



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**JEOİSTATİSTİK ve COĞRAFİ BİLGİ SİSTEM (CBS) TEKNİKLERİ
KULLANILARAK ERZİN OVASI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN
MEKÂNSAL DEĞİŞİM DESENLERİNİN BELİRLENMESİ ve
HARİTALANMASI**

MEHMET SELÇUK COŞAR

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
NİSAN - 2023**



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**JEOİSTATİSTİK ve COĞRAFİ BİLGİ SİSTEM (CBS) TEKNİKLERİ
KULLANILARAK ERZİN OVASI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN
MEKÂNSAL DEĞİŞİM DESENLERİNİN BELİRLENMESİ ve
HARİTALANMASI**

MEHMET SELÇUK COŞAR
ORCID: 0000-0002-3726-0346

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. NECAT AĞCA
ORCID: 0000-0003-4864-844X

HATAY
NİSAN - 2023

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOİSTATİSTİK ve COĞRAFİ BİLGİ SİSTEM (CBS) TEKNİKLERİ
KULLANILARAK ERZİN OVASI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN
MEKÂNSAL DEĞİŞİM DESENLERİNİN BELİRLENMESİ ve
HARİTALANMASI

MEHMET SELÇUK COŞAR

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Necat AĞCA danışmanlığında hazırlanan bu tez 18/04/2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Necat AĞCA
Başkan

Prof. Dr. Şeref KILIÇ
Üye

Prof. Dr. Kemal DOĞAN
Üye

Kod No:

Doç. Dr. Cengiz KARACA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 21.YL.048

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.

18/04/2023

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

MEHMET SELÇUK COŞAR

ÖZET

JEOİSTATİSTİK ve COĞRAFİ BİLGİ SİSTEM (CBS) TEKNİKLERİ KULLANILARAK ERZİN OVASI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN MEKÂNSAL DEĞİŞİM DESENLERİNİN BELİRLENMESİ ve HARİTALANMASI

Bu çalışmada, Erzin ovasındaki bazı toprakların temel özelliklerinin belirlenmesi, bu özelliklerin çalışma alanındaki mekânsal değişim desenlerinin ortaya konulması ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve jeostatistiksel yöntemlerle haritalanması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, alanı temsil edecek şekilde, 47 ayrı noktadan ve 0-30 cm derinlikten toplam 47 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde; pH, elektriksel iletkenlik (EC), alınabilir potasyum (K), organik madde (OM), yarayıklı demir (Fe), yarayıklı bakır (Cu), yarayıklı mangan (Mn), yarayıklı çinko (Zn), yarayıklı magnezyum (Mg), yarayıklı kalsiyum (Ca) ve kireç analizleri yapılmıştır. Ayrıca örnekleme noktalarının UTM sistemine göre coğrafi koordinatları küresel konumlama cihazı (GPS) ile belirlenmiştir. Toprak özelliklerine ait bütün parametrelerin tanımlayıcı istatistik analizleri (ortalama, en düşük ve en yüksek değerler, standart sapma, varyasyon katsayısı, yatıklık, basıklık vb.) yapılmıştır. Çalışma alanı topraklarında ortalama pH, EC, kireç, organik madde ve nem değerleri 7.56, 347.45 $\mu\text{S cm}^{-1}$, % 6.27, %1.67 ve %5.85 olarak belirlenmiştir. Toprakların ortalama Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri ise sırasıyla; 31.77, 122.88, 3579.17, 812.88, 14.67, 2.81, 1.03, 2.24 ve 1.22 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır. Toprak özellikleri ve element içeriklerinin varyasyon katsayıları (VK) 5.89 (pH) ile 129.783 (K) arasında değişmiştir. Parametrelerden sadece pH ve OM değerleri normal dağılım göstermiştir. Diğer parametrelere, P ve Mn hariç, logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. P ve Mn içeriklerine ise karekök dönüşüm uygulanmıştır. Ayrıca, parametrelerden pH, EC, Na ve K için (Küresel) Spherical; OM, P, Fe, Cu ve Mn için Üstel (Exponential); kireç, nem, Ca, Mg ve Zn içerikleri için ise Guassian modeli en uygun yarıvaryogram modeli olarak belirlenmiştir. Nem, Na, K, Ca, Mg, P ve Mn içerikleri kuvvetli; pH, EC, kireç, OM, Fe, Cu ve Zn içerikleri ise orta düzeyde yersel otokorelasyon göstermiştir. Parametrelerin A0 değerleri ise 375 m (OM) ile 7110 m (Fe ve Cu) arasında değişmiştir. Ayrıca bazı parametreler arasında önemli düzeyde pozitif ve negatif korelasyonlar belirlenmiştir.

2023, 60 sayfa

Anahtar Kelimeler: Erzin ovası, Toprak özellikleri, Kriging, Jeostatistik, Coğrafi bilgi sistemleri (CBS)

ABSTRACT

DETERMINING and MAPPING the SPATIAL CHANGE PATTERNS of SOIL FEATURES of the ERZIN PLAIN USING GEOSTATISTIC and GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS) TECHNIQUES

In this study, it is aimed to determine the basic properties of some soils in the Erzin plain, to reveal the spatial change patterns of these features in the study area and to map them using Geographic Information Systems (GIS) and geostatistical methods. Within the scope of the study, a total of 47 soil samples were taken from 47 different points and 0-30 cm depth to represent the area. In soil samples; pH, electrical conductivity (EC), available potassium (K), organic matter (OM), available iron (Fe), available copper (Cu), available manganese (Mn), available zinc (Zn), available magnesium (Mg), available calcium (Ca) and lime analyzes were made. In addition, the geographical coordinates of the sampling points according to the UTM system were determined with a global positioning device (GPS). Descriptive statistical analyzes of all parameters of soil properties (mean, lowest and highest values, standard deviation, coefficient of variation, skewness, kurtosis, etc.) were made. The average pH, EC, lime, organic matter and moisture content in the soils of the study area were determined as 7.56, 347.45 $\mu\text{S cm}^{-1}$, 6.27%, 1.67% and 5.85%. The average Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn and Zn contents of the soils are respectively; 31.77, 122.88, 3579.17, 812.88, 14.67, 2.81, 1.03, 2.24 and 1.22 mg kg^{-1} . The coefficients of variation (CV) of soil properties and elemental contents varied between 5.89 (pH) and 129.783 (K). Only pH and OM values of the parameters showed normal distribution. Logarithmic transformation was applied to other parameters, except P and Mn. Square root transformation was applied to P and Mn contents. In addition, Spherical model for pH, EC, Na and K; Exponential model for OM, P, Fe, Cu and Mn; For lime, moisture; Guassian model for Ca, Mg, and Zn contents were determined as the most suitable semivariogram model. Moisture content, Na, K, Ca, Mg, P and Mn contents are strong; pH, EC, lime, OM, Fe, Cu and Zn contents showed also moderate spatial autocorrelation. The Ao values of the parameters varied between 375 m (OM) and 7110 m (Fe and Cu).

2023, 60 pages

Key Words: Erzin plain, Soil properties, Kriging, Geostatistics, Geographical information systems (GIS)

TEŞEKKÜR

Mesleki ve akademik hayatımda önemli kararlar almam gerektiğinde sürekli yanımda olan ve varlığı ile benim için önemli bir rol model oluŐturan, gerek yüksek lisans konumunun belirlenmesinde gerekse araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve deneyimleri ile çalışmalarımı ıŐık tutan ve yardımını esirgemeyen danıŐman hocam **Prof. Dr. Necat AĞCA**'ya sonsuz saygı ve teŐekkürlerimi sunarım.

Tezimin yazım ve düzeltme aŐamalarında büyük yardımlarını gördüğüm hocam **Prof. Dr. Kemal DOĞAN**'a teŐekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, güvenen ve daima yanımda olan canım aileme sonsuz minnet ve Őükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	10
3.1. Materyal.....	10
3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu.....	10
3.1.2. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü.....	10
3.1.3. Çalışma Alanının İklimi.....	10
3.1.4. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	11
3.2. Yöntem.....	13
3.2.1. Toprak Örnekleme ve Analizler.....	13
3.2.2. İstatistiksel Analizler.....	14
3.2.3. Verilerin Modellemesi ve Haritalaması.....	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	17
4.1. Araştırma Konusu Toprakların Temel Özellikleri.....	17
4.2. Toprakların Element İçerikleri.....	20
4.3. Toprak Özellikleri ve Besin Element İçeriklerinin Yersel Dağılımının Modellenmesi ve Haritalanması.....	24
4.3.1. pH.....	25
4.3.2. Elektriksel İletkenlik (EC).....	27
4.3.3. Kireç.....	29
4.3.4. Organik Madde (OM).....	30
4.3.5. Nem.....	32
4.3.6. Sodyum (Na).....	34
4.3.7. Potasyum (K).....	36
4.3.8. Kalsiyum (Ca).....	38
4.3.9. Magnezyum (Mg).....	40
4.3.10. Fosfor (P).....	42
4.3.11. Demir (Fe).....	44
4.3.12. Bakır (Cu).....	46
4.3.13. Mangan (Mn).....	48
4.3.14. Çinko (Zn).....	50
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Hatay iline ait uzun yıllık iklim verileri (1940 – 2021).....	12
Çizelge 3.2. Toprak örneklerinin alındığı noktaların UTM sistemine göre koordinatları	14
Çizelge 3.3. Toprak özellikleri ve besin elementlerine ait normalite test sonuçları	15
Çizelge 4.1. Araştırma alanı topraklarının bazı özellikleri	18
Çizelge 4.2. Araştırma alanı topraklarının bazı besin element içerikleri.....	21
Çizelge 4.3. Toprakların pH değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	26
Çizelge 4.4. EC değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	28
Çizelge 4.5. Kireç miktarlarına ait yarıvaryogram parametreleri	29
Çizelge 4.6. Organik madde değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	31
Çizelge 4.7. Nem içeriklerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	33
Çizelge 4.8. Na içeriklerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	35
Çizelge 4.9. K değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	37
Çizelge 4.10. Ca değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	39
Çizelge 4.11. Mg değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	41
Çizelge 4.12. P değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	43
Çizelge 4.13. Fe değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	45
Çizelge 4.14. Cu değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	47
Çizelge 4.15. Mn değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	49
Çizelge 4.16. Zn değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu ve toprak örneklerinin alındığı noktalar.....	13
Şekil 4.1. Toprakların pH değerlerine ait yarıvaryogram grafiği	25
Şekil 4.2. Toprakların pH değerlerinin yersel dağılım haritası.....	26
Şekil 4.3. EC değerlerine ait yarıvaryogram grafiği	27
Şekil 4.4. Toprakların EC değerlerinin yersel dağılım haritası.....	28
Şekil 4.5. Toprakların kireç miktarlarına ait yarıvaryogram grafiği.....	29
Şekil 4.6. Toprakların kireç içeriklerinin dağılım haritası	30
Şekil 4.7. Toprakların organik madde değerlerine ait yarıvaryogram grafiği	31
Şekil 4.8. Toprakların organik madde değerlerinin dağılım haritası	32
Şekil 4.9. Toprakların nem değerlerine ait yarıvaryogram grafiği	33
Şekil 4.10. Toprakların nem içeriklerinin dağılım haritası	34
Şekil 4.11. Toprakların Na içeriklerine ait yarıvaryogram grafiği	35
Şekil 4.12. Toprakların Na içeriklerinin dağılım haritası	36
Şekil 4.13. Toprakların K değerlerine ait yarıvaryogram grafiği	37
Şekil 4.14. Topraklarının K içeriklerinin dağılım haritası	38
Şekil 4.15. Toprakların Ca içeriklerine ait yarıvaryogram grafiği.....	39
Şekil 4.16. Çalışma alanı topraklarının Ca değerlerinin dağılım haritası	40
Şekil 4.17. Toprakların Mg değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	41
Şekil 4.18. Toprakların Mg içeriklerinin dağılım haritası.....	42
Şekil 4.19. Toprakların P değerlerine ait yarıvaryogram grafiği	43
Şekil 4.20. Toprakların P değerlerinin dağılım haritası	44
Şekil 4.21. Toprakların Fe içeriklerin yarıvaryogram grafiği.....	45
Şekil 4.22. Toprakların Fe içeriklerinin dağılım haritası	46
Şekil 4.23. Toprakların Cu değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	47
Şekil 4.24. Toprakların Cu içeriklerinin dağılım haritası	48
Şekil 4.25. Toprakların Mn değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	49
Şekil 4.26. Toprakların Mn içeriklerinin dağılım haritası.....	50
Şekil 4.27. Toprakların Zn değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	51
Şekil 4.28 Toprakların Zn değerlerinin dağılım haritası.....	52

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Derece Celsius
km	: Kilometre
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
mg	: Miligram
g	: Gram
kg	: Kilogram
μS	: Mikrosiemens

KISALTMALAR

FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
-----	---

1. GİRİŞ

Topraklar tarımsal üretimin en önemli unsurlarından biri olup, aynı zamanda çoğaltılamayan doğal kaynaklardır. Nüfusun sürekli artmasına karşın, bu nüfusu besleyecek olan kültür bitkilerinin hemen hemen tek beslenme ve gelişme ortamı olan toprakları artırma olanağı kalmamıştır. Bu nedenle, artan nüfusu besleyebilmenin tek yolu ise birim alandan alınacak verim miktarını artırmaktır. Topraklardan en yüksek verimi alabilmek için, toprak özelliklerinin iyi, besin element içeriklerinin ise yeterli düzeyde olması gerekir. Toprak özelliklerinin mekânsal değişiminin belirlenmesi, söz konusu kaynakların sürdürülebilir kullanım ve yönetiminde büyük önem taşımaktadır.

Topraklar heterojen bir yapıya sahiptirler. Bu nedenle, fiziksel ve kimyasal özellikleri hem toprak derinliğine hem de yatay uzaklıklara bağlı olarak farklılık göstermektedir. Klasik istatistiksel yöntemler, toprakların mekânsal olarak gösterdiği bu değişkenliği göstermede yetersiz kalmaktadır. Diğer yandan, toprak özellikleri ile ilgili bilgi edinmek amacıyla yapılan örnekleme yöntemleri ve analizler hem zaman alıcı, hem de oldukça pahalıdır. Bu nedenle, toprak özelliklerinin yersel olarak önemli ölçüde değişkenliklerin var olup olmadığını belirlemek ve daha detaylı araştırmalar yapmak için, bu konuda yatırım yapmadan önce düşük maliyetli yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Toprak özelliklerinin değişkenliklerin analizinde kullanılan ve sık sık başvurulan önemli yöntemlerin başında mekânsal analiz yöntemleri yer almaktadır (Turgut ve Öztaş, 2012; Karaman ve ark., 2012).

Klasik istatistikte, örnek almak için belirlenen noktaların birbirleri ile bağımlı olmadıkları ve örnek ortalamasının popülasyon ortalamasını en iyi şekilde temsil ettiği varsayılır. Oysa mekânsal verilerin analizinde komşu verilerin birbirleri ile ilişkili oldukları düşünüldüğünde, klasik istatistiğin temel varsayımları sağlanamaz (Mardia ve Marshall, 1984). Diğer bir deyişle, birbirlerine yakın olarak örneklenen noktaların kendi aralarında ilişkili ve benzer olmaları olağandır. Arazide süreklilik ve heterojen bir yapı gösteren toprağa ait özelliklerin her noktada ölçülme olanağı olmadığından, mekânsal analizlerin yapılması daha fazla önem kazanmıştır. Mekânsal analizler ile örnekleme yapılmayan noktalardaki toprak özellikleri enterpolasyon yoluyla belirlenebilmektedir.

Jeoistatistik, ölçülen herhangi bir özelliğin mekânsal yapısını ve mekânsal bağımlılığını inceleyen ve sayısallaştıran ve buradan elde edilen ilişkiyi kullanarak anılan özelliğin örneklenmemiş noktalardaki değerlerini tahmin eden uygulamalı istatistiğin bir

kolu olarak tanımlanmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989). Jeostatistiksel yöntemler iki aşamada uygulanmaktadır. Birinci aşamada, incelenecek olan toprak özelliğinin ölçülen noktaları arasındaki otokorelasyon, yani doğal olarak bulunan mekânsal bağımlılığın derecesi belirlenmektedir. Diğer aşamada ise ileri bir enterpolasyon tekniği kullanılarak, incelenen özelliğın örneklenmeyen nokta ve alanlardaki değerleri tahmin edilerek dağılım deseni belirlenmeye çalışılmaktadır. Yarıvariogramlar yersel bağımlılık derecesinin belirlenmesinde, kriging analizi ise enterpolasyon aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlardır (Öztaş, 1995).

Toprak özelliklerinin yersel değişkenliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin haritalanması; toprak ve ürün yönetimi için bir ön koşul olarak görülmektedir. Ayrıca, bu durum arazideki bozulma noktalarının belirlenmesinde de yararlıdır. Topraklardaki besin elementlerinin haritalanması, hassas tarımdaki ilk adımlardan biridir. Çünkü yapılacak olan bu haritalar yersel değişkenliği ölçmekte ve bu değişkenlikleri kontrol etmek için bir temel sağlamaktadır (Denton ve ark., 2017). Uygun olmayan arazi yönetimi uygulamaları nedeniyle toprağın bozulması, uygun değer arazi verimliliğindeki azalmaların başlıca nedenlerinden birisidir. Tarımsal üretkenlik, gıda güvenliği ve çevresel modelleme için toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğinin bilinmesi gereklidir (Bhunia ve ark., 2018).

Yönetim ve ıslah gerekliliklerine uygun olarak çalışma alanı toprak örnekleme stratejilerinin ve sahaya özgü yönetim uygulamalarının iyileştirilmesi için, toprak özelliklerinin mekânsal dağılımı olumlu bir şekilde kullanılabilir. Ölçülen toprak fiziko-kimyasal parametrelerinin değişkenliği, gelecekteki planlanmış deneylerin sonuçlarındaki olası anormallikleri açıklamaya yardımcı olacaktır. Ayrıca, havzalardaki toprak değişkenliğine dayalı olarak yeterli gübreleme ve iyi ürün ve/veya toprak yönetiminin uygulanması da önerilmektedir (Javed ve ark., 2021).

Bu çalışmada, Erzin ovası topraklarının bazı temel özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin çalışma alanındaki mekânsal değişimi belirlenerek dağılım haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Jeoistatistik önce yer bilimlerinde karşılaşılan sorunların çözülmesi amacıyla geliştirilmiştir. Günümüzde ise Jeostatistik yer bilimlerinin yanı sıra birçok alanda da sıkça kullanılmaktadır (Turgut ve Öztaş, 2012). Toprak özelliklerin mekânsal dağılımları için jeostatistiksel yöntemlerin kullanılmasıyla, geniş alanların verimlilik haritaları, risk haritaları, erozyon haritaları gibi haritalar oluşturularak, incelenen bölge için yapılacak yatırım ve her türlü planlamalar için faydalı veri tabanları oluşturulabilmektedir (McGrath ve ark., 2004; Aksakal ve Öztaş, 2009; Karabulut, 2010; Turgut ve Öztaş, 2012).

Bursa ili Vertisol Büyük Toprak Grubu topraklarının verimlilik durumunu belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada, toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre topraklar genellikle kil bünyeli, nötr ve hafif bazik reaksiyonlu, farklı miktarlarda kireç içerikli olduğu tuzluluk sorununun bulunmadığı belirlenmiştir. Toprakların, toplam N, değişebilir K, yarayırlı P, DTPA+TEA ile ekstrakte edilen Fe ve Zn içeriklerinin yeterli, değişebilir Ca ve Mg ile alınabilir Mn ve Cu içeriklerinin oldukça fazla, buna karşın toprakların % 80'ninin organik madde yönünden yetersiz düzeyde olduğu ortaya konulmuştur (Tümsavaş, 2003).

Doğu Karadeniz Bölgesinde yaygın olarak yer alan Kırmızı-Sarı Podzolik toprakların temel bazı karakteristik özellikleri ve verimlilik durumunu belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre topraklar genellikle killi tın, kumlu killi tın, kumlu tın ve tın bünyelere sahip olup, pH değerleri düşüktür. Araştırma sonucunda, alınabilir P, ekstrakte edilebilir K ve Ca yönünden toprak örneklerinin çoğunluğunun yetersiz; toplam N, ekstrakte edilebilir Mg, Na, Fe, Cu ve Mn yönünden ise yeterli/yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Ayrıca %70'inde organik madde içeriği yüksek düzeyde, toprakların, ekstrakte edilebilir Zn içeriklerinin ise yetersiz olduğu belirlenmiştir (Özyazıcı ve ark., 2013).

