journal of Agriculture, Forestry and Fisheries*; 3(3): 115-122.
- Akbaş, F. 2004. Entisol Ordosuna Ait Bir Arazide Bazı Toprak Özelliklerinin Değişiminin Geleneksel ve Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. Doktora Tezi. T.C Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Tokat.
- Akbaş, F. 2012. Tokat kazova topraklarının yarayırlı fosfor düzeyinin jeostatistik tahmin ve simulasyon metodlarıyla modellenmesi ve haritalanması. *Tarım Bilimleri Dergisi- Journal Of Agricultural Sciences* 18, 63-76.
- Anonim,2014.OrduİklimDeğerlendirilmesi.<http://www.samsun.mgm.gov.tr/FILES/iklim/ordu.pdf>
- ArcGis, 2010. ESRI, 380 New York Street, Redlands, California, 92373-8100, USA.
- Ardahanlıoğlu, O., Öztas, T., Evren, S., Yılmaz, H., 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.
- Arshad, M.A., B. Lowery, and B. Grossman. 1996. Physical tests for monitoring soil quality. p.123-142. In: J.W. Doran and A.J. Jones (eds.) *Methods for assessing soil quality*. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.
- Aşkın, T. 2002. Toprak Aşınabilirliğinin Topoğrafik Pozisyonla İlişkili Olarak Jeostatistiksel Tekniklerle Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun.
- Aşkın, T., Kızılkaya, R., Samofalova, I., Mudrykh, N., Olekhov, V., Türkmen, F. 2013. DTPA-extractable micronutrients: A geostatistical study in Perm (Russia). *International Agricultural Conference on "The Development and Implementation of Modern Technologies and Farming Systems for Ensuring the Environmental Safety"*, July 3-6, Perm, Russia. Book of Proceedings (ISBN 978-5-4367-0076-2), Vol.1, pp. 211-223.
- Aşkın, T., Kızılkaya, R., Olekhov, V., Mudrykh, N., Samafalova, I., Türkmen, F. 2014. Toprak organik karbonu: jeostatistiksel bir yaklaşım. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 2 (1) 13 – 18.
- Başaran, M., Özcan, A.U., Erpul, G., Çanga, M.R. 2006. Spatial variability of organic matter and some soil properties of mineral topsoil in Çankırı İndağı Blackpine (*Pinus nigra*) plantation region. *Journal of Applied Sciences*, 6(2); 445–452.
- Başbozkurt, H., Öztaş, T., Karabrahimoğlu, A., Gündoğan, R., Genç, A. 2013. Toprak özelliklerinin mekânsal değişim desenlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 44 (2): 169-181.
- Bayraklı, F. 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. O.M.Ü Yayınları. No:17. Samsun.