Taşova ve Akın (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, Marmara Bölgesinde tarım yapılan toprakların tamamını tanımlayacak şekilde; toprakların bitki besin maddesi ve verimlilik durumu kapsamlarının belirlenmesi, belirlenen bu toprak özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kapsamında değerlendirilerek güncel toprak veri tabanlarının oluşturularak haritalanması ve bu toprak özelliklerinde sonradan oluşacak değişimlerinin

izlenebilmesi amaçlanmıştır. Tarım alanlarından toprak örnekleme yapılmış, toprak örnekleri 0–20 cm derinlikten yer koordinatları ölçülerek alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde; toprakların verimlilik analizleri (toprak bünyesi, toprak reaksiyonu, toplam tuz, kireç, organik madde) ve bitkiye yararlı makro ve mikro elementler (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn) analizleri yapılmıştır. Toprak analiz sonuçları, belirli kıstaslara göre sınıflandırılarak, besin maddelerinin eksiklik, yeterlilik veya fazlalık seviyeleri belirlenmiştir. Toprak parametrelerinin sınıflandırılmasından sonra Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kapsamında veri tabanı oluşturularak toprak verimlilik haritaları üretilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, Marmara bölgesi tarım arazilerinin genel olarak; killi tınlı, hafif alkali karakterli, organik madde bakımından az, tuzsuz ve az kireçli topraklar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca azot bakımından çok fakir ve fakir, yararlı potasyum, kalsiyum ve magnezyum bakımından ise fazla sınıfta bulunmuştur. Bölge topraklarının % 47'sinde fosfor noksanlığı görülürken, % 53'ünde fosfor fazlalığı görülmektedir. Demir ve bakır içeriklerinin yeterli düzeyde, çinko ve mangan içeriklerinin ise az olduğu belirlenmiştir.

Antalya ili Kepez ilçesinde karanfil yetiştiriciliği yapılan sera topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, Kepez ilçesinde karanfil yetiştiriciliği yapılan 50 farklı seradan 0-30 cm toprak derinliğinden örnekler alınmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, incelenen sera topraklarının bünyeleri kumlu tından killi tına kadar değişmiştir. Toprakların pH'ları genellikle alkali ve hafif alkali reaksiyonlu olup, elektriksel iletkenlik değerleri tuzsuzdan, çok yüksek tuzluya kadar değişkenlik göstermektedir. Büyük çoğunluğunun aşırı derecede kireç içerdiği toprakların organik madde miktarlarının ise yetersiz olduğu belirlenmiştir. Toplam N (%) içeriklerinin çok fakir düzeyden çok iyi düzeye kadar değiştiği, alınabilir P miktarlarının yeterli, değişebilir K miktarlarının düşük seviyeden çok yüksek seviyeye kadar değişen, değişebilir Mg ve Ca bakımından iyi düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Öktüren ve ark., 2016).

Uysal ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, Yalova'nın Armutlu ilçesinde yer alan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; genel olarak toprak örneklerinin tın ve killi tın bünyeli, çok düşük kireç içerikli ve nötr ve asit karakterli oldukları görülmüştür. Organik madde ve alınabilir fosfor miktarlarının düşükten yüksek seviyeye kadar değişirken, değişebilir potasyum

içeriklerinin ise çoğunlukla düşük ve çok düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca toprakların elektriksel iletkenlik, kireç, alınabilir fosfor ve değişebilir potasyum içerikleri arasında önemli ve pozitif yönlü ilişkiler bulunmuştur.

Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinin tarım topraklarında, temel verimlilik özelliklerinin belirlenmesi ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak toprak dağılım haritalarının oluşturulması amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, toprakların büyük çoğunluğu (% 75.30'u) tın bünyeli olup, pH değerleri çok değişkenlik (< 4.5-8.5 arasında) göstermektedir. Toprakların tuzsuz ve % 61.15'inin az kireçli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bölge topraklarının % 58.83'ünde fosfor noksanlığı görülürken, % 42.68'inde ekstrakte edilebilir potasyumun yeterli olduğu belirlenmiştir (Özyazıcı ve ark., 2017).

Bhunia ve ark. (2018) tarafından Batı Benegal'deki (Hindistan) lateritik topraklarda yapılan bir çalışmada, toprak özelliklerinin jeostatistiksel yöntemlerle toprak özelliklerinin mekânsal dağılımı incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, toprakların önemli bir kısmının orta düzeyde otokorelasyon gösterdiği (nugget/sill oranı 0.25-0.75 arasında olduğu) belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacılar, uygulanan jeostatistiksel modelin lateritik toprakların mekânsal değişkenliğini doğrudan ortaya çıkarabileceğini ve çiftçilere ve karar vericilere toprak-su yönetimini iyileştirmede yardımcı olacağını belirtmişlerdir.

İran'nın Naqade bölgesinde yapılan bir çalışmada; toprakların elektriksel iletkenlik (EC), pH, kil, kum, CaCO₃, organik karbon (OC) ve mevcut potasyumun (K) dağılımlarının değişkenliği, bir jeostatistik yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) tekniği kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada; pH ve kil normal bir dağılım izlerken, kum EC, CaCO₃, OC ve K değerlerine logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. En yüksek değişim katsayısı toprak EC, en düşük değişim katsayısı ise pH değerlerinde gözlenmiştir. Bu özellikleri için en uygun yarıvaryogram modelleri ise küresel, üstel ve Gaussian olarak belirlenmiştir. En düşük etkili otokorelasyon uzaklığı OC için (1500 m), en yüksek uzaysal otokorelasyon ise kum ve K değerleri için (4000 m) belirlenmiştir. Kum ve CaCO₃ değerlerinde güçlü (%5-25), kil, EC, OC ve K değerlerinde ise orta (%25-75) düzeyde uzaysal oto korelasyonlar belirlenmiştir (Mousavifarda ve ark., 2013).

Delbari ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, toprak tekstür fraksiyonları (sırasıyla kum, silt ve kil yüzdeleri), toprak su içeriği (WC), kütle dahil olmak üzere çok

çeşitli toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mekânsal değişkenliğini araştırılmıştır. Toprak özelliklerinin istatistiksel analizi, Na, Mg, Ca, WC, EC, ESP ve SAR'ın büyük bir varyasyon katsayısına (CV) (%50'den fazla) ve BD ve pH'ın düşük bir CV'ye (%15'ten az) sahip olduğunu göstermiştir. Buna göre, AP ve toprak altı ESP en düşük uzamsal korelasyona sahipken, tekstür fraksiyonları uzayda en çok otokorelasyona sahip değişkenlerdir. Toprak özelliklerinin uzaysal yapısı, AP için minimum 70 m ve toprak tekstür fraksiyonları için neredeyse 800 m'lik bir minimum korelasyon sahip ve en uygun yarvuriyogram modellerinin ise küresel veya üstel olduğu belirlenmiştir.

Song ve ark. (2019)'nın Çin'in hilly ve Mountainous bölgelerinde yaptıkları bir çalışmada, orman topraklarının bazı özelliklerinin yersel değişimi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; incelen beş toprak özelliğinin varyasyon katsayısı değerleri; alınabilir fosfor > organik madde > alınabilir potasyum > toplam azot > pH azalan sırasını takip etmiştir. Toprak özellikleri için yersel otokorelasyon (A_0) değerlerinin ise 23.3 – 274.9 km gibi geniş bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir.

Güney Çin'in engebeli ve dağlık bölgelerinde yapılan bir çalışmada, toprak özelliklerinin mekânsal değişkenli jeostatistik yöntemlerle incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; toprağın genellikle asidik reaksiyonlu olduğunu, organik madde ve toplam azot içeriği yönünden zengin ancak alınabilir fosfor ve potasyum yönünden yoksul olduğunu göstermektedir. En düşük varyasyon katsayısı pH değerlerinde, en yüksek ise alınabilir fosfor değerlerinde belirlenmiştir. Tüm toprak özelliklerinin nugget/sill oranları %10 ila %50 arasında değişmiştir. Bu sonuçlar toprak özelliklerinin güçlü veya orta düzeyde yersel bağımlığa işaret etmiştir (Li ve ark., 2019).

Doğan ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, Arsuz ovası (Hatay) topraklarının mikrobiyel özelliklerinin jeostatistiksel yöntemle dağılımı belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, toprak özelliklerinin çoğu için en uygun yarvuriyogram modelinin exponential, spherical, and Gaussian olduğu belirlenmiştir.

Fas'ın Tadla ovasının güneyindeki Beni-Moussa çevresinde yapılan bir çalışmada; tarım alanındaki toprak kalitesinin mekânsal değişkenliği istatistiksel ve jeostatistiksel analizlerle incelenmiştir. Araştırma sonucunda Toprakların reaksiyonun bazik olduğu belirlenmiştir. Diğer toprak özellikleri ise çalışma alanında önemli ölçüde değişiklik göstermiştir. Yine elde edilen sonuçlar, çalışma alanındaki toprak özelliklerinin değişiminin içsel ve yönetimsel toprak faktörlerine bağlı olduğunu ortaya koymuştur.

Ayrıca araştışıcılar, bu tür çalışma sonucunda elde edilen ayrıntılı haritaların, uluslararası düzeyde, özellikle gübre miktarı, ürün rotasyonu, bozulmuş toprakların korunması ve iyileştirilmesi ile ilgili olarak uygun müdahalelerin seçiminde çok faydalı olduğu belirtmişlerdir (El Hamzaoui ve ark., 2021).

El-Metwally ve ark. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada Burullus gl (Mısır) sedimentlerinde bazı ağır metallerin dağılımı ve zenginleşme oranları araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre ağır metallerin konsantrasyonları; Fe > Mn > Zn > Cu ≥ Ni > Pb > Cd şeklinde sıralanmıştır. Yine, alışma alanında Cu konsantrasyonunun geniş bir dağılım gösterdiği, kurşun ve kadmiyumun dağılımında ise anlamlı bir fark görülememiştir.

Keşmir Eyaletinin Kuzey Himalayalarında yapılan bir çalışmada; toprak özelliklerinin yersel dağılım haritaları oluşturulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; Kum, silt, elektriksel iletkenlik ve toprak pH'sına ait değerler normal dağılım göstermiştir. Değişik katsayısı değerleri en yüksek (%82.2) Organik karbon, en düşük (%5,66) ise toprak parçacık yoğunluğunu değerlerinde belirlenmiştir. Havzada yetersiz bulunan fosfor hariç, toprak makrobesinleri orta düzeyde belirlenmiştir (Javed ve ark., 2021).

Bangladeş'te yerel yönetim bölgesinde yapılan bir çalışmada, bazı toprak özelliklerinin haritaları oluşturulmuş ve bu özelliklerin alan içindeki değişkenliklerini değerlendirmesi amaçlanmıştır. Çalışmada; verilerin normalleştirilmesinden sonra, toprak özelliklerini tanımlamak için klasik istatistik ve bir CBS ortamında kriging enterpolasyon teknikleri kullanılarak toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğini göstermek için jeoistatistik analiz kullanılmıştır. Sonuçlar, toprak özelliklerinin yersel dağılımının ve bağımlılık seviyesinin kk veya büyük ölçekte bile farklı olabileceğini göstermiştir. Çalışma alanındaki toprakların besin elementleri için oluşturulmuş haritaları, alana özel besin elementi yönetimini geliştirmek için çiftçiler ve karar vericiler için yararlı olabileceği ve ayrıca, bu prototip haritalar, yalnızca girdi yönetimi maliyetini azaltmakla kalmayan, aynı zamanda herhangi bir çevresel tehlikeyi önleyen sahaya özgü bir koşul da dahil olmak üzere, gelecekteki besin ve gübre uygulamaları yönetimi için yardımcı olacaktır. Ayrıca jeoistatistik ve CBS tekniklerinin etkinliğinin, blgeselleştirilmiş besin yönetimi açısından bu çalışma için güçlü bir araç sağladığını göstermektedir (Khan ve ark., 2021).

Leena ve ark. (2021) tarafından Hindistan'ın Karnataka Eyaletinde yapılan bir çalışmada; topraklardaki besin elementlerinin yersel dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışmada her bir toprak özelliği için Ordinary Kriging jeostatistik yöntemi kullanılarak mekânsal dağılım haritaları üretilmiştir. En uygun yarıvaryogram modeli; pH için üstel, EC ve OC için küresel ve N, P₂O₅ ve K₂O için Gaussian olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar, bu çalışma sonucunda, jeostatistik yöntemlerin mekânsal dağılım haritalarını geliştirmek için kullanılabileceğini ve böylece toprak verimliliği yönetimine uygun maliyetli bir çözüm sağladığını belirtmişlerdir.

Dörtyol ovasında yapılan bir çalışmada, toprakların verimlilik ile ilgili özellikleri belirlenmiş ve bu özelliklerin çalışma alanındaki yersel dağılım haritaları oluşturulmuştur. Toprak özelliklerinin yersel değişiminin modellenmesinde jeostatistik yöntemler, haritalanmasında ise coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Araştırma sonunda; toprak özelliklerinden pH, EC, kireç, OM, P, Mn ve Zn için Üssel (Exponential); nem, kum, kil, Ca, Na, Mg ve Fe için Gaussian, silt ve K için Küresel (Spherical), Cu için ise Doğrusal (Linear) modelin en uygun yarıvaryogram modeli olduğu belirlenmiştir (Aşkîner, 2022).

Arsuz Ovası'nda Demircioğlu ve Ağca (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, topraklarının temel kimyasal özellikleri belirlenerek, bu özelliklerin alandaki yersel dağılım modelleri oluşturulmuş ve dağılım haritalarını çizilmiştir. Araştırma bulgularına göre; en uygun yarıvaryogram modeli toprakların çoğunda Gaussian ve Exponential (üssel) olarak belirlenmiştir. Yine, toprak özelliklerinin tamamı kuvvetli ve orta düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. Elde edilen sonuçlar toprak özelliklerinin ilişkili olabileceği en fazla uzaklıkların 850-7776 m arasında olduğunu göstermiştir.

Hindistan'nın başkenti Delhi'deki Tarım Üniversitesinin uygulama çiftliği topraklarında yapılan bir çalışmada; toprakların temel özelliklerinin ve bazı besin element içeriklerinin yersel dağılımı incelenmiştir. Araştırma sonuçlarında, toprakların tekstürleri kumlu tın ile killi tın arasında değiştiği belirlenmiştir. Yine toprakların bazik karakterde ve tuzsuz oldukları görülmüştür. Yine yapılan yersel dağılım haritalarının besin elementlerinin dağılımlarının belirlenmesinde ve gübreleme çalışmalarında rahatlıkla kullanılabileceği belirtilmiştir (Dines ve ark., 2022).

Karakaya ve Ağca (2022) tarafından yapılan çalışmada, Sariseki-Dörtyol (Hatay) arasında kalan tarım arazilerde toprakların temel özelliklerinin saptanması ve bu

özelliklerin çalışma alanındaki dağılımlarının modellenerek haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Toprak özelliklerinin yersel dağılımının belirlenmesi ve haritalanması için jeostatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Toprakların temel özellikleri içerisinde varyasyon katsayısı (VK) en düşük olanı pH (% 3.2) en yüksek olanı ise kireç içeriği olup (% 169.8), bunu % 65.8 ile EC değerleri izlemiştir. En uygun varyogram modeli; EC, kum ve silt, değerleri için küresel; organik madde ve kil için Gaussian ve pH ve kireç için ise üssel olarak belirlenmiştir.

Trabzon İli Akçaabat İlçesinde yetiştirilen fındık bahçelerinde yapılan bir çalışmada; topraklarının temel özellikleri ve besin element içerikleri belirlenmiş ve elde edilen bulgular, kritik değerlerle kıyaslanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, toprak örneklerinin pH, EC ve kireç içerikleri sırasıyla 5.5 ile 7.4, 72 ile 613 $\mu\text{S cm}^{-1}$ ve % 0.42 ile %4.95 arasında değişmiştir. Yine incelenen toprakların sırasıyla organik madde (OM), alınabilir P, K, Ca ve Mg içeriklerinin % 0.34 ile 3.76, 7.27 ile 98.34 mg kg^{-1} , 41.5 ile 1294.5 mg Kg^{-1} , 6700 ile 20200 mg Kg^{-1} arasında olduğu belirlenmiştir. Topraklardaki alınabilir mikro elementlerden Fe, Zn, Mn ve Cu içerikleri ise sırasıyla 2.75 ile 95.85 mg kg^{-1} , 0.44 ile 2.95 mg Kg^{-1} , 4.37 ile 62.60 mg kg^{-1} , 0.68 ile 4.70 mg kg^{-1} arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırma bulguları, besin elementlerinin çoğunun bitkiler için yeterli ve fazla düzeyde olduğunu ortaya koymuştur (Ağca ve Kan, 2022).

Hindistan'da yapılan bir çalışmada; toprakların temel özelliklerinin ve mikrobesein element içeriklerinin yersel değişkenlikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarında; toprakların pH, EC, OC ve CaCO_3 içeriklerinin sırasıyla 4.68 ila 7.64, 0.03 ile 0.26 dSm^{-1} , 1.25 ila 10.84 g kg^{-1} ve 5.0 ile 115 g kg^{-1} arasında değiştiği belirlenmiştir. Yine toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn, Cu, Fe ve Mn içerikleri 0.04 ile 2.44, 0.43 ila 25.18, 4.96 ile 73.05, 3.71 ila 74.73 arasında değişmiştir. Varyasyon katsayısı en az pH (CV = %8.06) en fazla ise CaCO_3 (CV = %57.80) değerlerinde belirlenmiş olup bunu EC (CV = %47.17) ve OC (CV = %36.11) izlemiştir. Mikrobesein elementlerinden Cu'nun oldukça değişken olduğu (CV = %89.94) ve bunu azalan sıra ile (CV = %66.01), Fe (CV = %51.78) ve Mn (CV = %49.04) olduğu belirlenmiştir. Yine, pH, EC, OC Zn, Cu ve Fe'in orta derecede (Siill/nugget oranları %26 ila 71 arasında) yersel otokorelasyon göstermişlerdir (Tagore ve ark., 2023).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Yaklaşık 2200 hektarlık bir alan kaplayan çalışma alanı, Hatay'ın ili Erzin ilçesi sınırları içinde yer almaktadır (36°57'53" ve 36°59'56" K ve 36°07'34" ve 36°12'45" D). Çalışma alanının içinde yer alan Erzin ilçesi, Adana, Osmaniye, Dörtöyol ve İskenderun Körfezi ile çevrilidir (Anonim, 2016).

3.1.2. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü

Erzin ovasını doğuda sınırlayan dağlar genellikle çam ormanı ve meşe ağaçları ile kaplıdır. Delihalil tepe eteklerinde daha çok maki türünde bitki örtüsü egemendir. Ovada, özellikle doğu kesimlerinde, narenciye ileri düzeydedir. Çalışma alanının hemen hemen tamamı narenciye örtüsü altındadır. Ovanın ortasında yer alan Haydar dağında kuru tarım uygulanmaktadır. Burada soğan ve tahıl üretimi ön sırada yer almaktadır. Yeraltısuyu kaynaklarından yararlanılması ile birlikte sebzeçilik, pamuk, yerbıstığı ve susam üretimi giderek yaygınlaşmıştır. Özellikle yerbıstığı ve susam ikinci ürün olarak değerlendirilmektedir (Doyuran, 1982).

3.1.3. Çalışma Alanının İklimi

Çalışma alanı yazları sıcak ve kurak, bahar ve kış ayları ise ılık ve yağışlı geçen tipik Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Çalışma alanının içinde yer aldığı Hatay iline ait uzun yıllık iklim verileri (Anonim, 2023) Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çalışma alanının yer aldığı Hatay'da yıllık ortalama yağış toplamı 1161.5 mm, ortalama sıcaklık ise 18.3°C olup, ortalama en yüksek sıcaklık Ağustos ayında (32.0 °C) en düşük sıcaklık ise Ocak ayında (4.7 °C) kaydedilmiştir. Aylık en yüksek ortalama toplam yağış Ocak ayında (198.9 mm), en düşük ise Temmuz ayında (16 mm) belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

3.1.4. Çalışma Alanının Jeolojisi

Erzin ovası doğuda Üst Kretase yaşlı ofiyolitli seri ve kuzeyde genellikle kumtaşı, konglomera ve yer yer marnlardan oluşan Miyosen yaşlı Kuzgun formasyonu ile sınırlanmıştır. Ovaların temelini marn bantları ve mercekleri içeren Pliyosen konglomeraları oluşturmaktadır. Erzin ovasının kuzey ve kuzeybatısında, olivin bazaltlardan oluşan Kuvaterner yaşlı Delihalil formasyonunun yaygın yüzlekleri görülür. Diğer Kuvaterner oluşumlar ise Kaliçi, birikinti koni çökelleri, kıyı kumulları ve alüvyonlardır. Erzin ovasının büyük bir kısmını örten alüvyonlar sel suları ve akarsu çökellerinden oluşmuştur. Akarsu yataklarında genellikle çakıllı ve yer yer kumlu olan alüvyonlar ovaların diğer kısımlarında daha çok kumlu, siltli ve killidir. Ovada alüvyonların kalınlığı 10-60 m arasında değişmektedir (Doyuran, 1982).

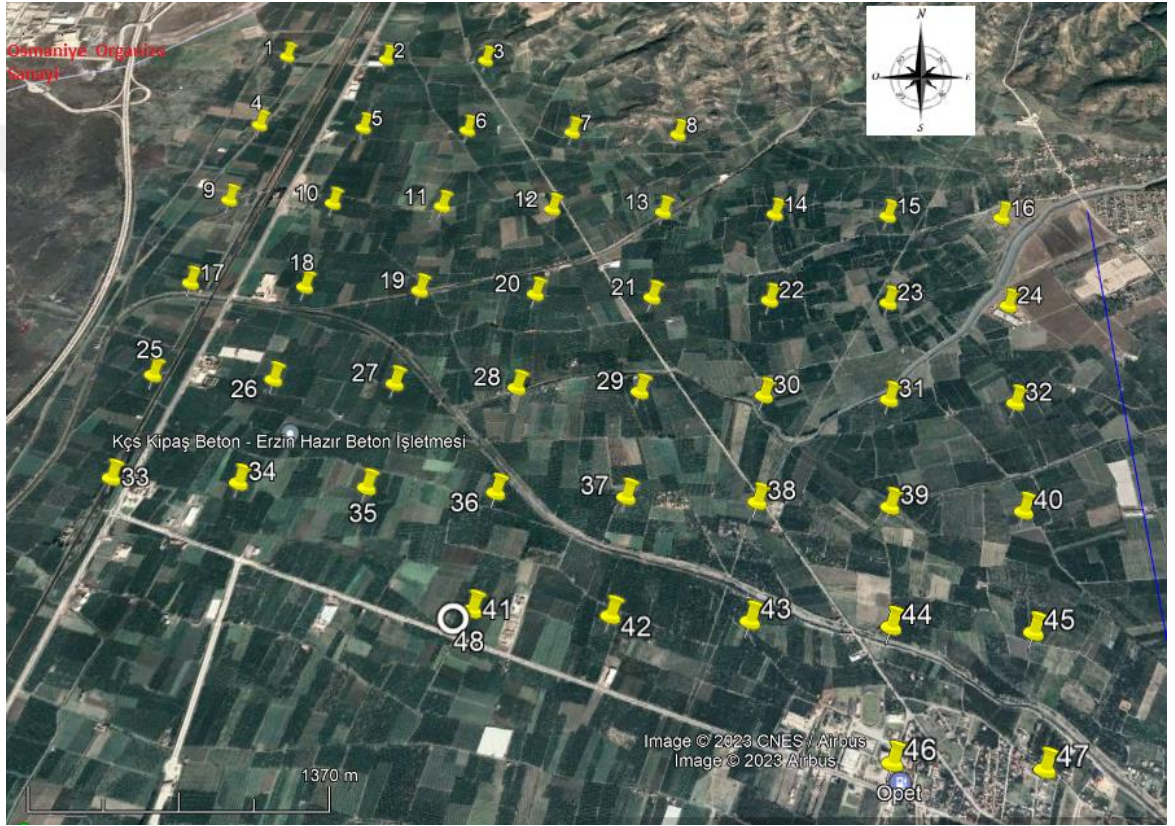
Çizelge 3.1. Hatay iline ait uzun yıllık iklim verileri (1940 – 2021)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.1	9.8	13.1	17.2	21.3	24.8	27.2	27.9	25.8	20.8	14.3	9.5	18.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	12.1	14.4	18.1	22.6	26.6	29.2	31.1	32.0	31.0	27.4	20.2	13.7	23.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4.7	5.8	8.5	12.2	16.3	20.8	23.9	24.6	21.2	15.2	9.5	6.0	14.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.4	4.6	6.0	7.4	9.2	10.7	11.1	10.4	9.2	7.0	5.0	3.3	7.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.6	10.2	11.3	7.6	5.6	2.4	1.9	2.5	3.9	7.3	7.2	13.23	86.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	198.9	168.4	142.6	102.8	81.0	31.5	16.0	17.6	42.2	76.3	99.4	184.8	1161.5

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Örnekleme ve Analizler

Bu çalışmada, projenin bütçe olanakları çerçevesinde, ovanın jeomorfolojik ve jeolojik yapısı incelenerek, alanı temsil edecek şekilde 47 farklı noktadan 0-30 derinlikten toplam 47 adet bozulmuş toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.1). Ayrıca, toprak örneklerinin alındığı her noktanın UTM sistemine göre coğrafi koordinatları küresel konumlama cihazı (GPS) ile belirlenmiştir (Çizelge 3.2).



Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu ve toprak örneklerinin alındığı noktalar

Alınan toprak örnekleri laboratuvarında plastik tavalara serilmiş ve kurutulduktan sonra 2 mm çaplı elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinde; pH, elektriksel iletkenlik (EC), alınabilir potasyum (K), organik madde (OM), yarıyışlı demir (Fe), yarıyışlı bakır (Cu), yarıyışlı mangan (Mn), yarıyışlı çinko (Zn), yarıyışlı magnezyum (Mg), yarıyışlı kalsiyum (Ca), yarıyışlı fosfor (P) ve kireç analizleri yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Toprak örneklerinin alındığı noktaların UTM sistemine göre koordinatları

Örnek no	Kuzey (m)	Doğu (m)	Örnek no	Kuzey (m)	Doğu (m)
1	244704	4099542	25	244618	4096806
2	245388	4099520	26	245301	4096784
3	246072	4099499	27	245985	4096763
4	244682	4098858	28	246669	4096741
5	245366	4098836	29	247353	4096720
6	246050	4098815	30	248037	4096698
7	246734	4098793	31	248721	4096677
8	247418	4098772	32	249405	4096655
9	244661	4098174	33	244596	4096122
10	245345	4098152	34	245280	4096101
11	246029	4098131	35	245964	4096079
12	246712	4098109	36	246648	4096057
13	247396	4098088	37	247332	4096036
14	248080	4098066	38	248016	4096014
15	248764	4098044	39	248699	4095993
16	249448	4098023	40	249383	4095971
17	244639	4097490	41	246626	4095374
18	245323	4097468	42	247310	4095352
19	246007	4097447	43	247994	4095330
20	246691	4097425	44	248678	4095309
21	247375	4097404	45	249362	4095287
22	248059	4097382	46	248656	4094625
23	248743	4097361	47	249340	4094603
24	249427	4097339			

Toprakların pH'ları 1/ 2.5 toprak/ su karışımında pH-metre ile EC ise 1/ 2.5 toprak/ su karışımında EC-metre ile ölçülmüştür (Richards, 1954). Alınabilir K, Ca ve Mg amonyum asetat ekstraksiyon yöntemi ile (Richards, 1954), OM Walkey-Black yaş yakma yöntemi ile (Allison, 1965), yarayıklı Fe, Cu, Mn ve çinko Zn DTPA ekstraksiyon yöntemi ile (Lindsay ve Norwell, 1978), alınabilir P içeriği Olsen ve ark. (1954)'e göre, kireç miktarı ise Allison ve Moode (1965)'e göre belirlenmiştir.

3.2.2. İstatistiksel Analizler

Araştırma konusu topraklara ait bütün parametrelerin tanımlayıcı istatistik analizleri (ortalama, en düşük ve en yüksek değerler, standart sapma, varyasyon katsayısı, yatıklık, basıklık vb.) yapılmış ve toprak örneklerine ait parametrelerin normal dağılım gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla her bir parametreye ait verilere normalite

testi uygulanmıştır (Çizelge 3.3) (Liu ve ark. 2006). Tüm istatistik analizler için Windows uyumlu SPSS 22 istatistik paket programı kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. Toprak özellikleri ve besin elementlerine ait normalite test sonuçları

Parametre	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	İstatistik	P	İstatistik	*P
pH	0.106	0.200	0.963	0.138*
EC	0.202	0.000	0.749	0000
Organik madde	0.097	0.200	0.981	0.637*
Kireç	0.170	0.002	0.904	0.001
Nem	0.162	0.003	0.920	0.003
P	0.131	0.043	0.930	0.008
K	0.300	0.000	0.505	0.000
Ca	0.226	0.000	0.869	0.000
Na	0.201	0.000	0.857	0.000
Fe	0.176	0.001	0.900	0.001
Cu	0.200	0.000	0.774	0.000
Mn	0.098	0.200	0.950	0.048
Zn	0.293	0.000	0.579	0.000
Mg	.146	0.014	0.911	0.002

* P> 0.05 normal dağılım gösteren veriler, *p < 0.05 normal dağılım göstermeyen veriler

3.2.3. Verilerin Modellemesi ve Haritalaması

Topraklar ile ilgili parametrelerin mekânsal dağılımının modellenmesinde, Jeostatistiksel yöntemler kullanılmıştır (Mulla ve McBratney, 2000). Jeostatistik analizler Windows uyumlu GS⁺ (sürüm 10) Jeostatistik paket programı ile yapılmıştır (Gamma design, 2008). Toprak özelliklerinin mekânsal dağılım haritalarının oluşturulmasında ise coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Bu kapsamda her bir toprak özelliğinin dağılım haritaları ArcGis (sürüm 10.6.1) programı ile oluşturulmuştur (Töreayen ve ark., 2010). Bu programda herhangi bir toprak özelliğinin örneklenen

noktalardaki değerleri kullanarak araştırma alanında örneklenmeyen noktalarda tahminler yapmak için ordinary kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

Toprak özellikleri ile ilgili parametrelerinin uzaysal bağımlılıklarının değerlendirilmesinde nugget yarıvaryansın (C_0) toplam varyansa ($C_0 + C$) oranının yüzdesi kullanılmaktadır. Bu oran % 25 veya daha düşük ise uzaysal bağımlılık kuvvetli, %25-75 arasında ise orta, % 75'den büyük ise uzaysal bağımlılık zayıf olarak değerlendirilmektedir (Cambardella ve ark., 1994). Ayrıca parametrelerin varyasyon katsayılarının değerlendirilmesinde Zhou ve ark. (2010) kıstasları kullanılmıştır. Bu kıstaslara göre varyasyon katsayısı % 10'dan düşük ise değişkenlik düzeyi düşük, % 10-100 arasında ise değişkenlik düzeyi orta ve % 100'den büyük ise değişkenlik düzeyi yüksektir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Araştırma Konusu Toprakların Temel Özellikleri

Çalışma alanı topraklarının temel özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Toprak örneklerine ait pH analiz değerleri 6.71 (32 nolu örnek) ile 8.46 (11 nolu örnek) arasında ve ortalama değeri ise 7.56 olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının pH değerleri Ülgen ve Yurtseven (1995)’e göre sınıflandırıldığında; % 46.8’i nötr (6.5-7.5), %53.2’sinin ise bazik karakterli (7.5-8.5) olduğu belirlenmiştir.

Topraklarda elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ise 117 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (11 nolu örnek) ile 1529 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (12 nolu örnek) arasında ve ortalama EC değeri 357.45 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olduğu belirlenmiş olup; Richards (1954)’e göre tüm toprakların tuzsuz ($\text{EC} < 4000 \mu\text{S cm}^{-1}$) sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Everest ve Özcan (2018)’nin Çanakkale’nin Ezine İlçesinde yaptıkları araştırmada bütün arazilerde EC değerleri 4000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ değerinden daha düşük bulunmuştur. Yine, Erdal ve Doğan (2018)’nin Burdur’da yaptığı çalışmada EC değerlerinin tamamını 2000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ altında olduğu ve tuzluluk sorunu bulunmadığını saptanmışlardır. Parlak ve ark. (2008) Eceabat (Çanakkale)’ta yaptıkları bir çalışmada; toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerini 270 ile 980 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında ve ortalama 490 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, bu değerlerin topraklarda tuzluluk yönünden herhangi bir sorun oluşturmadığını belirtmişlerdir. Bayar ve ark. (2019), Kırşehir topraklarında tuz içeriğinin %0.007-0.047 arasında değiştiğini ve alanın tamamının tuzsuz olduğunu saptamışlardır. Buna karşın, Çetin ve Eraslan (2015) tarafından Afyonkarahisar’ın Dinar ilçesinin patates ekim alanlarında yapılan bir çalışmada, toprakların %30’unun tuzsuz, %67.15’inin az tuzlu ve %2.85’inin orta tuzlu olduğu belirlenmiştir.

Araştırma konusu toprakların kireç içerik değerleri %2.20 (33 nolu örnek) ile %15.10 (28 nolu örnek) arasında değişmiş olup, ortalama değer % 6.28 olarak saptanmıştır. Çalışma alanı topraklarının kireç içerikleri sınır değerlerine göre (Ülgen ve Yurtseven, 1995) değerlendirildiğinde; %38.29’unun kireçli, %59.57’sinin orta kireçli ve % 2.1’inin fazla kireçli olduğu saptanmıştır. Yapılan başka bir çalışmada ise Bingöl ili Merkez topraklarının kireç içerikleri %0.7-9.2 arasında değiştiği saptanmıştır (Ateş ve Turan, 2015).

Çizelge 4.1. Araştırma alanı topraklarının bazı özellikleri

Örnek no	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Kireç (%)	Org madde (%)	Nem (%)
1	7.79	330.0	11.90	1.56	10.63
2	7.66	696.0	11.82	2.00	10.57
3	8.24	202.0	6.33	1.16	5.95
4	7.94	231.0	10.39	2.01	9.42
5	7.70	420.0	7.45	2.64	6.94
6	7.72	313.0	4.40	1.00	4.22
7	8.07	150.0	6.83	0.92	6.39
8	8.16	172.0	5.93	0.47	5.60
9	8.00	207.0	5.33	0.74	5.06
10	8.20	137.0	5.53	0.94	5.24
11	8.46	117.0	4.80	0.95	4.58
12	6.99	1529.0	5.52	1.94	5.23
13	7.35	179.0	4.83	1.87	4.61
14	7.32	272.0	4.83	0.62	4.61
15	7.03	273.0	3.83	0.39	3.69
16	7.06	514.0	8.57	3.15	7.89
17	7.53	231.0	8.51	1.29	7.85
18	7.48	177.0	6.99	1.06	6.53
19	7.40	152.0	5.84	1.17	5.52
20	7.10	785.0	9.42	2.56	8.61
21	7.03	494.0	5.74	1.84	5.43
22	7.01	311.0	5.07	2.30	4.82
23	8.16	416.0	3.39	1.17	3.28
24	6.96	276.0	8.84	2.13	8.12
25	7.32	408.0	9.58	1.52	8.74
26	7.14	252.0	8.09	1.45	7.48
27	7.29	280.0	7.37	1.63	6.87
28	6.88	611.0	15.10	2.21	13.12
29	7.10	295.0	5.76	2.35	5.45
30	7.08	665.0	9.31	2.38	8.51
31	7.01	240.0	5.84	1.06	5.52
32	6.71	276.0	5.66	1.73	5.36
33	8.12	274.0	2.20	1.93	2.15
34	7.82	191.0	5.57	1.64	5.28

Çizelge 4.1. (Devamı) Araştırma konusu toprakların temel fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek no	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Kireç (%)	Org madde (%)	Nem (%)
35	8.20	244.0	4.27	1.93	4.10
36	8.06	155.0	4.61	1.19	4.41
37	7.64	452.0	3.90	1.59	3.75
38	7.44	869.0	4.33	2.63	4.15
39	7.69	375.0	4.17	1.31	4.00
40	7.29	406.0	6.83	2.62	6.40
41	7.62	387.0	4.00	2.96	3.84
42	7.76	837.0	3.65	2.14	3.53
43	8.08	134.0	3.74	1.31	3.61
44	7.78	189.0	4.30	2.53	4.13
45	7.50	226.0	6.52	1.05	6.12
46	7.67	318.0	4.84	1.99	4.61
47	7.91	132.0	3.23	1.33	3.13
EK	6.71	117.0	2.20	0.39	2.15
EY	8.46	1529.0	15.10	3.15	13.12
Ort.	7.56	357.45	6.27	1.67	5.85
SS	0.446	257.88	2.60	0.67	2.24
VK	5.89	72.14	41.40	40.11	38.29
Yat.	0.05	2.52	1.28	0.18	1.14
Bas.	-1.06	8.50	1.88	-0.67	1.38

EK: en küçük değer, EY: en yüksek değer, Ort.: Ortalama, SS: Standart sapma, VK: varyasyon katsayısı, Yat. :yatıklık katsayısı, Bas. : basıklık katsayısı

Çalışma alanındaki toprakların organik madde içerikleri % 0.39 (15 nolu örnek) ile % 3.15 (16 nolu örnek) arasında değişmiş olup, ortalama değeri %1.67 olarak saptanmıştır. Sınır değerlerine göre (Ülgen ve Yurtseven, 1995) organik madde içerikleri incelendiğinde; toprakların %14.89'u çok az, %53.19'u az, %29.79'u orta ve %2.1'i iyi miktarda organik madde içerdiği görülmüştür. Everest ve Özcan (2018)'nin

Ezine’de yaptıkları çalışmada ise organik madde içerikleri toprakların %5.41’inde çok az, %43.24’ünde az, %45.95’inde orta ve %5.41’inde ise iyi düzeyde saptanmıştır.

Aritmetik ortalama verilerin dağılımın değerlendirilmesinde tek başına bir ölçüt olarak yeterli değildir. Ortalama ile birlikte standart sapma, varyans, basıklık, yatıklık ve varyasyon katsayısının da hesaplanarak değerlendirmeye alınması gerekmektedir. Özden ve ark. (2020)’a göre yatıklık normal dağılıшта simetrikliğin bozulma derecesi olarak bilinmektedir. Bunun yanı sıra araştırmalarda standart sapma ile varyasyon katsayısı değerleri aynı birim olduğundan genellikle standart sapma değerleri kullanılmaktadır. Standart sapma değeri ne kadar yüksek ise verilerin arasındaki değerlerinde yüksek değişkenlikte olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, farklı özelliklere ilişkin değişkenliğin kıyaslanmasında standart sapmanın aritmetik ortalamaya oranlanması ile hesaplanan varyasyon katsayısının (VK) kullanılması daha mantıklı sonuçlar vermektedir (Gürel, 2020).

Bu çalışmada toprakların temel özellikleri içerisinde varyasyon katsayı (VK) değeri en düşük olanın pH (%5.89) en yüksek olanın ise EC miktarı (%72.14) olduğu belirlenmiştir. pH değerlerini %38.29 VK değeri ile nem değerlerinin izlediği görülmektedir. Parametrelerin VK değerleri ne kadar küçükse, o özelliğin araştırma alanındaki dağılımı da o kadar homojen; ne kadar büyükse, araştırılan özelliğin heterojen yapı göstererek üniform dağılım göstermediği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada en düşük VK değerinin pH değerlerinde olması, çalışma alanının pH değerleri açısından homojen bir dağılım gösterdiğini belirtmektedir. Budak ve ark. (2018) ve Tagore ve ark. (2023) da bu konuda benzer sonuçlar bulmuşlardır.