- Bekele, A., Hudnall, W.H. 2006. Spatial Variability of Soil Chemical Properties of a Prairie-Forest Transition in Louisiana. *Plant and Soil* 280:7-21.
- Brady, N.C. 1974. *The Nature and Property of Soils*. 8<sup>th</sup> Ed. Macmillan Publishing Company, Inc., New York, N.Y.
- Brubaker, S.C. 1989. *Evaluating Soil Variability as Related to Landscape Position Using Different Statistical Methods (PhD Thesis)*, Texas A&M University, p:217.
- Brubaker, S.C., Jones, A.J., Frank, K., Lewis, D.T. 1994. Regression models for estimating soil properties by landscape position. *Soil Sci Soc. Am. J.* 58:1763-1767.
- Bruce, R.C., Rayment, G.E. 1982. Analytical methods and interpretations used by the agricultural chemistry branch for soil and land use surveys. Queensland Department of Primary Industries, Bulletin QB8 (2004), Indooroopilly, Queensland.
- Burgess, T.M., Webster, R. 1980. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I. The semi-variogram and punctual kriging. *Journal of Soil Science*, 31:315- 331.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., Konopka, A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:1501-1511.
- Campbell, J.B. 1978. Spatial variation of sand content and pH within single contiguous delineations of two soil mapping units. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:460-464.
- Cemek, B., Güler, M., Kılıç, K., Demir, Y., Arslan, H. 2006. Assessment of Spatial Variability Some Soil Properties As Related to Soil Salinity and Alkalinity in Bafra Plain in Northern Turkey. *Environ Monit Assess* 124:223-234.
- Chien, Y., Lee, D.Y., Guo, H.Y., Hwang, K.H. 1997. Geostatistical Analysis of Soil Properties of Mid-West Taiwan Soils. *Soil Science*, 162(4):291-298.
- Corwin, D.L., Lesch, S.M. 2005. Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity part II. case study. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46: 135-152.
- Crawford, Gotway, C.A., Hergert, G.W. 1997. Incorporating spatial trends and anisotropy in geostatistical mapping of soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:298-309.
- Delcourt, H., Darius, P.L., Baerdemaeker, J. 1996. The spatial variability of some aspects of topsoil fertility in two Belgian fields. *Computers and Electronics in Agriculture* 14; 179-196.
- Demiralay, İ. 1993. Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No.143. Erzurum.
- Duffera, M., Wite J. G., Weisz, R. 2007. Spatial Variability of Southeastern U.S. Coastal Plain Soil Physical Properties: Implications For Site-Specific Management. *Geoderma* 137 (2007) 327-339.
- Entz, T., Chang, C. 1991. Evaluation of soil sampling schemes for geostatistical analyses:



- A case study for soil bulk density. *Can. J. Soil Sci.* 71:165-176.
- Erşahin, S. 1999. Aluviyal bir tarlada bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal (Spatial) değişkenliğinin belirlenmesi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(19):34-41.
- Erşahin, S., 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.
- Follet, R.H., Lindsay, W.L. 1970. Profile Distribution of Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado Soils. *Colorado Exp. Station Tech. Bull.* 110.
- Gaston, L.A., Locke, M.A., Zablutowicz, R.M., Reddy, K.N. 2001. Spatial Variability of Soil Properties and Weed Populations in the Mississippi Delta. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 65:449-459.
- Gee, G.W., J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. p. 383–411. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1.* 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Goovaerts, P. 1997. *Geostatistics for natural resources evaluation.* Oxford Univ. Press, 483 p, NewYork.
- Goovaerts, P. 1998. Accounting for estimation optimality criteria in simulated annealing. *Mathematical Geology*, 30(5); 511–533.
- Greminger, P.J., Sud, Y.K., Nielsen, D.R. 1985. Spatial variability of field-measured soil-water characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:1075-1082.
- GS<sup>+</sup>, 1998. *Geostatistics for the Environmental Sciences.* Gamma Design Software. LLC, P.O. Box 201, Plainwell, Michigan, 49080, USA.
- GS<sup>+</sup>, 2014. *Geostatistics for the Environmental Sciences.* Gamma Design Software. LLC, P.O. Box 201, Plainwell, Michigan, 49080, USA.
- Hamlett, J.M., Horton, R., cressie, N.A.C. 1986. Resistant and Exploratory Techniques for use in Semivariogram Analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:868-875.
- Husson, O., Verburg, P.H., Phung, M.T., van Mensvoort, M.E.F. 2000. Spatial Variability of Acid Sulphate Soils in the Plain of Reeds, Mekong Delta, Vietnam. *Geoderma*, 97:1-19.
- Iqbal, J., Thomasson, J.A., Jenkins, J.N., Owens, P.R., Whisler, F.D. 2005. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. *Soil Science Society of America Journal*, 69; 1338–1350.
- Isaaks, H.E. and Sarivastava, R.M. 1989. *Applied Geostatistics.* Oxford University Press, USA.
- Kacar, B. 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III. Toprak analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No. 3. Ankara.
- Kacar, B. 1996. Bitki ve Toprak Analizleri III. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı yayınları No:3