4.2. Toprakların Element İçerikleri

Bu çalışmaya konu toprakların bazı element içeriklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çalışma alanı toprakların Na içerikleri 26.84 mg kg⁻¹ (15 nolu örnek) ile 43.82 mg kg⁻¹ (16 nolu örnek) arasında değişmiş olup ortalama Na değeri 31.77 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Araştırma alanı topraklarının bazı besin element içerikleri

Örnek no	Na	K	Ca	Mg	P mg kg ⁻¹	Fe	Cu	Mn	Zn
1	38.05	230.51	8593.77	1129.72	15.52	0.76	0.23	1.00	0.48
2	38.02	232.58	7782.43	1225.96	7.65	1.82	1.14	4.17	0.81
3	34.03	76.56	5103.93	1184.11	3.36	1.44	1.04	1.22	0.54
4	39.74	97.15	8588.70	1632.96	2.59	2.48	0.35	1.63	0.12
5	34.39	277.23	8252.50	1435.16	21.39	6.02	3.14	3.17	1.17
6	29.23	77.26	4677.27	455.20	6.78	2.56	0.62	1.49	0.68
7	29.91	111.10	5854.25	592.69	6.82	1.52	0.17	1.07	0.31
8	31.78	61.44	6589.14	764.85	2.00	1.17	0.86	0.34	0.62
9	31.60	92.69	5687.59	662.71	5.51	1.75	0.16	4.24	0.37
10	31.66	48.55	5783.25	922.79	2.97	2.28	0.15	4.03	0.34
11	29.34	39.82	4569.32	906.74	2.46	2.02	0.35	1.15	0.49
12	40.10	249.04	6035.94	691.81	30.05	1.73	1.02	1.70	0.76
13	29.35	98.54	4633.50	358.69	7.29	1.36	0.15	1.30	0.31
14	31.45	56.61	2369.25	557.72	7.29	1.79	0.60	1.72	0.27
15	31.15	74.76	1972.73	442.72	13.21	2.34	0.55	0.82	0.48
16	34.74	375.64	4125.58	948.01	20.11	1.65	0.31	1.07	0.35
17	32.55	52.09	5794.68	463.14	5.80	1.10	0.14	1.19	0.36
18	29.96	49.22	5435.06	595.72	4.98	1.14	0.13	1.04	0.64
19	31.75	74.09	5291.93	741.72	9.80	1.54	0.17	1.70	0.61
20	30.64	271.37	5339.88	763.78	35.50	2.47	0.59	2.24	0.43
21	29.61	93.05	2474.35	404.86	16.86	2.30	0.79	2.53	0.66
22	27.32	123.98	1723.12	568.21	33.51	3.47	1.96	2.64	1.53
23	33.09	1054.60	2109.20	322.62	14.34	5.46	1.29	3.51	1.70
24	30.47	119.72	1545.47	687.41	20.66	6.20	0.42	2.58	0.80
25	30.68	85.47	3112.15	455.86	12.42	3.77	0.55	2.30	0.54
26	28.10	58.37	1729.40	632.96	11.51	2.92	1.80	1.96	5.90
27	27.92	68.72	2040.08	474.59	17.37	2.33	1.11	2.83	0.50
28	41.44	105.89	2186.88	1656.96	35.64	2.90	0.30	2.27	0.94
29	29.61	50.77	3955.46	606.64	16.13	2.60	0.97	2.93	8.63
30	32.79	74.33	2076.83	1620.80	21.76	4.07	0.56	2.31	1.20
31	29.64	116.43	1735.82	467.82	19.36	3.07	2.03	2.94	2.18
32	29.59	236.68	1437.00	1157.63	31.26	3.72	1.69	2.48	1.82
33	36.79	51.10	1430.82	490.98	5.46	3.16	0.44	1.78	0.46
34	29.56	80.24	1817.99	1277.03	18.58	2.24	0.35	1.91	0.63

Çizelge 4.2. (Devamı) Araştırma alanı topraklarının bazı besin element içerikleri

Örnek no	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹								
35	33.37	37.54	1808.04	1466.87	10.50	1.91	0.42	1.78	1.28
36	29.29	27.20	1987.65	900.93	8.73	2.22	0.93	3.05	1.26
37	29.09	54.03	1836.91	964.17	23.56	1.90	1.42	3.18	1.16
38	43.82	185.70	1754.77	1232.31	15.91	1.58	1.15	2.26	1.04
39	29.17	68.75	1600.08	855.04	19.78	2.09	1.08	2.31	1.10
40	29.91	126.06	1754.18	1364.03	22.25	2.15	0.45	2.35	0.99
41	31.20	64.48	2953.56	739.64	29.09	4.84	2.95	5.67	4.03
42	31.10	82.92	2052.36	1048.99	17.72	4.40	5.32	3.07	0.94
43	26.97	24.90	2199.39	480.55	5.78	4.91	0.93	1.89	1.05
44	27.12	31.29	625.82	372.12	6.54	5.46	0.32	1.96	1.09
45	29.83	27.70	2407.44	490.44	5.20	4.38	1.55	1.86	0.59
46	29.35	37.74	3858.00	346.84	12.37	3.31	2.63	1.61	2.68
47	26.84	41.29	1527.75	642.89	26.02	5.93	3.32	3.19	2.59
EK	26.84	24.90	625.82	322.62	2.00	0.76	0.13	0.34	0.12
EY	43.82	1054.60	8593.77	1656.96	35.64	6.20	5.32	5.67	8.63
Ort.	31.77	122.88	3579.17	812.88	14.67	2.81	1.03	2.24	1.22
SS	3.92	159.54	2181.83	381.25	9.49	1.44	1.04	1.03	1.51
Yat.	1.40	4.63	0.85	0.76	0.63	0.94	2.14	0.93	3.49
Bas.	1.57	25.86	-0.36	-0.483	-0.49	-0.05	5.64	1.54	13.89
VK	12.34	129.83	60.96	46.90	64.69	51.25	100.97	45.98	123.77

EK: en küçük değer, EY: en yüksek değer, Ort.: ortalama değer, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı, Yat. : yatıklık katsayısı, Bas. : basıklık katsayısı

Toprakların alınabilir K içerikleri 24.90 mg kg⁻¹ (43 nolu örnek) ile 1054.60 mgkg⁻¹ (23 nolu örnek) arasında değişiklik göstermiş olup; ortalama K değeri 122.88 mg kg⁻¹'dir (Çizelge 4.2). Alınabilir K içeriklerinin sınır değerlerle (FAO, 1990) kıyaslanması sonucunda; K değerlerinin toprakların % 21.28'inde çok az, %59.57'sinde az, %14.89'unda yeterli ve %4.25'inde fazla, olduğu saptanmıştır. Erdal ve Doğan (2018), Burdur'da yaptıkları çalışmada bitkiye yararlı K içerikleri; toprakların %7'sinde az, %42'sinde yeterli, %48'inde fazla ve %3'ünde çok fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Ca içerikleri 625.82 mg kg⁻¹ (44 nolu örnek) ile 8593.77 mg kg⁻¹ (1 nolu örnek) arasında değiştiği ve ortalama Ca değerinin ise 3579.17 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Sınır değerlerine (FAO, 1990) göre kalsiyum; toprakların %2.12'sinde az, %55.32'sinde yeterli ve %42.55'inde ise fazla olduğu tespit edilmiştir. Everest ve Özcan

(2018)'nin yaptıkları çalışmada, toprakların kalsiyum miktarı 113.05-11505 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 5047.41 mg kg⁻¹ olduğu bulunmuştur.

Toprakların Mg içeriklerinin 322.62 mg kg⁻¹ (23 nolu örnek) ile 1656.96 mg kg⁻¹ (28 nolu örnek) arasında ve ortalama olarak ise 812.88 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarında bitkiye yararlı Mg içerikleri; toprakların %23.40'ında yeterli, %70.21'inde fazla ve %6.38'inde çok fazla olarak bulunmuştur (FAO, 1990). Erdal ve Doğan (2018) bu konuda yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur. Özkan ve ark. (2009) Antalya'da elma yetiştirilen topraklarda, değişebilir Mg içeriğinin 155-2280 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini ve toprakların tümünün iyi düzeyde alınabilir Mg'a sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Yağmur ve Okur (2018) Salihli'deki bağ topraklarında yaptıkları bir araştırmada, toprakların magnezyum içeriğinin 150–225 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini saptamışlardır.

Çalışma alanı topraklarındaki P içeriklerinin 2.00 mg kg⁻¹ (8 nolu örnekler) ile 35.64 mg kg⁻¹ (28 nolu örnek) değiştiği, ortalama değer ise 14.67 mg kg⁻¹ olduğu saptanmıştır. Toprakların P içerikleri sınır değerlere (Olsen ve ark., 1954) göre değerlendirildiğinde; P içeriğinin toprakların %2.13'ünde çok az, %34.04'ünde az, %48.94'ünde yeterli ve %14.89'inde fazla olarak belirlenmiştir. Erdal ve Doğan (2018) yaptıkları çalışmada P içeriklerinin toprakların %3'ünde az, %58'inde yeterli, %36'sında fazla ve %3'ünde ise çok fazla olduğu tespit edilmiştir.

Topraklardaki alınabilir Fe içeriklerinin 0.76 mg kg⁻¹ (1 nolu örnek) ile 6.20 (24 nolu örnek) arasında (Çizelge 4.2) değişmiştir. Çalışma alanı topraklarının Fe içeriği ortalamasının ise 2.81 mg kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Toprakların Fe içeriği standart değerlere (Lindsay ve Norwell, 1978) kıyaslandığında; Fe miktarı toprakların %85.11'inde az ve %14.89'unda orta düzeye sahiptir. Özden ve ark. (2020) tarafından İzmir'de yapılan çalışmada; Fe miktarı 2.04-269.70 mg kg⁻¹ arasında değiştiği ve toprakların %90.84'ünde Fe'in yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Paris ve ark. (2020) tarafından bir çalışmada, São Mateus'da (Brezilya) topraklardaki Fe içeriklerinin 35.5-220 mg dm⁻³ arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çalışma alanında bitkiye yararlı Cu içeriklerinin 0.13 mg kg⁻¹ (18 nolu örnek) ile 5.32 mg kg⁻¹ (42 nolu örnek) arasında olduğu (Çizelge 4.2) görülmektedir. Topraklarının ortalama Cu içeriği ise 1.03 mg kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca toprakların Cu içerikleri standart değerlere (Lindsay ve Norwell, 1978) karşılaştırıldığında Cu içeriği toprakların; %14.89'unda az, %14.89'unda orta ve %70.22'inde yeterli, %27.66'sında yüksek ve %19.15'inde ise çok yüksek değere sahip

olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde, Everest ve Özcan (2018) yaptıkları bir çalışmada, alanın tamamında yeterli miktarda Cu ($>0.2 \text{ mg kg}^{-1}$) içerdiği bulunmuştur. Saygın ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada ise yüzey topraklarının ortalama Cu miktarının 1.04 mg kg^{-1} ; yüzey altı topraklarında ise Cu içeriğinin $0.46-3.52 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği tespit etmişlerdir.

Çalışma alanındaki Mn içerikleri 0.34 mg kg^{-1} (8 nolu örnek) ile 5.67 mg kg^{-1} (41 nolu örnek) arasında değişmiş olup; tüm alanın ortalamasının 2.24 mg kg^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Lindsay ve Norwell (1978)'e göre Mn içerikleri toprakların %65.96'sında az, %23.40'ında orta ve %10.64'ünde yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir. Özden ve ark. (2020)'nin yaptıkları araştırma sonuçlarına göre; ekstrakte edilebilir Mn miktarı $2.20-299.60 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup, toprakların %96.61'inde Mn'nin yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Bitkiye yararlı Zn içerikleri 0.12 mg kg^{-1} (4 nolu örnek) ile 8.63 mg kg^{-1} (29 notlu örnek) arasında değiştiği ve çalışma alanının ortalama Zn içeriğinin ise 1.22 mg kg^{-1} olduğu belirlenmiştir. Sınır değerleri (Lindsay ve Norwell, 1978) ile kıyaslandığında; toprakların %36.17'sinin Zn içeriği az, %40.42'sinin orta, %12.76'sının yeterli ve %10.64'ünün yüksek seviyede olduğu saptanmıştır. Özden ve ark. (2020)'nin benzer konuda yaptıkları çalışmada Zn miktarı $0.07-19.14 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup, toprakların %44.42'sinde Zn'nin orta düzeyde olduğu saptanmıştır. Bulgaristan'ın güneyinde yapılan bir çalışmada, toprakların bitkilerce alınabilir Zn içeriklerinin $0.59-11.4 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği belirlenmiştir (Zaprjanova ve Hristozova, 2019).

Toprakların besin elementleri içerisinde varyasyon katsayısı (VK) en düşük olanı Na (%12.34) iken, en yüksek VK değeri ise K (potasyum) (%129.83) değerlerinde belirlenmiştir. Bu durum besin elementleri içerisinde en çok homojen dağılım gösterenin Na; en az homojenlik gösterenin ise K(potasyum) olduğunu göstermektedir. Bu durum yatıklık değerlerini de açıklamaktadır. Yatıklık değerleri ne kadar küçük çıkarsa araştırma alanındaki dağılımın da o kadar homojen olduğu anlaşılmaktadır. VK değeri yüksek olan K (potasyum) içeriğinin aynı zamanda yatıklık değerlerinin de yüksek olduğu görülmektedir.

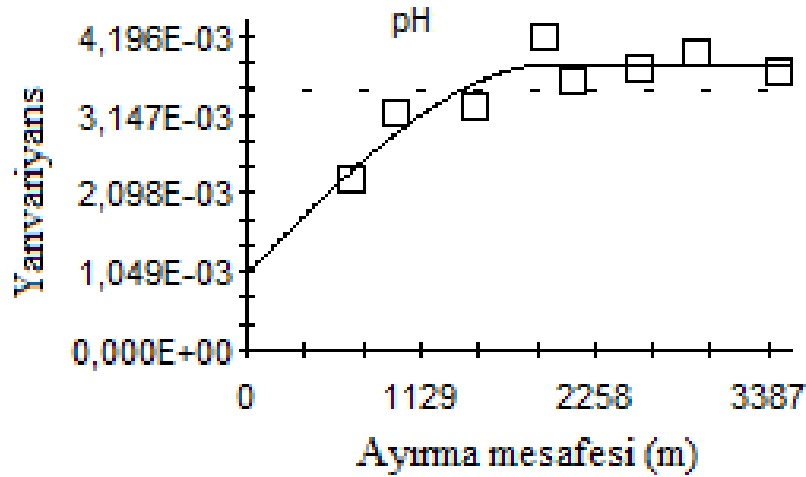
4.3. Toprak Özellikleri ve Besin Element İçeriklerinin Yersel Dağılımının Modellenmesi ve Haritalanması

Toprakların özellikleri ve besin elementleri ile ilgili parametrelerin yersel dağılımının modellenmesinde Windows uyumlu GS⁺ (sürüm 10) Jeostatistik paket

programı kullanılmıştır. Bu program ile her bir parametrenin yarıvaryogram grafiği oluşturulmuş ve bu grafiğin parametreleri belirlenmiştir. Sonra oluşturulan bu yarıvaryogramın parametreleri kullanılarak bir CBS programı olan ArcGis (sürüm 10.6.1.) programı ile her bir toprak özelliği ve besin element içeriğinin çalışma alanındaki dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bu programda haritalar oluşturulurken ordinary kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla tüm parametreler için aktif ayırma uzaklıkları 3387 m olarak alınmıştır. Ayrıca, en uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için, EC ve Na hariç, diğer parametrelerin tüm verileri değerlendirmeye dâhil edilmiştir. EC’de 12 ve Na’da ise 28 ve 38 nolu örneklerin değerleri değerlendirmeye alınmamıştır.

4.3.1. pH

Toprakların pH içeriklerinin, yatıklık değerlerinin oldukça düşük (0.05) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. Toprakların pH değerleri için en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 398 m olarak alınmıştır.



Şekil 4.1. Toprakların pH değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

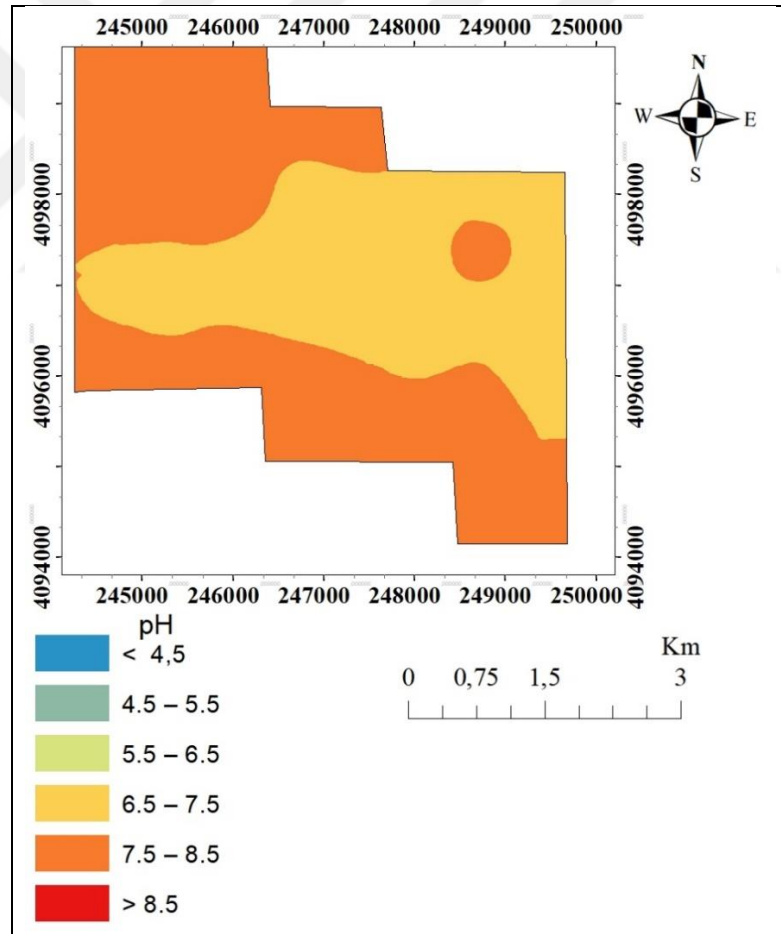
Toprak pH’sı için en uygun yarıvaryogram modeli Küresel (Spherical) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1. Çizelge 4.3). Tagore ve ark. (2023) ise pH değeri için en yarıvaryogram modelini Exponential olarak belirlemişlerdir. Toprakların pH değerleri için yersel otokorelasyon aralığı (A_0 değeri) 2007 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı

topraklarının pH değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın orta düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Denton ve ark. (2017) ise pH değerleri için yersel bağımlılık düzeyini yüzey toprağı için orta, yüzey altı toprağı için ise kuvvetli düzeyde olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 4.3. Toprakların pH değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	Ao	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R ²
pH	0-30	Küresel	2007	1.021×10^{-3}	3.832×10^{-3}	26.64	0.838

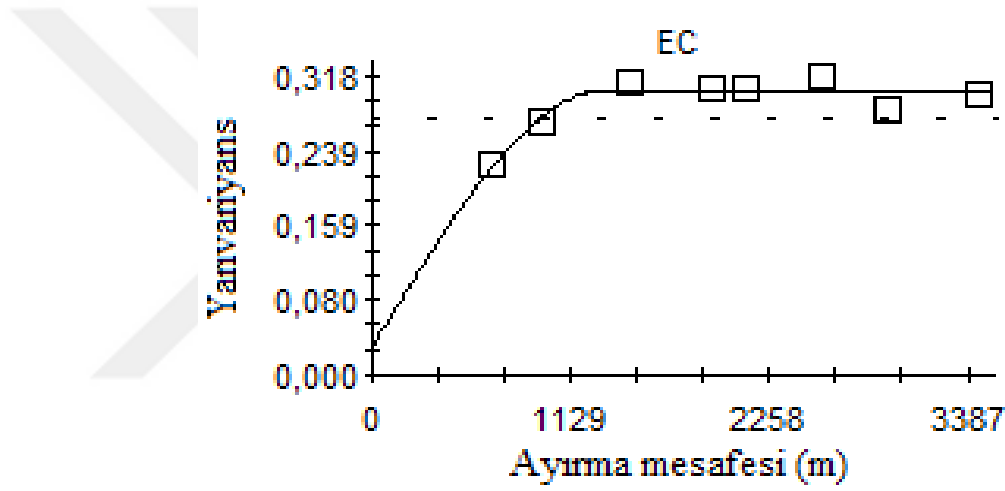
Toprakların pH değerlerinin dağılımı incelendiğinde reaksiyonlarının batı, güney ve kuzeydoğu bölgelerinde bazik, batı bölgesinin iç kısımlarından itibaren doğuya doğru nötr olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Toprakların pH değerlerinin yersel dağılım haritası

4.3.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Toprakların EC değerlerinin, yatıklık değerlerinin oldukça yüksek (2.52) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermemesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Srinivasan ve ark. (2022) de yaptıkları çalışmada, EC için yatıklık değerlerini oldukça yüksek (4.47) olarak belirlemişlerdir. Toprakların EC değerleri için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 398 m olarak alınmıştır. Toprakların EC değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.3’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.4’de verilmiştir.