- Kai-Li, L., Jie, C., Man-Zhi, T., Bing-Zi, Z., Shu-Xiao, M., Xue-Zheng, S. 2011. Spatio-temporal variability of soil salinity in alluvial plain of the lower reaches of the Yellow river- a case study. *Pedosphere*, 21(6): 793-801.
- Kanber, R., Köksal, H., Kırdar, C. 1991. Toprakların Kimi fiziksel özelliklerinde Gözlenen Uzaklık Boyutuna Bağlı Değişkenlik Tavırları. *Doğa-Tr. J. Of Agriculture and Forestry* 15, 921-929.
- Kerry, R., Oliver, M.A. 2004. Average variograms to guide soil sampling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5; 307-325.
- Kılıç, K., Kılıç, S. 2006. Spatial Variability of Salinity and Alkalinity of A Field Having Salination Risk in Semi- Arid Climate in Northern Turkey. *Environmental Assessment* 127:55-66.
- Kırdar, C. 1983. Toprakta tuz yıkanması çalışmalarında olası değişkenlik ve hata sorunu. *Toprak Bilimi Demeği, VIII. Bilim Toplantısı*.
- Klusman, R. W. 1985. Sample Design and Analysis for Regional Geochemical Studies *Journal of Environmental Quality*, 14:369-375.
- Köksal, H., Kanber, R., Önder, S., 1992. Sorunlu Topraklarda Sodyum İçeriğinin Yersel Değişkenlik Tavırlarının Jeostatistiksel Yöntemlerle İrdelenmesi. IV. Ulusal tarım yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, Atatürk Üniversitesi, 24-26 Haziran, s:286-295.
- Li, Y., Shi, Z., Wu, C.F., Li, H.Y., Li, F. 2007. Improved prediction and reduction of sampling density for soil salinity by different geostatistical methods. *Agricultural Sciences in China*, 6 (7); 832-841.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA Micronutrient Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *SSSA. Journal*, 42:421-428.
- Liu, S., Kang, Y., Wan, S., Wang, Z., Liang, Z., Sun, X. 2011. Water and salt regulation and its effects on *leymus chinensis* growth under drip irrigation in saline-sodic soils of the Songnen Plain. *Agricultural Water Management*, 98: 1469-1476.
- Lopez-Granados, F., Jurado-Ekspósito, M., Atenciano, S., Garcia-Ferrer, A., Sanchez, M., Garcia-Torres, A. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in Southern Spain. *Plant and Soil*, 246; 97-105.
- Mahmoudjafari, M., Kluitenberg, G., J., Havlin, J.L., Sisson, J.B., Schwab, A.P. 1997. Spatial variability of Nitrogen Mineralization at the Field Scale. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1214-1221.
- Mao, Y., Sang, S., Liu, S., Jia, J. 2014. Spatial distribution of pH and organic matter in urban soils and its implications on site-specific land uses in Xuzhou, China. *C. R. Biologies* 337; 332-337.
- Matheron, G. 1963. Principles of Geostatistics. *Econ. Geol.*, 58:1246-1266.
- Miao, Y., Mulla, D.J., Robert, P.C. 2006. Spatial Variability of Soil Properties, Corn Quality and Yield in Two Illinois, USA Fields: Implications for Precision Corn Management. *Precision Agric* 7: 5-20.