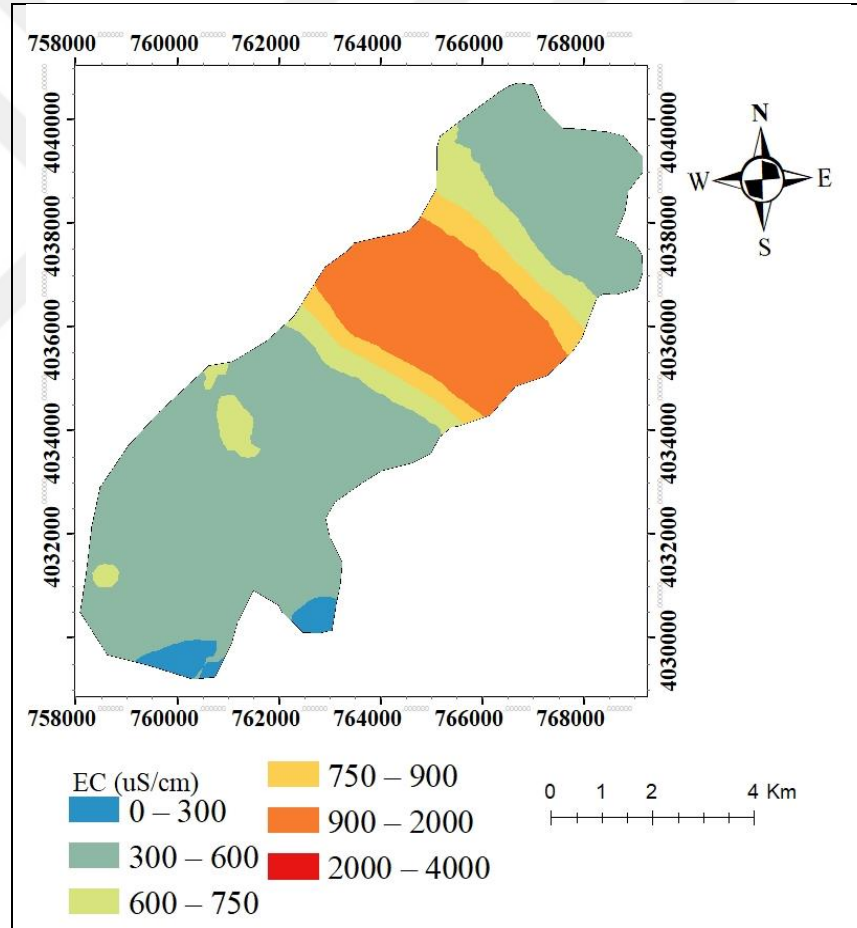
Şekil 4.3. EC değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Toprakların EC değerleri için en uygun yarıvaryogram modeli Küresel (Spherical) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3. Çizelge 4.4). Khan ve ark. (2021) tarafından da bu konuda benzer sonuçlar bulunmuştur. Toprakların EC değerleri için yersel otokorelasyon aralığı (A_0 değeri) 1329 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının EC değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın orta kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. EC değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	Ao	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R ²
EC	0-30	Küresel	1329	0.0291	0.3032	9.60	0.879

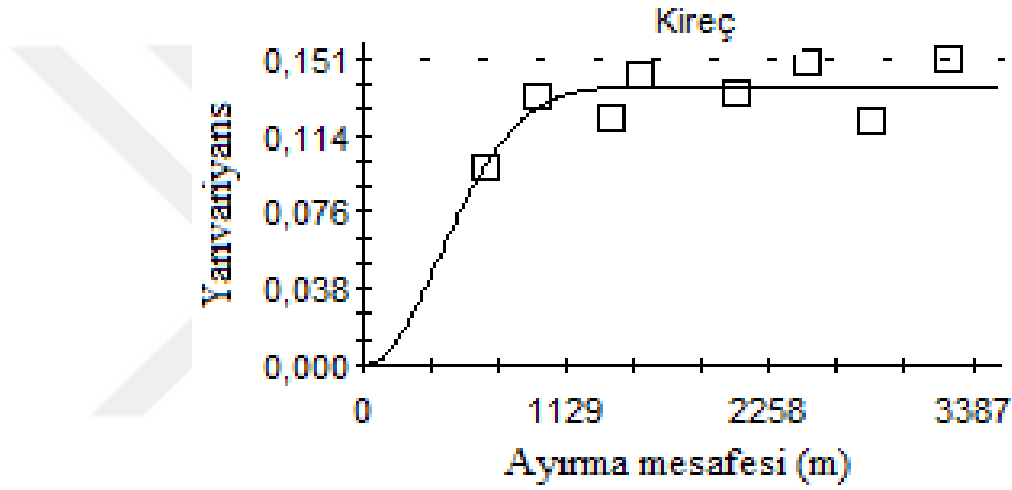
Toprakların EC içeriklerinin dağılımına bakıldığında, alanın tamamında EC değerlerinin tuzluluk sınırının ($4000 \mu\text{S cm}^{-1}$) olduğu görülmektedir. Alanda en fazla rastlanan EC değerlerinin ise $0-600 \mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek EC değerleri ise çalışma alanının orta kesimlerindeki yerel bir alanda olduğu görülmüştür (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Toprakların EC değerlerinin yersel dağılım haritası

4.3.3. Kireç

Toprakların kireç içeriklerinin, yatıklık değerlerinin yüksek (1.28) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal dağılım göstermemesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmamıştır. Toprakların kireç içerikleri için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla; ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 382 m olarak alınmıştır. Toprakların kireç değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.5.'de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.5.'de verilmiştir.



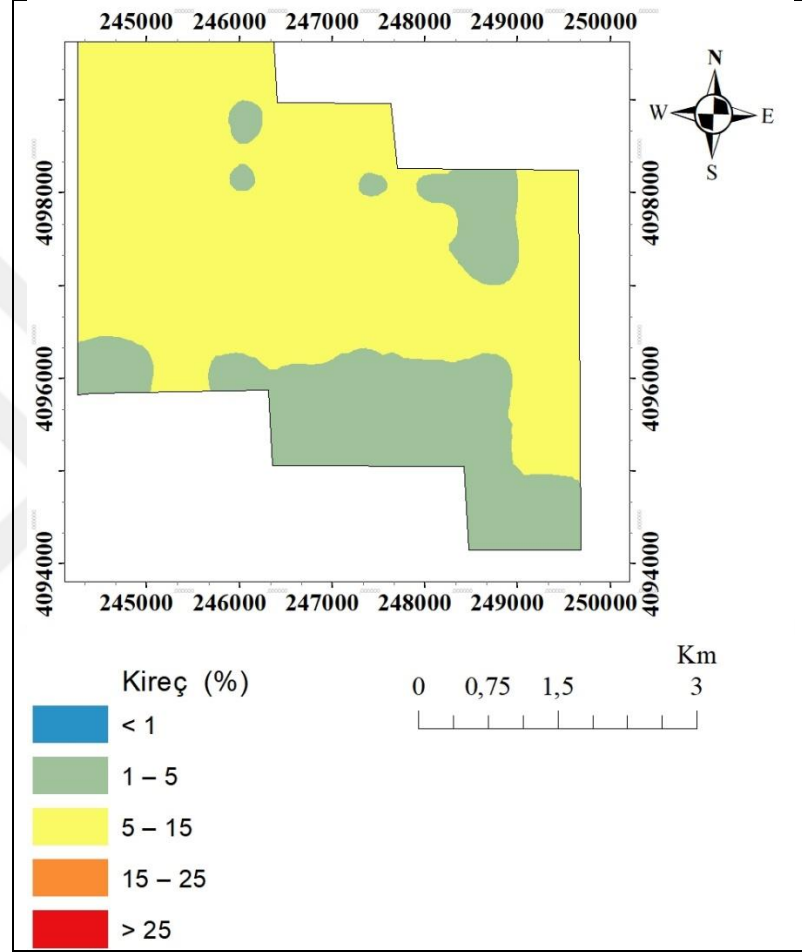
Şekil 4.5. Toprakların kireç miktarlarına ait yarıvaryogram grafiği

Çizelge 4.5. Kireç miktarlarına ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	Ao	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R ²
Kireç	0-30	Gaussian	606	0.0001	0.1382	0.07	0.585

Toprakların kireç içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5, Çizelge 4.5). Toprakların kireç içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A₀ değeri) 606 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının kireç değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın orta kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çalışma alanının kuzey bölgesinde, batı bölgesinde, iç kesimlerde ve doğu kısmının büyük bir bölümünde kireç miktarı orta düzeydedir. Bölgede kireç miktarı güney kısımlarda daha yoğun olmak üzere, orta kısımlarda ve kuzey kısımlarının küçük bir bölümünde kireçli olarak görülmektedir (Şekil 4.6). Çalışma alanı topraklarında en fazla görülen kireç içeriği % 5-15 arasında değişmiştir.

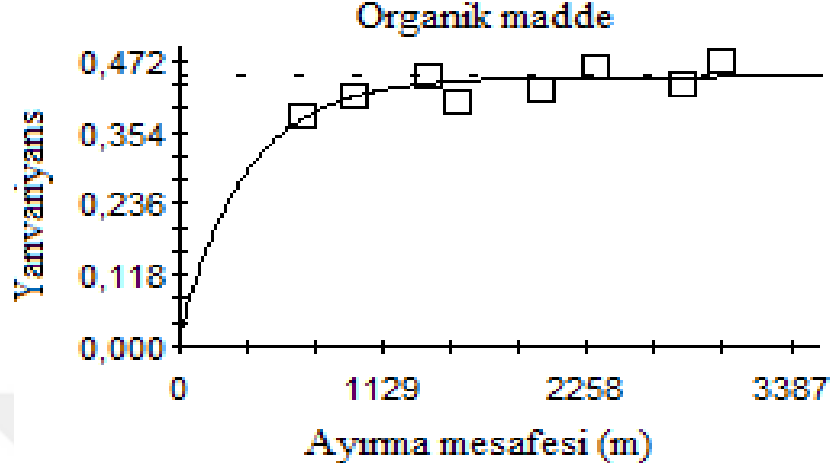


Şekil 4.6. Toprakların kireç içeriklerinin dağılım haritası

4.3.4. Organik Madde (OM)

Toprakların OM içeriklerinin, yatıklık değerlerinin oldukça düşük (0.18) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. Organik madde içerikleri için en uygun yarivariyogram modelini belirlemek amacıyla; ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 359 m olarak alınmıştır. Organik

madde içeriklerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.7’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.6’da verilmiştir.



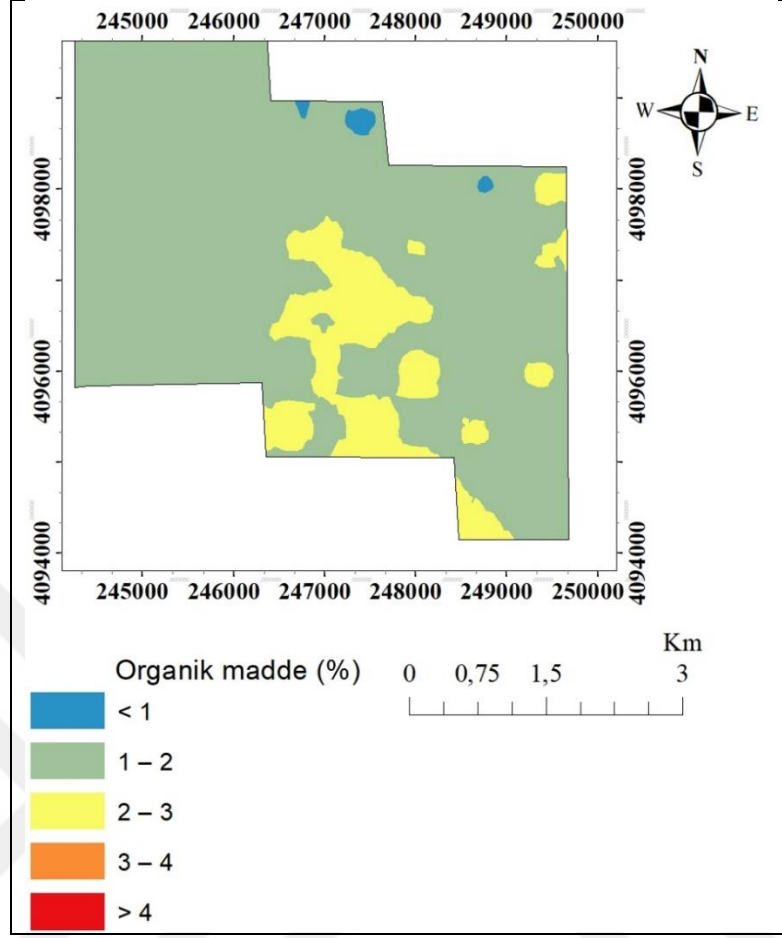
Şekil 4.7. Toprakların organik madde değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Çizelge 4.6. Organik madde değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	A ₀	Nugget (C ₀)	Sill (C ₀ +C)	Nugget/Sill *100	R ²
OM	0-30	Üstel	375	0.023	0.446	5.16	0.579

Toprakların organik madde içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Üstel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.6, Çizelge 4.6). Toprakların organik madde içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A₀ değeri) 375 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının organik madde değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın orta kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

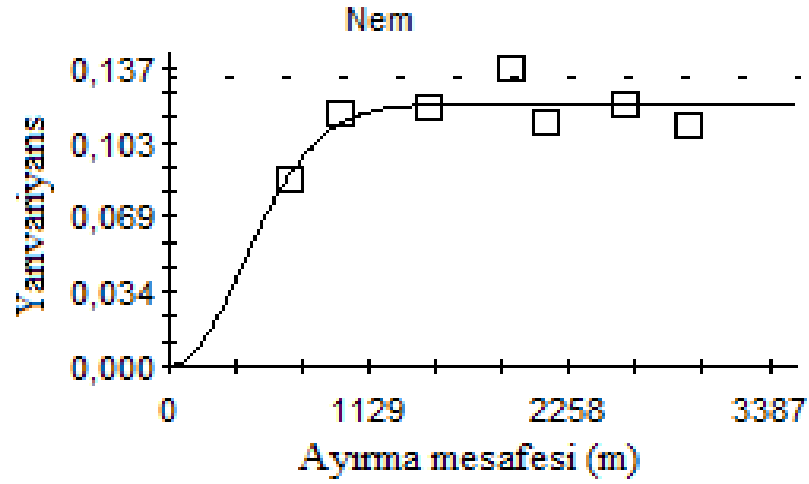
Bölgede organik madde miktarı çoğunlukla düşük düzeydedir. Bölgenin kuzey kısmındaki birkaç yerel bölgede ise organik madde miktarı çok az düzeyde olduğu görülmektedir. Alanın güney ve iç kısımlarda ise organik madde miktarı orta düzeydedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Toprakların organik madde değerlerinin dağılım haritası

4.3.5. Nem

Toprakların hava kuru nem içeriklerinin, yatıklık değerlerinin yüksek (1.14) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeoistatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Çalışma alanındaki nem değerinin, yatıklık değerlerinin yüksek olması sebebiyle, jeoistatistiksel modellemelerden önce veri setine logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların nem için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 403 m olarak alınmıştır. Toprakların nem değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.15’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.10’da verilmiştir.



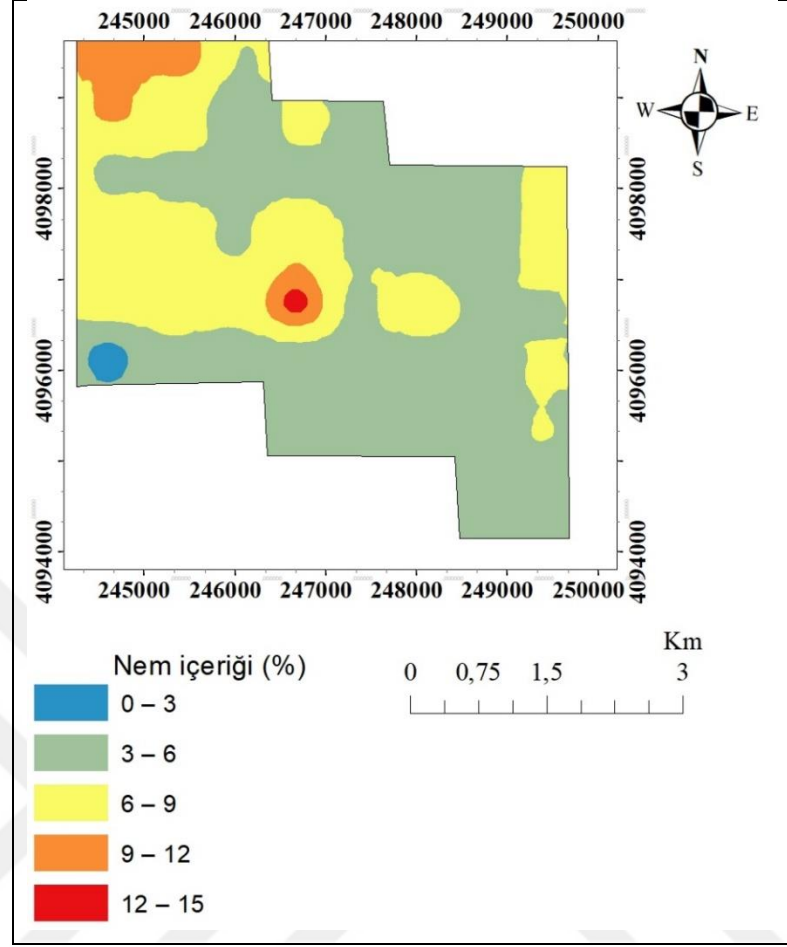
Şekil 4.9. Toprakların nem değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Çizelge 4.7. Nem içeriklerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	Ao	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R ²
Nem	0-30	Gaussian	595	0.0002	0.1204	0.17	0.668

Toprakların nem içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 4.9. Çizelge 4.7). Toprakların nem içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A₀ değeri) 595 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının nem değerlerinin, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

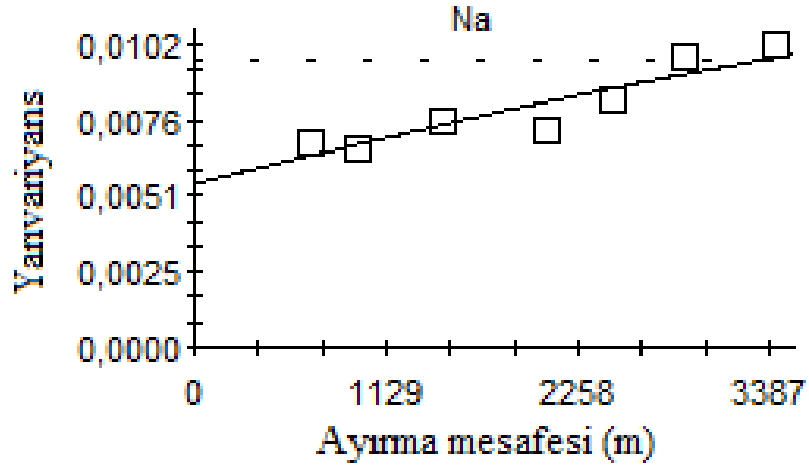
Toprakların nem içeriği haritası incelendiğinde (Şekil 4.10), nem içeriğinin alanın kuzey batı ve orta kesimlerdeki belirli alanlarda yüksek, güney kesimindeki küçük bir alanda ise en düşük olduğu görülmektedir. Çalışma alanında en yaygın olarak görülen nem içeriği % 3-6 arasında olup, bunu % 6-9 arasındaki nem içerikleri izlemektedir.



Şekil 4.10. Toprakların nem içeriklerinin dağılım haritası

4.3.6. Sodyum (Na)

Çalışma alanındaki toprakların Na içeriklerinin yatıklık değerlerinin yüksek (1.40) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, verilere jeostatistiksel modellemelerden önce logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Na değerlerine ait en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 395 m olarak alınmıştır. Toprakların Na içeriklerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.17’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.11’de verilmiştir.



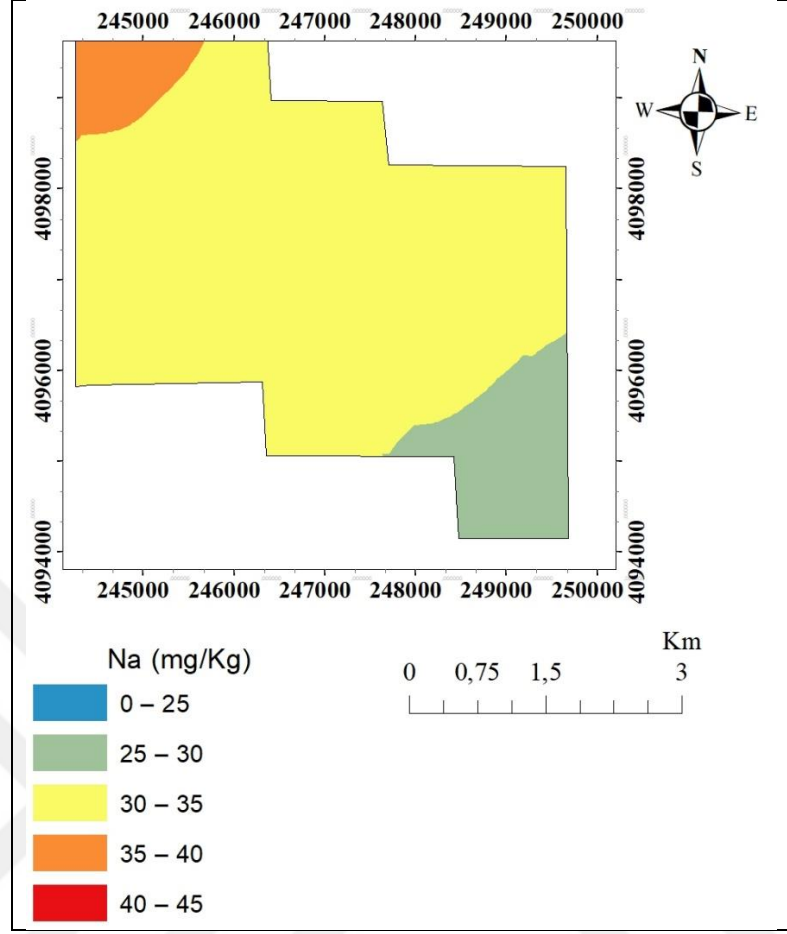
Şekil 4.11. Toprakların Na içeriklerine ait yarıvaryogram grafiği

Toprakların Na içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Küresel (Spherical) olarak belirlenmiştir (Şekil 11. Çizelge 4.8). Peter-Jerome ve ark. (2022) ise Na için en uygun yarıvaryogram modelini Üstel (Exponential) olarak belirlemişlerdir. Toprakların Na içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A_0 değeri) 6146 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının Na değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Na içeriklerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	A_0	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R^2
Na	0-30	Küresel	6146	5.520E-003	1.114E-002	0.50	0.832

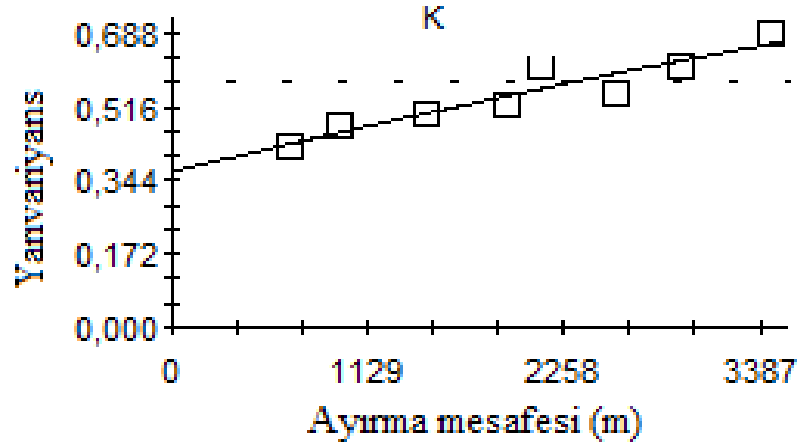
Toprakların Na içeriklerinin çalışma alanındaki dağılımı incelendiğinde; en düşük değerlerin ($25-30 \text{ mg kg}^{-1}$) alanın güneydoğu kesiminde, en yüksek değerlerin ($35-40 \text{ mg kg}^{-1}$) ise kuzeybatı kesiminde olduğu görülmektedir. Çalışma alanında en fazla rastlanan Na içerikleri ise $30-35 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Toprakların Na içeriklerinin dağılım haritası

4.3.7. Potasyum (K)

Toprakların K içeriklerinin, yatıklık değerlerinin çok yüksek (4.63) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, verilere jeostatistiksel modellemelerden önce logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Srinivasan ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada da, K için yatıklık değerlerini yüksek (2.06) olarak belirlenmiştir. Toprakların K için en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; ayırma mesafeleri eşit olarak 394 m alınmıştır. Toprakların K değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.13’da, bu varyogramlara ait



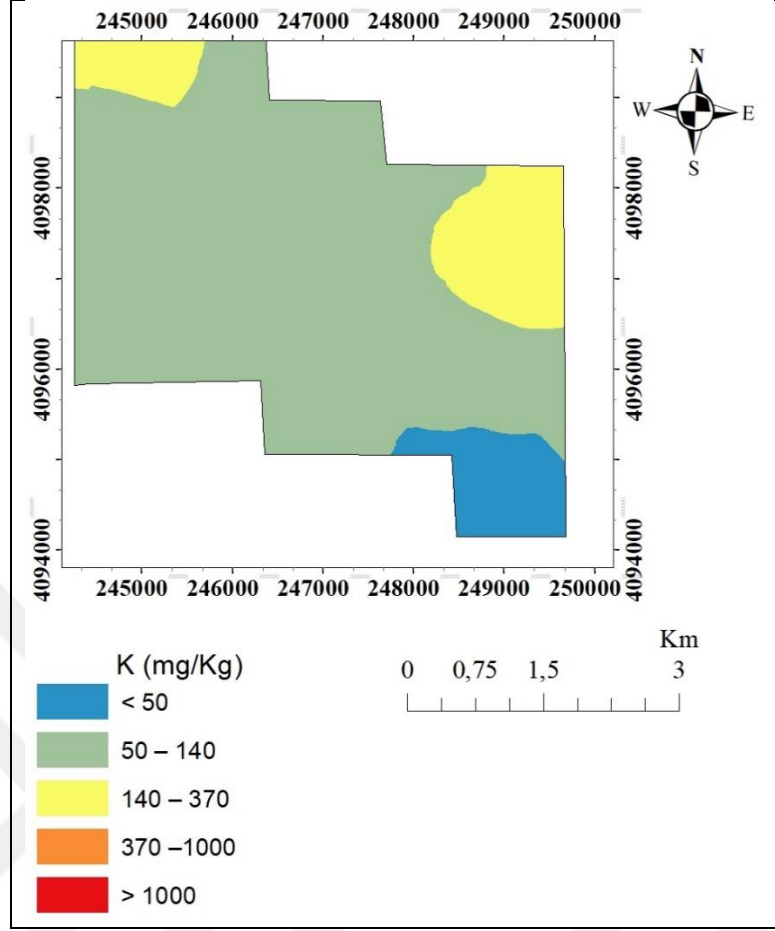
Şekil 4.13. Toprakların K değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Çizelge 4.9. K değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	Ao	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R ²
K	0-30	Küresel	6922	0.366	0.799	0.46	0.874

Toprakların K içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Küresel (Spherical) olarak belirlenmiştir (Şekil 4. 13. Çizelge 4.9). Toprakların K içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A₀ değeri) 6922 m olarak belirlenmiştir. Zeraatpisheh ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada ise toprakların K içerikleri için A₀ değeri 5630 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının K değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Denton ve ark. (2017) ise K değerlerinde yersel bağımlılık düzeyini orta olarak bulmuşlardır.

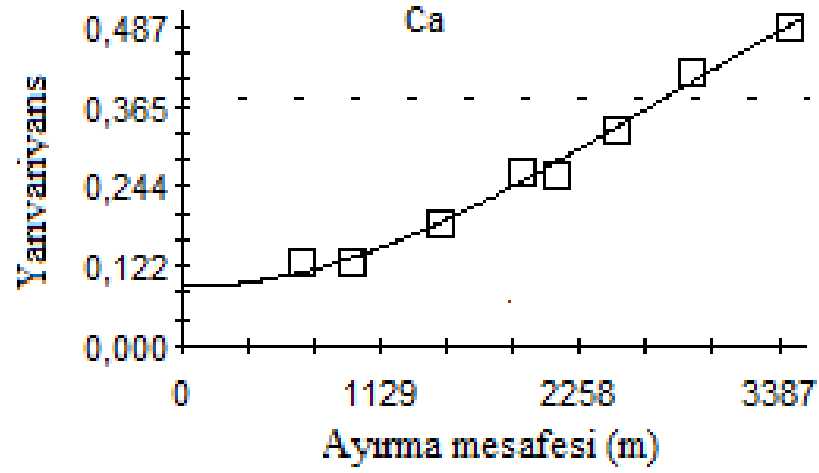
Bölgenin kuzeybatı bölgesinde ve kuzeydoğu bölgesinde K miktarı yeterli olmaktadır. Bölgenin güneydoğu kısmında K miktarı çok azdır. Bölgenin iç ve birçok kısmında ise K miktarı azdır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Topraklarının K içeriklerinin dağılım haritası

4.3.8. Kalsiyum (Ca)

Toprakların Ca içeriklerinin, yatıklık değerinin yüksek (0.85) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeoistatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Ca için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 390 m olarak alınmıştır. Toprakların Ca değerlerine ait yarıvaryogram Şekil 4.15’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.10’de verilmiştir.



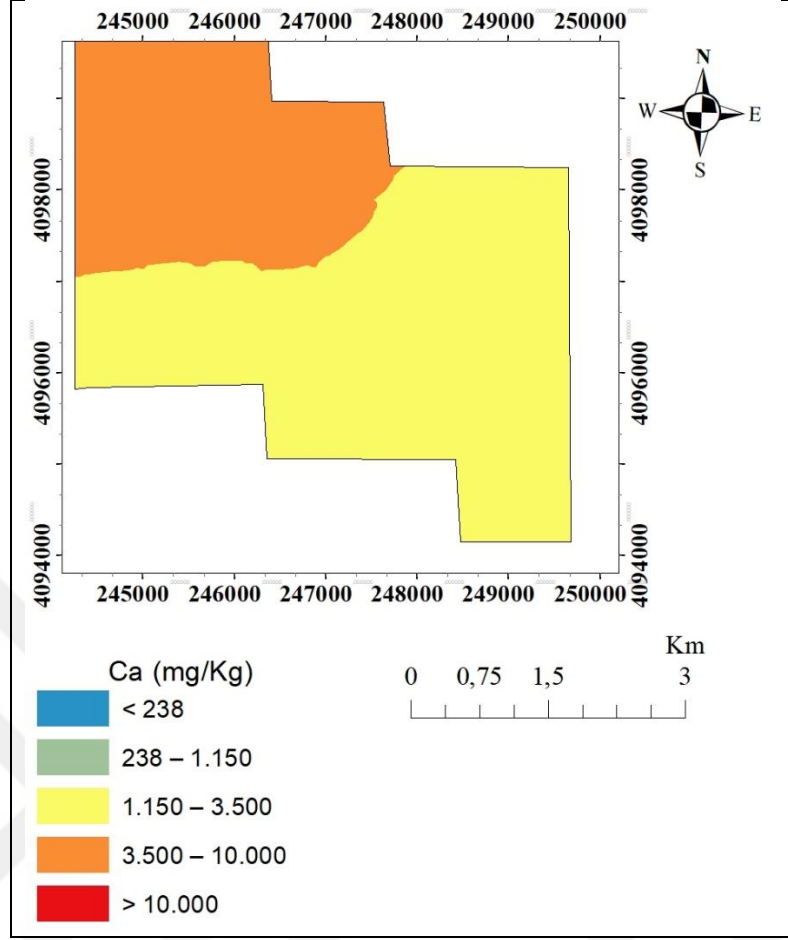
Şekil 4.15. Toprakların Ca içeriklerine ait yarıvaryogram grafiği

Toprakların Ca içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 15. Çizelge 4.10). Toprakların Ca içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A_0 değeri) 3803 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının Ca değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Peter-Jerome ve ark. (2022) da bu konuda benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Çizelge 4.10. Ca değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	A_0	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R^2
Ca	0-30	Gaussian	3803	0.091	0.802	0.11	0.990

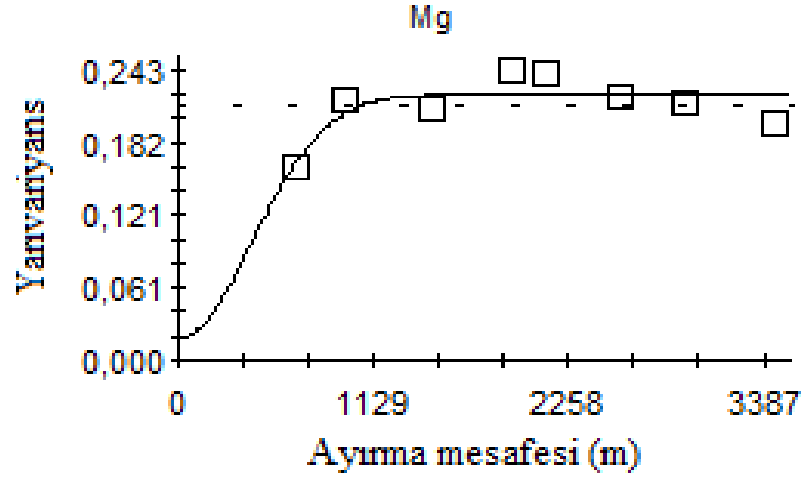
Kalsiyum içeriği çalışma alanının kuzey batı bölümünde fazla, güney ve doğu kısımlarında ise miktarı yeterli seviyededir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Çalışma alanı topraklarının Ca değerlerinin dağılım haritası

4.3.9. Magnezyum (Mg)

Toprakların Mg içeriklerinin yatıklık değerlerinin yüksek (0.76) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, verilere jeostatistiksel modellemelerden önce logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Zeraatpisheh ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada da Mg için yatıklık değeri yüksek (2.61) olarak belirlenmiştir. Topraklarda Mg için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla; ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 392 m olarak alınmıştır. Toprakların Mg içeriklerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.23'te, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.14'de verilmiştir.



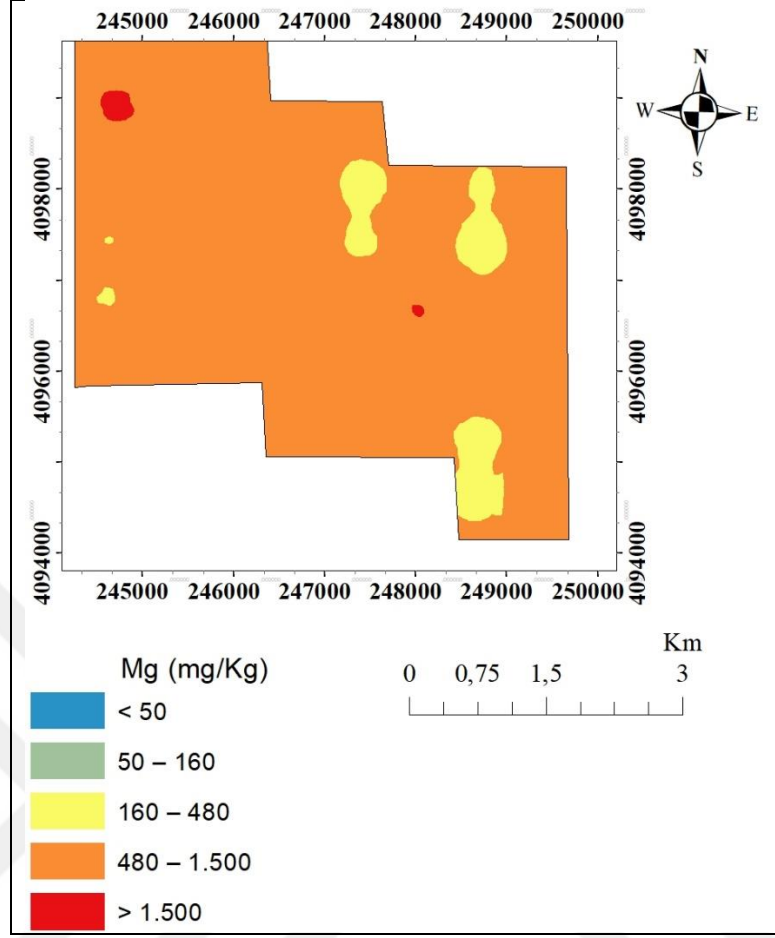
Şekil 4.17. Toprakların Mg değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Toprakların Mg içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 17. Çizelge 4.11). Toprakların Mg içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A_0 değeri) 603 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının Mg değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Peter-Jerome ve ark. (2022) ise Mg için yersel bağımlılığın orta düzeyde olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 4.11. Mg değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	A_0	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R^2
Mg	0-30	Gaussian	603	0.0188	0.2226	0.08	0.652

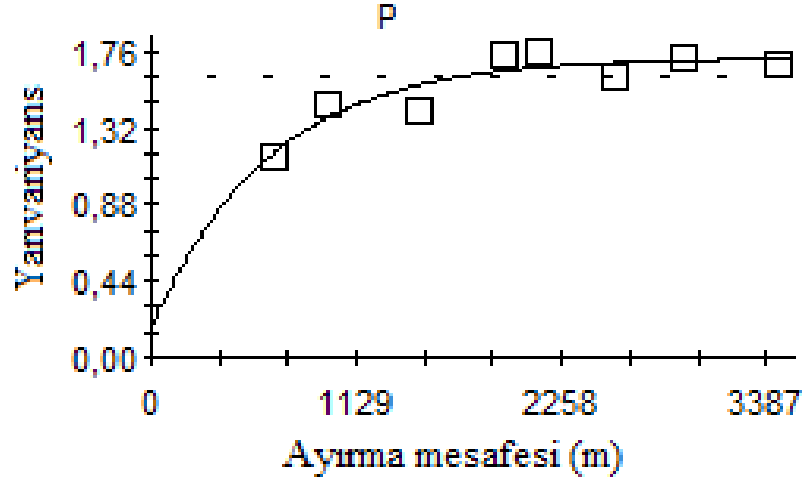
Bölgenin tamamına yakın bölümünde Mg miktarı fazla olarak görünmektedir. Bölgede güneydoğu, kuzeydoğu ve batı kısmında az da olsa Mg miktarı yeterlidir. Orta doğu kısmında ve batı kısmının çok az bölgesinde Mg miktarı çok fazladır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Toprakların Mg içeriklerinin dağılım haritası

4.3.10. Fosfor (P)

Toprakların P içeriklerinin, yatıklık değerlerinin yüksek (0.63) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce veri setine karekök dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların P için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 392 m olarak alınmıştır. Toprakların P değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.25’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.15’de verilmiştir.