- McBratney, A.B., Webster, R., McLaren, R.G., Spiers, R.B. 1982. Regional variation of extractable copper and cobalt in the topsoil of southeast Scotland. *Agronomie*, 2:969- 982.
- McBratney, A.B., Webster, R., Burgess, T.M. 1981. The design of optimal sampling schemes for local estimation and mapping of regionalized variables. I. Theory and method. *Computers and Geosciences* 7, 331-334.
- Mihalikova, M., Başkan, O., Dengiz, O. 2015. Capability of different interpolation models and pedotransfer functions to estimate soil hydraulic properties in Büyükçay Watershed. *Environ Earth Sci* 74:2425–2437
- Minitab, 2013. Minitab 17.1.0 (Computer software). State College, PA: Minitab, Inc.
- Miyamoto, S., Cruz, I. 1986. Spatial Variability and Soil Sampling for Salinity and Sodicity Appraisal in Surface-Irrigated Orchards. *Soil Sci. Soc. Am.J.* 50:1020-1026.
- Ongun, A.R. 2008. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Jeostatistiksel yöntemlerle Uzaysal değişkenliğinin Saptanması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, İzmir.
- Ortaş, İ., Berkman, A. 1997. Bir Jeostatistiksel Tekniğin toprak hacim Ağırlığı ve Nem İçeriğinin Araştırılmasında Kullanım Olanaklarının İrdelenmesi. *Tr. J. Of Agriculture and Forestry* 21, 523-529.
- Ölgen, M. K., Erdal, Ü., Sökmen, Ö. 2009. Turgutlu-Salihli arasında organik tarım faaliyetlerinin toprak üzerindeki etkileri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 18:1-2, 17-30.
- Özdemir, N. 1998. Toprak Fiziği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No:30, Samsun.
- Öztaş, T. 1995. Jeostatistiğin toprak bilimindeki önemi ve uygulaması. İlhan AKALAN Toprak ve Çevre Sempozyumu, 27-29 Eylül, Cilt I, A-271-280, Ankara.
- Öztaş, T. 1996. Eğimli Bir Arazide Erozyonla Kaybolan Toprak Derinliğindeki Değişimin Kriging Analizi ile Belirlenmesi. Tarım-çevre ilişkileri Sempozyumu "Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı", s:327-335, 13-15 Mayıs, Mersin.
- Öztaş, T., Akgül, M., Canbolat, M.Y., Barik, K. 1998. Comparison of Spatial Distribution Patterns of Selected Soil Properties With Mapping Unit Boundaries. In "M. Şefik YEŞİL SOY International Symposium on Arid Region Soil" pp:56-61, menemen-İzmir.
- Özyazıcı, M. A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H., Ünal, E. 2015. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının bazı makro ve mikro bitki besin maddesi konsantrasyonları ve ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW) ile haritalanması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 16, Sayı:2, Sayfa: 187-202.
- Özyazıcı M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H., Ünal, E. 2016. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* (Online) doi:10.7161/anajas.2016.31.1.136-148.

- Pierson, F. B., Mulla, D.J. 1990. Aggregate stability in the Palouse Region of Washington: Effect of landscape position. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:1407-1412.
- Rodrigues, K.M., Hurtado, S.M.C., Dechen, S.C.F., Vieira, S., R. 2016. Spatial variability in soil fertility and particle size and their effects on sugarcane yield. *Sugar Tech*, 18(1):39–48.
- Rowell, D.L. 1996. *Soil Science: Methods and Applications*. Longman, UK.
- Sağlam, T. 1997. Toprak ve Suyun Kimyasal Analizleri. Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No:189 Sayfa:1-164.
- Sağlam, M. 2008. Gökhöyük Tarım İşletmesinde yaygın toprak serilerinde bazı kalite göstergelerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle incelenmesi, Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Z.F. Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Sağlam, M., Dengiz, O. 2014. Distribution and evaluation of soil fertility based on geostatistical approach in Bafra Deltaic Plain. *Turk. J. Agric. Res.*, 1:186-195.
- Sillanpaa; M. 1990. Micronutrient assesment at the country level: An international study. *FAO Soils Bulletin*. N. 63. Rome.
- Stevenson, F.J. 1982. Origin and Distribution of N in Soil. *In* F.J. Stevenson (ed.) *Nitrogen in Agricultural Soils*. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Tercan., A.E., Saraç, C. 1998. Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 48, Ankara.
- Timlin, D.J., Pachepsky, Ya.A., Snyder, V. A., Bryant , R.B. 1998. Spatial and Temporal Variability of Corn Grain Yield on a Hillslope. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62:764-773.
- Trangmar, B.B., Yost, R.S., Uehara, G. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, Vol. 38, p:45-93.
- Triantafilis, J., Odeh, I.O.A., McBratney, A.B. 2001. Five Geostatistical Models to Predict Soil Salinity from electromagnetic Indiction Data Across irrigated Cotton. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:869-878.
- Tsirulev, A. 2010. Spatial variability of soil fertility parameters and efficiency of variable rate fertilizer Application in the Trans-Volga Samara Region. *Better Crops*, 94(3):26-28.
- Turgut, B., Öztaş, T. 2012. Bazı toprak özelliklerine ait yersel değişimin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7 (2):10-22.
- Türkmen, F. 2011. Ordu İli Topraklarının Jeokimyasal Özellikleri, Genesisi ve Sınıflandırılması. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Anabilim Dalı, Ankara.
- USDA, 1999. *Soil Quality Test Kit Guide*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute, USA.
- Veihe, A. 2002. The Spatial Variability of erodibility and Its Relation to Soil types: A Study from northern Ghana. *Geoderma*, 106:101-120.