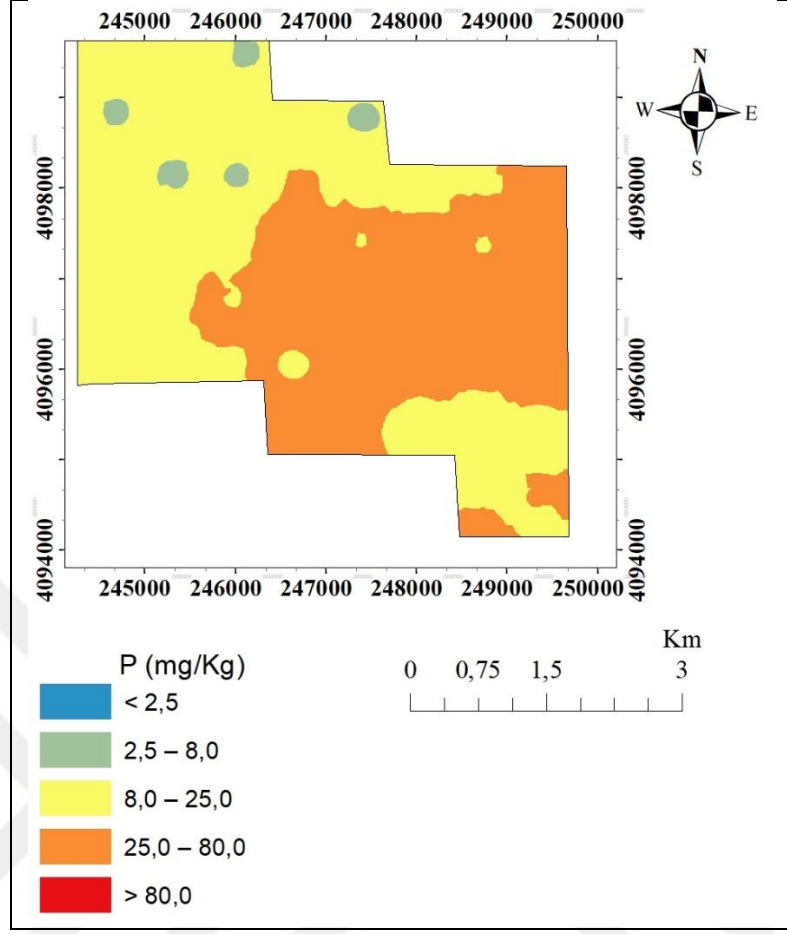
Şekil 4.19. Toprakların P değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Çizelge 4.12. P değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	Ao	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R ²
P	0-30	Üstel	642	0.162	1.728	0.09	0.834

Toprakların P içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Üstel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 19. Çizelge 4.12). Denton ve ark. (2017) da bu konuda benzer sonuçlar bulmuşlardır. Toprakların P içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A₀ değeri) 642 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının P değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

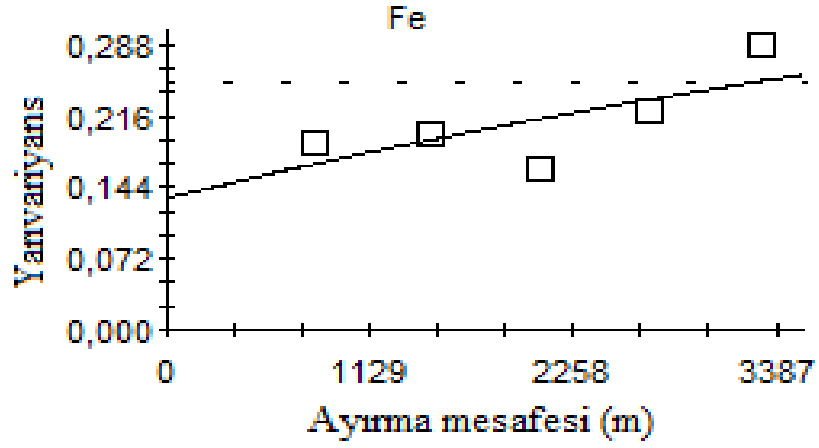
Bölgenin batı bölümünde çoğunlukla, kuzey kısmının bir bölümünde ve güneydoğu kısmının iç kesimlerinde P miktarı yeterli olarak görülmektedir. Bölgenin batı ve kuzeybatı bölgelerinin çok az bir kısmında P miktarı azdır. Bölgenin iç ve doğu kısmında P miktarı ise fazladır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Toprakların P değerlerinin dağılım haritası

4.3.11. Demir (Fe)

Toprakların Fe içeriklerinin, yatıklık değerlerinin yüksek (0.94) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Fe için en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 582 m olarak alınmıştır. Toprakların Fe değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.21’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.13’da verilmiştir.



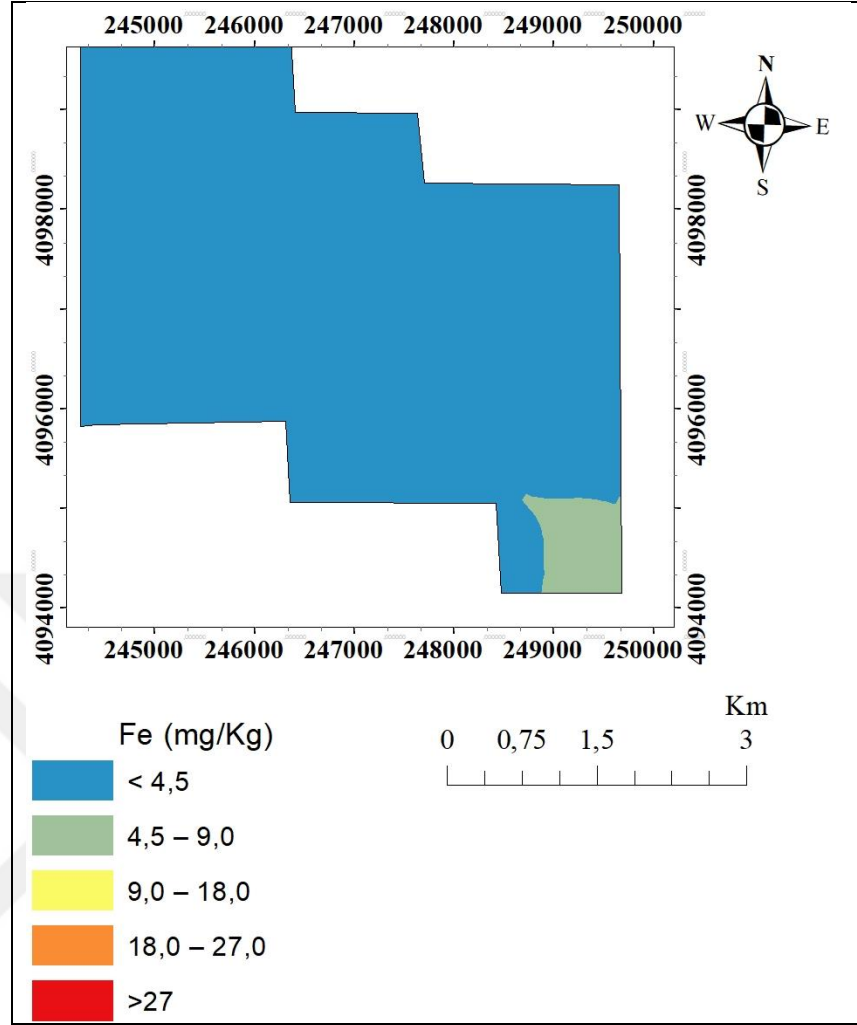
Şekil 4.21. Toprakların Fe içeriklerin yarıvariyogram grafiği

Çizelge 4.13. Fe değerlerine ait yarıvariyogram parametreleri

Ozellik	Derinlik	Model	Ao	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R ²
Fe	0-30	Üstel	7110	0.1330	0.4520	29.42	0.504

Toprakların Fe içerikleri için en uygun yarıvariyogram modeli Üstel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 21. Çizelge 4.13). Toprakların Fe içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A_0 değeri) 7110 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının Fe değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın orta düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

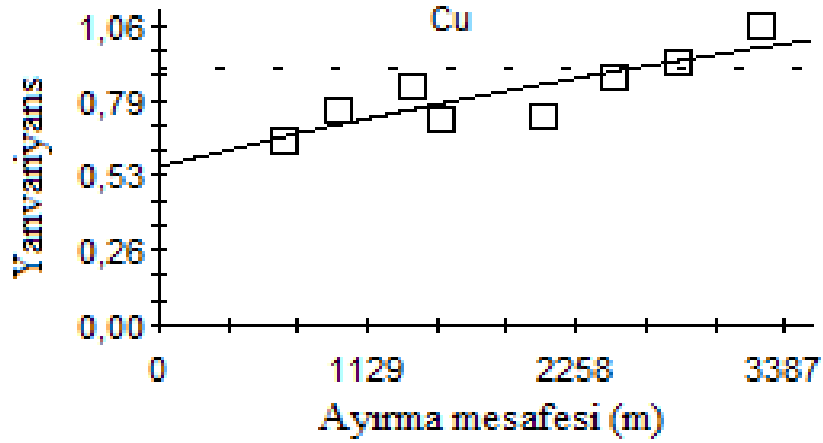
Çalışma alanının büyük bir kısmında Fe miktarı yetersiz, güneydoğu kesimindeki küçük bir kısımda orta düzeydedir (Şekil 4.22)



Şekil 4.22. Toprakların Fe içeriklerinin dağılım haritası

4.3.12. Bakır (Cu)

Toprakların Cu içeriklerinin, yatıklık değerlerinin oldukça yüksek (2.14) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Selmy ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada ise Cu için yatıklık değeri çok düşük çıkmıştır. Toprakların Cu için, en uygun yarivariyogram modelini belirlemek için; ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 382 m olarak alınmıştır. Toprakların Cu değerlerine ait yarivariyogram Şekil 4.23'de, bu variyograma ait parametreler ise Çizelge 4.17'de verilmiştir.



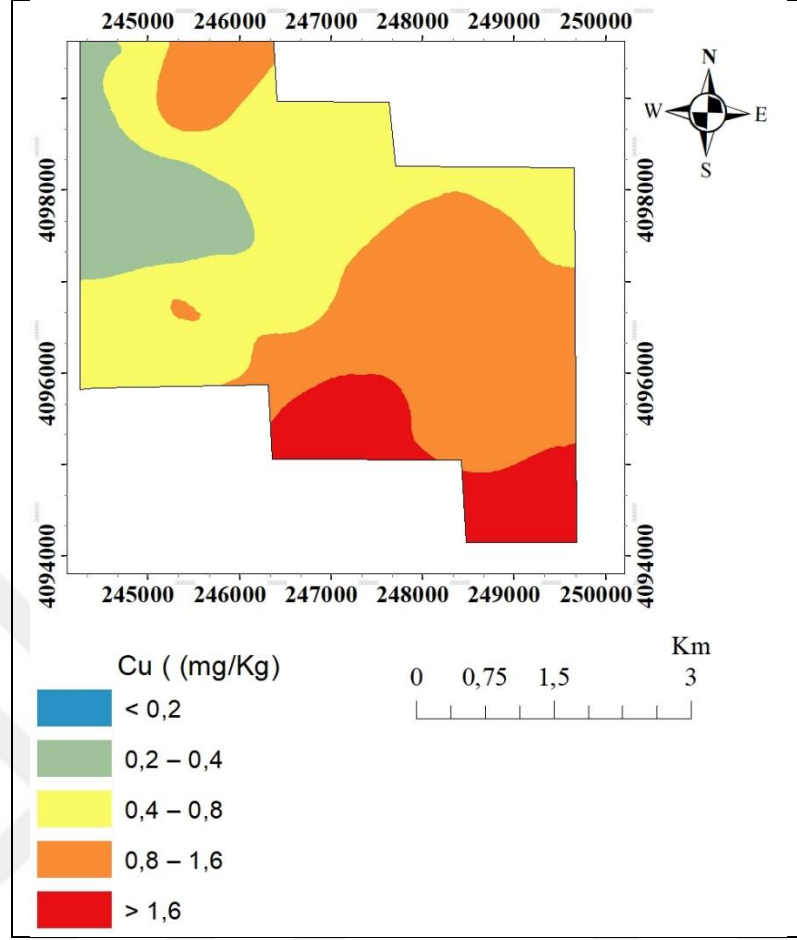
Şekil 4.23. Toprakların Cu değerlerine ait yarıvariyogram grafiği

Toprakların Cu içerikleri için en uygun yarıvariyogram modeli Üstel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 23. Çizelge 4.14). Toprakların Cu içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A_0 değeri) 7110 m olarak belirlenmiştir. Peter-Jerome ve ark. (2022) Tarafından yapılan başka bir çalışmada ise Cu için A_0 değeri 6073 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının Cu değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın orta düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Cu değerlerine ait yarıvariyogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	A_0	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R^2
Cu	0-30	Üstel	7110	0.560	1.702	32.9	0.723

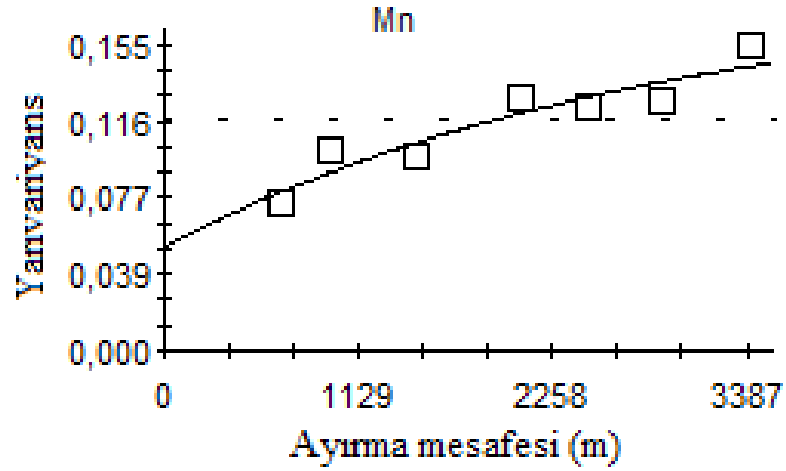
Çalışma alanındaki Cu içerikleri kuzey kesimlerindeki küçük bir alanda ve güney kesimlerinin orta kısımlarında yüksek, en güneye kısımlarında ise çok yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Toprakların Cu içeriklerinin dağılım haritası

4.3.13. Manganez (Mn)

Toprakların Mn içeriklerinin, yatıklık değerlerinin yüksek (0.93) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, verilere jeoistatistiksel modellemelerden önce karekök dönüşümü uygulanmıştır. Toprakların Mn için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 366 m olarak alınmıştır. Toprakların Mn değerlerine ait yarıvaryogram Şekil 4.25’de, bu varyogramla ait parametreler ise Çizelge 4.18’de verilmiştir.



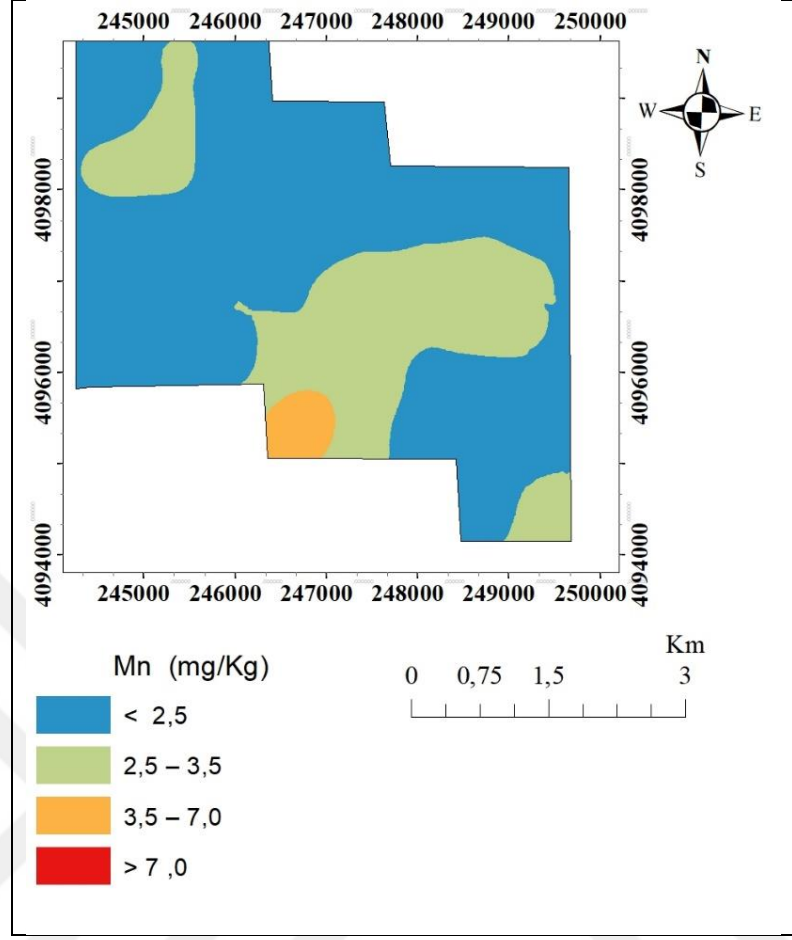
Şekil 4.25. Toprakların Mn değerlerine ait yarıvariyogram grafiği

Toprakların Mn içerikleri için en uygun yarıvariyogram modeli Üstel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 25, Çizelge 4.15). Bu konuda Peter-Jerome ve ark. (2022) da benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Toprakların Mn içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A_0 değeri) 2875 m olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının Mn değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Mn değerlerine ait yarıvariyogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	A_0	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	Nugget/Sill *100	R^2
Mn	0-30	Üstel	2875	0.0528	0.1846	0.29	0.880

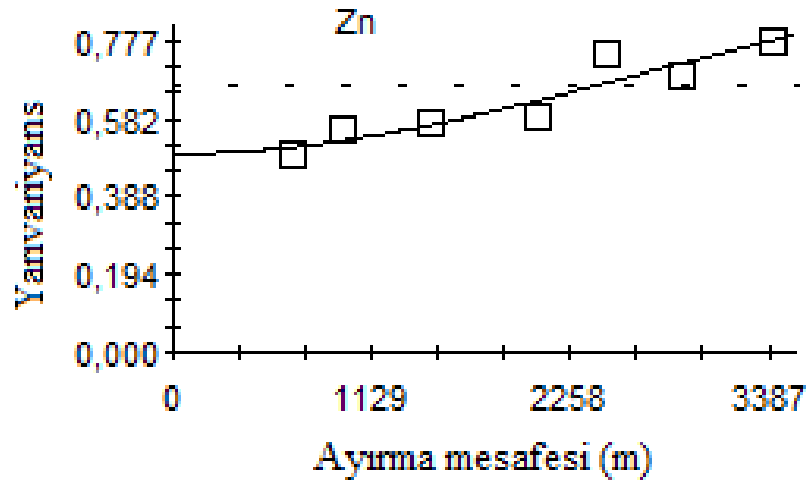
Toprakların Mn içerikleri batı, orta ve güneydoğu kesimlerinde orta en güney kısmındaki az bir bölümünde ise yeterli düzeydedir. Alanın büyük bir bölümünde daha çok batısında ve kuzeyindeki Mn miktarı ise yetersiz düzeydedir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Toprakların Mn içeriklerinin dağılım haritası

4.3.14. Çinko (Zn)

Toprakların Zn içeriklerinin yatıklık değerlerinin oldukça yüksek (3.49) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.2) nedenleriyle, verilere jeostatistiksel modellemelerden önce logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Zn için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 386 m olarak alınmıştır. Toprakların Zn değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.27’de, bu varyogramla ait parametreler ise Çizelge 4.19’da verilmiştir.



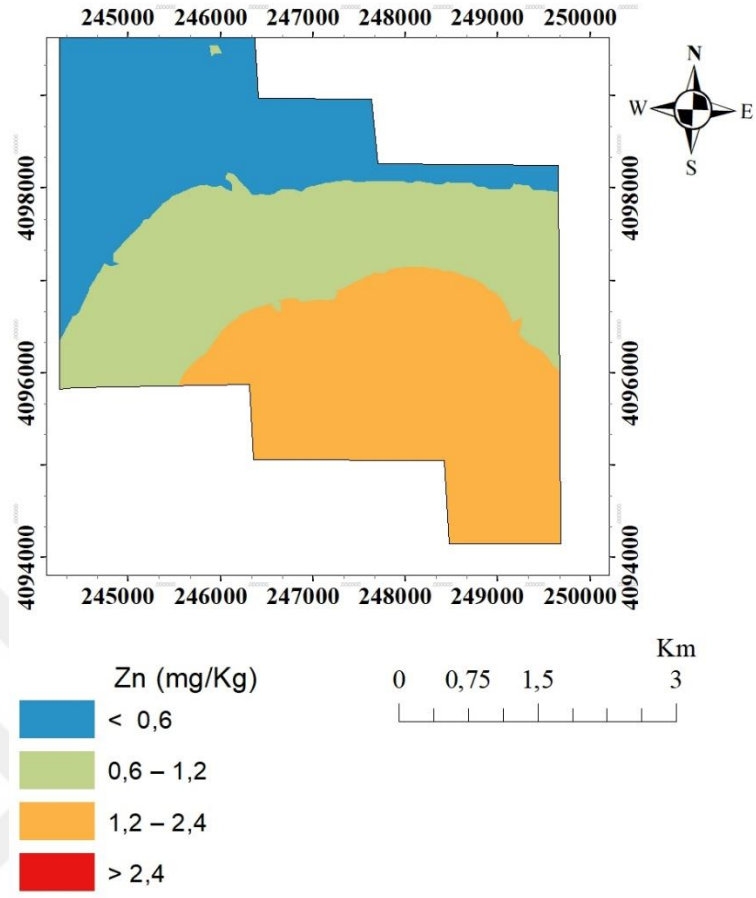
Şekil 4.27. Toprakların Zn değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Toprakların Zn içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 27. Çizelge 4.16). Toprakların Zn içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A_0 değeri) 7110 m olarak belirlenmiştir. Peter-Jerome ve ark. (2022) ise yaptıkları çalışmada Zn için otokorelasyon aralığını 21065 m olarak belirlemişlerdir. Çalışma alanı topraklarının Zn değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlığın orta düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Zn değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Derinlik	Model	Ao	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill *100	R ²
Zn	0-30	Gaussian	3714	0.496	0.9930	0.50	0.877

Çalışma alanının batı ve kuzey kesimlerinde Zn miktarı az, orta kesimlerde orta, güney ve güneydoğu kısımlarında ise yeterli seviyededir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28 Toprakların Zn değerlerinin dağılım haritası

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Erzin ovasında yoğun olarak turunçgil yetiştiriciliği yapılan bir bölümünde toprakların temel fiziksel ve kimyasal özellikleri ve bazı besin element içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca, toprakların belirlenen özellikleri ve besin element içeriklerinin çalışma alanındaki dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Çalışma alanındaki toprakların yarısı nötr, yarısı ise bazik karakterli olup, tamamında EC değerleri tuzlu topraklar için sınır değer olan $4000 \mu\text{S cm}^{-1}$ 'in altındadır. Bu sonuçlar topraklarda tuzluluk ve alkalilik ile ilgili herhangi bir sorunun olmadığını göstermektedir.

Toprakların sadece %2'sinde organik madde içeriği yeterli düzeyde iken, çoğunda kireç içeriğinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Toprakların sadece %20'sinde potasyum ve yaklaşık % 64'ünde P yeterli düzeyde iken, tamamında Ca ve Mg içeriklerinin yeterli ve fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir. Toprakların yaklaşık %70'inde Cu, %10'unda Mn, % 24'ünde, %23'ünde Zn yeterli düzeyde iken, tamamında Fe içeriğinin yetersiz (az ve orta) düzeyde olduğu saptanmıştır.

Bu sonuçlar toprakların önemli bir kısmında organik madde, potasyum, demir, bakır ve mangan, belirli bir kısmında ise fosfor yetersizliği sorunu olduğunu göstermektedir. Bu nedenle bu besin elementlerinin eksik olduğu yerlere, ilgili elementi içeren gübre uygulanmalıdır. Ayrıca organik madde içeriği düşük olan alanlara da organik gübreler uygulanmalıdır. Ancak bunların hangi oranlarda verileceği daha sonra yapılacak detaylı çalışmalarla belirlenmelidir.

Bu çalışmada toprakların temel özellikleri içerisinde varyasyon katsayısı (VK) değeri en düşük olanın pH (%5.89), en yüksek olanın ise EC değerleri (%72.14) olduğu belirlenmiştir. pH değerlerini %38.29 VK değeri ile nem değerlerinin izlediği görülmektedir. Parametrelerin VK değerleri ne kadar küçükse, o özelliğin araştırma alanındaki dağılımı da o kadar homojen; ne kadar büyükse, araştırılan özelliğin çalışma alanındaki dağılımı heterojen yapı göstererek, üniform dağılım göstermemektedir. Bu çalışmada en düşük VK değerinin pH değerlerinde olması, çalışma alanının pH değerleri açısından homojen bir dağılım gösterdiğini belirtmektedir.

Toprakların besin elementleri içerisinde varyasyon katsayısı (VK) en düşük olanı Na (%12.34) iken, en yüksek VK değeri ise K (potasyum) (%129.83) değerlerinde belirlenmiştir. Bu durum besin elementleri içerisinde en çok homojen dağılım gösterenin

Na; en az homojenlik gösterenin ise K (potasyum) olduğunu göstermektedir. Bu durumu yatıklık değerlerini de açıklamaktadır. Yatıklık değerleri ne kadar küçük çıkarsa araştırma alanındaki dağılımın da o kadar homojen olduğu anlaşılmaktadır. VK değeri yüksek olan K (potasyum) içeriğinin aynı zamanda yatıklık değerlerinin de yüksek olduğu görülmektedir.

Parametreler için belirlenen etki aralığı (A0) değerleri 375-7110 m gibi çok geniş sınırlar içinde değişmiştir. Etki aralığı örnekleme noktaları arasındaki otokorelasyonun etkili olabildiği maksimum uzaklığı belirtmektedir. Etki aralığı değerleri aynı zamanda o özellik için alınması gereken maksimum örnekleme aralığını da göstermektedir. Örneğin kireç içeriği için bu değer 606 m olarak hesaplanmıştır. Bu değer, kireç analizi için yapılacak bir örneklemede maksimum örnekleme aralıklarının 606 m olabileceğini belirtmektedir. Bu değer; nem, Mg, P, kireç ve OM için oldukça düşük (375-642 m) iken, diğer parametreler için daha yüksektir (1329-7100 m). Burada maksimum örnekleme aralığını belirleyecek olan en düşük Ao (375 m) değeridir. Bundan sonra bölgede yapılacak çalışmalarda, ya en düşük Ao değerine göre, ya da iki farklı örnekleme aralığı belirlenerek örnek alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Ağca, N. ve Kan, M.K., 2022. Trabzon Akçaabat yöresi fındık bahçesi topraklarının temel özellikleri ve bazı besin element içeriklerinin belirlenmesi. **Proceedings of 5th International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences** (November 23-25, 2022). S.1481-1486. Ankara.
- Aksakal, E.L. and Oztas, T., 2009. Changes in distribution patterns of soil penetration resistance within a silage-corn field following the use of heavy harvesting equipments. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 34 (2): 173-179.
- Allison, L.E. 1965. Organic carbon. (C.A. Black, Editör). **Methods of Soil Analysis**. Part 2. Amer. Soc. Agric. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Allison, L.E. and Moode, C.D., 1965. Carbonate. (C.A. Black, Editör). **Methods of soil analysis**. Part 2. Agronomy Series. No. 9, ASA. 1379-1396, Wisconsin.
- Anonim, 2016. **Rakamlarla Hatay tarım kimliği**. Hatay Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü.
- Anonim, 2023. **Hatay ili iklim verileri**. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=HATAY> (Erişim tarihi: 14.01.2023).
- Aşkınar, E.D., 2022. Dört yol ovası topraklarının verimlilik ile ilgili özelliklerinin yersel dağılımının coğrafi bilgi sistemleri ve jeostatistiksel yöntemler kullanılarak haritalanması. **HMKÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**. Yüksek Lisans Tezi. 74 S. Hatay.
- Ateş, K. ve Turan, V., 2015. Bingöl ili merkez ilçesi tarım topraklarının bazı özellikleri ve verimlilik düzeyleri. **Turk J Agric Res**, 2: 108-113.
- Bhunia, G., S., Shit, P., K. and Chattopadhyay, R., 2018. Assessment of spatial variability of soil properties using geostatistical approach of Laterite soil (West Bengal, India). **Annals of Agrarian Science**, 16: 436-443.
- Budak, M., Günal, H., Çelik, İ., Acir, N. ve Sırrı, M., 2018. Dicle Havzası toprak özelliklerinin yersel değişimlerinin jeostatistik ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve haritalanması. **Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi**, 5(2): 103-115. DOI: 10.19159/tutad.361237.
- Cambardella, C.A, Moorman, T.B, Parkin, T.B, Karlen, D.L, Novak, J.M, Turco, R.F and Konopka, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 58: 1501-1511.
- Çetin, E. ve Eraslan, F., 2015. Afyonkarahisar ili Dinar ilçesi patates ekim alanlarında toprakların verimliliği ve bitkilerin beslenme durumlarının belirlenmesi. **Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 10 (2):135-145.
- Delbari, M., Afrasian, P., Gharabaghi, B., Amiri, M. and Salehian, A., 2019. Spatial variability analysis and mapping of soil physical and chemical attributes in a salt-affected soil. **Arabian Journal of Geosciences**, 12: 68. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-4207-x>
- Demircioğlu, M. ve Ağca, N., 2022. Arsuz ovası topraklarının temel özelliklerinin yersel dağılımının jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. **Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 5(3): 1494-1513.
- Denton, O.A., Aduramigba-Modupe, V.O., Ojo, A.O., Adeyolanu, O.D., Are, K.S., Adelana, A.O., Oyedele, A.O., Adetayo, A.O. and Oke, A.O., 2017. Assessment of spatial variability and mapping of soil properties for sustainable agricultural production using geographic information system techniques (GIS). **Cogent Food & Agriculture**, 3:1, 1279366, DOI:10.1080/23311932.2017.1279366

- Dinesh, Kumar, P., Bhardwaj, K. K., Gill, A. and Anurag. 2022. Spatial distribution of nutrients in research farm, department of soil science, CCS HAU Hisar, Haryana. **International Journal of Plant & Soil Science**, 34 (22): 1546-1554.
- Doğan, K., Ağca, N., Keçecioglu, F., Benice, A., Tek, T., 2020. Spatial distribution of microbial activities in Arsuz plain soils (Hatay, Turkey). **Arabian Journal of Geosciences**, 13:581.
- Doyuran, V., 1982. Erzin ve Dörtüol ovalarının jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri. **Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni**, 25: 151 – 160.
- Erdal, İ. ve Doğan, A., 2018. Burdur ili tahıl yetiştirilen toprakların verimlilik durumlarının belirlenmesi. **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi**, 6 (1): 39-45.
- Everest, T. ve Özcan, H., 2018. Toprak verimliliğinin değerlendirilmesinde pedo-jeolojik yaklaşım. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**, 5 (4): 589-603.
- FAO, 1990. Micronutrient, assesment at the country level. An international Study (M. Sillanpaa, Editör). **FAO Soils Bulletin 63**. Published by FAO. 128 p. Roma, Italy.
- El Hamzaoui, H. and El Baghdad, M., 2021. Characterizing spatial variability of some soil properties in Beni-Moussa irrigated perimeter from Tadla plain (Morocco) using geostatistics and kriging techniques. **Journal of Sedimentary Environments**, 6:381–394.
- El-Metwally, M.E.A., Darwish, D.H., Dar, M.A., 2021. Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in surface sediments of Lake Burullus, Egypt. **Arabian Journal of Geosciences**, 14:19.
- Everest, T. ve Özcan, H., 2018. Toprak verimliliğinin değerlendirilmesinde pedo-jeolojik yaklaşım. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**, 5(4):589-603.
- Gamma Design, 2008. **Geostatistics for the Environmental Sciences**. Plainwell,,Michigan, USA.
- Isaaks, H.E. and Srivastava, R.M., 1989. **Applied geostatistics**. Oxford University press, Inc. 561 p.
- Javed, A., Bhat, S.N., Yadav, R. and Wani, M.A. 2021. Spatial variability of physical and chemical properties in Northern Himalayas of Kashmir Province. **International Journal of Plant & Soil Science**, 33 (17): 193-202.
- Karabulut, A., 2010. Çukurova’da flüviyal bir tarım arazisinde bazı toprak verimlilik özelliklerinin jeostatistiksel modellenmesi. **Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi**. 219 S. Ankara.
- Karakaya, Y. ve Ağca, N., 2022. Sarıseki-Dörtüol arasında yer alan tarım arazilerinde temel toprak özelliklerinin yersel dağılımının modellenmesi ve haritalanması. **Proceedings of 5th International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences** (November 23-25, 2022). S.1464-172. Ankara.
- Karaman, M.R., Susam, T., Turan, M., Tutar, A. ve Sahin, S., 2012. Çilek tarımı yapılan arazide uzaysal doğal organik madde değişimlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. **Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi**, 1:197-205.
- Khan, Md. Z., Islam, Md. R., Salam, A.B.A. and Ray, T., 2021. Spatial variability and geostatistical analysis of soil properties in the diversified cropping regions of bangladesh using geographic information system techniques. **Applied and Environmental Soil Science**. Article ID 6639180, 19 pages. <https://doi.org/10.1155/2021/6639180>
- Leena, H.U., Premasudha, B.G., Panneerselvam, S. and Basavaraja, P.K., 2021. Pedometric mapping for soil fertility management: A case study. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. 20 (2):128-135.

- Lindsay, W.L. and Norwell, W.A., 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Science Society America Journal**, 42: 421-428.
- Liu, D., Wang, Z., Zhang, B., Song, K., Li, X., Li, J., Li, F. and Duan H., 2006. Spatial distribution of soil organic carbon and analysis of related factors in croplands of the black soil region. Northeast China. **Agric.Ecosyst. Environ.**, 113: 73-81.
- Mousavifarda, S.M., Momtaza, H., Sepehri, E., Davatgar, N. and Mir Hassan Rasouli Sadaghiani, Mir H.R., 2013. Determining and mapping some soil physico-chemical properties using geostatistical and GIS techniques in the Naqade region, Iran. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 59 (11): 1573-1589. <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2012.740556>
- McGrath, D., C. Zhang, and Carton, O.T., 2004. Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in silver mines area, Ireland. **Environmental Pollution**, 127 (2): 239-248.
- Mardia, K.V. and Marshall, R.J., 1984. Maximum likelihood estimation of models for residual covariance in spatial regression. **Biometrika**, 71(1):135-146.
- Mulla, D. J. and McBratney, A.B., 2000. Soil spatial variability. **In: handbook of soil science.** (Malcom E. Summer, Editör) CRS Pres. A321-A351.
- Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A., 1954. **Estimation of available phosphorus in soil by extraction sodium bicarbonate**, USDA.
- Öktüren, F., Asri, E., Demirtaş, D.G., Özkan, C.F., Arı, N., 2016. Antalya ili Kepez ilçesinde karanfil yetiştirilen sera topraklarının bazı verimlilik durumlarının belirlenmesi. **Ege Univ. Ziraat Fak. Dergisi**, 53 (4):383-388.
- Özden, N., Uslu, İ., Sökmen, Ö. ve Metinoğlu, F., 2020. İzmir ili tarım topraklarının verimlilik durumları ile mikroelement kapsamalarının belirlenerek haritalanması. **Toprak Su Dergisi**, Özel Sayı: 31- 40.
- Özkan, C.F., Arpacıoğlu, A.E., Arı, N., Demirtaş, E.I. ve Asri, F.Ö., 2009. Antalya bölgesinde elma yetiştirilen toprakların verimlilik durumlarının incelenmesi. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**, 2(2): 95-99.
- Öztaş, T., 1995. Jeostatistik'in toprak bilimindeki önemi ve uygulanışı. **İ. Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu Bildiriler kitabı**. I:271-280, Ankara.
- Özyazıcı, M.A., Aydoğan, M., Bayraklı, B. ve Dengiz, O., 2013. Doğu Karadeniz bölgesi kırmızı-sarı podzolik toprakların temel karakteristik özellikleri ve verimlilik durumu. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, 28(1):24-32.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Sağlam, M., Erkoçak, A. and Türkmen, F., 2017. Mapping and assessment-based modeling of soil fertility differences in the central and eastern parts of the Black Sea region using GIS and geostatistical approaches. **Arab J Geosci**, 10: 45.
- Paris, J.O., Gontijo, I., Partelli, F.L, and Facco, A.G., 2020. Variability and spatial correlation of soil micronutrients and organic matter with macadamia nut production. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 24 (1): 31-36.
- Parlak, M., Fidan, A., Kızılcık, İ. ve Koparan, H., 2008. Eceabat ilçesi (Çanakkale) tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi**, 14 (4): 394-400.
- Peter-Jerome, H., Adewopo, J.B., Kamara, A.Y., Aliyu, K.T. and Dawaki, M.U., 2022. Assessing the spatial variability of soil properties to delineate nutrient management zones in smallholder maize-based system of Nigeria. **Hindawi. Applied and**

- Environmental Soil Science**, Published 20 May 2022. ID: 5111635, 14 pages
<https://doi.org/10.1155/2022/5111635>
- Richards, L.A., 1954. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. USDA Agriculture Handbook. No: 60.
- Saygın, F., Gürsoy, F.E., Demirdağ, İ. ve Dengiz, O., 2017. Çataklı çayı havzası doğu yakasında çay tarımı yapılan toprakların fiziksel, kimyasal ve verimlilik özelliklerinin belirlenmesi. **Turk J Agric Res**, 4(2): 143-154.
- Selmy, S., El-Aziz, S.A., El-Desoky, A. and El-Sayed, M. 2022. Characterizing, predicting, and mapping of soil spatial variability in Gharb El-Mawhoub area of Dakhla Oasis using geostatistics and GIS approaches. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 21: 383–396.
- Song, D., Li, H., Liu, S., Zou, G and Liu D., 2019. A geostatistic investigation of the comprehensive evaluation of fertility and spatial heterogeneity of forest soil nutrients in hilly and mountainous regions of southern China. **Arabian Journal of Geosciences**, 12: 292.
- Srinivasan, R., Shashi Kumar, B. N. and Singh, S. K., 2022. Mapping of soil nutrient variability and delineating site-specific management zones using fuzzy clustering analysis in Eastern Coastal Region, India. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, 50 (3):533–547. <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01473-9>
- Tagore, G. S., Sethy, S. K., Kulhare, P. S. and Sharma, G.D., 2023. Characterization of Spatial Variability of Micro Nutrients in Soils: Classical Vs. Geo-Statistical Approach. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 54 (4): 472–487. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2118292>.
- Taşova, H. ve Akın, A., 2013. Marmara bölgesi topraklarının bitki besin maddesi kapsamalarının belirlenmesi, veri tabanının oluşturulması ve haritalanması. **Topraksu Dergisi**, 2 (2): 83-95.
- Töreayen, G., Özdemir, İ. ve Kurt, T., 2010. **ArcGis 10 desktop uygulama dokümanı**. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti. 208 s. Ankara.
- Turgut, B. ve Öztaş, T., 2012. Bazı toprak özelliklerine ait yersel değişimin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. **Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 7 (2):10-22.
- Tümsavaş, Z., 2003. Bursa ili vertisol büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleriyle belirlenmesi. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 17 (2): 9-21.
- Uysal, E., Albayrak, B., Kayalı, F., Karakoç, A., Bıyıklı, M. ve Daş, Ö.B., 2016. Armutlu yöresinde yetiştirilen zeytinliklerde verim ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi. **Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi**, TARGİD Özel Sayı: 19-31.
- Ülgen, N. ve Yurtsever, N., 1995. **Türkiye gübre ve gübreleme rehberi** (4. Baskı). TC Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, GenelYayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, s. 209-230. Ankara.
- Zapranova, P. and Hristozova, G., 2019. DTPA-extractable micronutrients in soils of Southern Bulgaria. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, 25 (6): 1233–1238.
- Zeraatpisheh, M., Bottega, E.L., Bakhshandeh, E., Owliaie, H.R., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Kerry, R., Scholten, T. and Xu, M., 2022. Spatial variability of soil quality

within management zones: Homogeneity and purity of delineated zones. **Catena**, 209: 105835.