- Velemis, D., Almaliotis, D., Bladenopoulou, S. Karapetsas, N. 1998. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a50/04002037.pdf>. Erişim Tarihi: Mayıs 2009.
- Vieira, S.R., Nielsen, D.R., Biggar, J.W. 1981. Spatial variability of field measured infiltration rate. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:1040-1048.
- Virgilo, D., N., Monti, A., Venturi, G. 2006. Spatial Variability of Switchgrass (*Panicum Virgatum* L.) Yield as Related to Soil Parameters in a Small Field. *Field crops research* , Volume 101, Issue 2, 232-239.
- Wang, J., Yang, R., Bai, Z. 2015. Spatial variability and sampling optimization of soil organic carbon and total nitrogen for Minesoils of the Loess Plateau using geostatistics. *Ecological Engineering*, 82:159–164.
- Webster, R., Oliver, M. 1992. Sample Adequately to Estimate Variograms of Soil properties. *Journal of Soil Science*, 43:177-192.
- Webster, R., Burgess, T.M. 1984. Sampling and bulking strategies for estimating soil properties in small regions. *Journal of Soil Science*, 35, p:127-140.
- Webster, R., Nortcliff, S., 1984. Improved estimation of micro nutrients in hectare plots of the Sonning Series. *Journal of Soil Science*, 35, p:667-672.
- Wilding, L.P., Dress, L.R. 1983. Spatial Variability and Pedology. In L.P Wilding, N.E. Smeck and G.F. Hall (eds.) *Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and interactions*, p:83-116, Elsevier Science Publishing, Newyork.
- Wopereis, M.C.S., Stein, A., Kropff, M.J., Bouma, J. 1996. Spatial Interpolation of Soil Hydraulic Properties and Simulated Rice Yield. *Soil Use and Management*, 12:158-166.
- Yates, S.R., Warrick, A.W. 1987. Estimating Soil Water content Using Co-kriging. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:23-30.
- Yegül, U. 2010. Traktörle Çekilir Elektromanyetik (EM) Elektriksel İletkenlik Sensörü ile Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Ankara.
- Yetgin, B. 2004. Toprak Fiziksel Özelliklerinin Uzaysal Değişkenliğinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, Tokat.
- Yost, R.S., Uehara, G., Fox, R.L. 1982a. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas. I. Semi-variograms. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:1028-1032.
- Yost, R.S., Uehara, G., Fox, R.L. 1982b. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas. II. Kriging. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:1033-1037.
- Zhang, X.Y., Sui, Y.Y., Zhang, X.D., Meng, K., Herbert, S.J. 2007. Spatial variability of nutrient properties in black soil of Northeast China. *Pedosphere*, 17(1):19–29.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Derya ÇAVUŞOĞLU  
**Doğum Yeri** : Aydın  
**Doğum Tarihi** : 16/03/1977  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-mail** : demircanderya@hotmail.com  
**İletişim Bilgileri** : Giresun Üniversitesi

### Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/ Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Kimya Bölümü	Süleyman Demirel Üniversitesi	1999
Y. Lisans	Toprak Bölümü	Ordu Üniversitesi	2016

### İş Deneyimi:

Görev	Görev Yeri	Yıl
Öğretim Görevlisi	Giresun Üniversitesi	2012