



## ARSUZ OVASI TOPRAKLARININ BESİN ELEMENT İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE BUNLARIN MEKÂNSAL DAĞILIMLARININ COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE İNCELENMESİ

Necat AĞCA<sup>1\*</sup>, Seyfullah ERTUĞRAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Hatay, Türkiye  
<sup>2</sup>Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Hatay, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Arsuz Ovası, Toprak, Makro Ve Mikroelementler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Yersel Dağılım Haritaları.</i>	Bu çalışmada, Arsuz ovası topraklarının besin element içerikleri belirlenmiş ve bu elementlerin çalışma alanındaki mekânsal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışma alanından, alanı temsil edecek şekilde ve rastgele örnekleme yöntemine göre 0-30 cm derinlikten 46 adet bozulmuş toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde; alınabilir sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), fosfor (P), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) analizleri yapılmıştır. Besin element içeriklerinin haritalanmasında ve yersel değişiminin belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılmıştır. Topraklardaki Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn ve Zn'nun ortalama içerikleri sırasıyla; 156.4, 20.18, 7031.1, 589.7, 4.19, 7.13, 3.71, 6.72, 1.77 olarak belirlenmiştir. En uygun yarivariyogram modeli K, Ca, Cu ve Fe için Guassian; Na, P ve Zn için Üssel (Exponential); Mg için ise Küresel (Spherical) olarak saptanmıştır. Örnekleme noktaları arasında yersel bağımlılığın olduğu maksimum uzaklık (A <sub>0</sub> ) değerleri ise 510 m (Ca) ve 21100 m (P) arasında değişmiştir.

## DETERMINATION OF NUTRIENT CONTENTS OF ARSUZ PLAIN SOILS AND EXAMINING THEIR SPATIAL DISTRIBUTION USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Keywords	Abstract
<i>Arsuz Plain, Soil, Macro And Micronutrients, Geographic Information Systems (GIS), Spatial Distribution Maps.</i>	In this study, the nutrient contents of the Arsuz plain soils were determined and distribution maps of these elements in the study area were created. A total of 46 degraded soil samples were taken from the study area from a depth of 0-30 cm to represent the area and according to the random sampling method. Soil samples were analyzed for sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), phosphorus (P), iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn). It has been used in geographical information systems for mapping the nutrients contents and determining the spatial change. The mean content of Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn and Zn of soils are determined as 156.4, 20.18, 7031.1, 589.7, 4.19, 7.13, 3.71, 6.72, 1.77, respectively. The most suitable semivariogram model was determined as Guassian for K, Ca, Cu and Fe; Exponential for Na, P and Zn; Spherical for Mg. The maximum distance (A <sub>0</sub> ) values where there is a ground dependence between sampling points varied between 510 m (Ca) and 21100 m (P).

### Alıntı / Cite

Ağca, Necat, Ertuğral, Seyfullah (2025). Arsuz Ovası Topraklarının Besin Element İçeriklerinin Belirlenmesi ve Bunların Mekânsal Dağılımlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İncelenmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 13(1), 37-48.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
Necat Ağca, <a href="https://orcid.org/0000-0003-4864-844X">0000-0003-4864-844X</a>	<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b> 31.08.2024
Seyfullah Ertuğral, <a href="https://orcid.org/0000-0003-2351-6942">0000-0003-2351-6942</a>	<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b> 24.11.2024
	<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b> 26.11.2024
	<b>Yayın Tarihi / Published Date</b> 20.03.2025

\* İlgili yazar/Corresponding author: [necagca@gmail.com](mailto:necagca@gmail.com), +90-5336514672

## DETERMINATION OF NUTRIENT CONTENTS OF ARSUZ PLAIN SOILS AND EXAMINING THEIR SPATIAL DISTRIBUTION USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Necat AĞCA<sup>1†</sup>, Seyfullah ERTUĞRAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Hatay, Türkiye

<sup>2</sup> Mustafa Kemal University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Hatay, Türkiye

---

### Highlights

- P contents of soils are insufficient in 80% of the area.
- Potassium and phosphorus fertilizer should be applied to almost the entire working area.
- Entire  $A_0$  values, which indicate the maximum distance that sampling points can be related to each other, vary within wide limits such as 510-21100 m.
- The most suitable semivariogram model was determined as Gaussian for K, Ca, Cu and Fe; Exponential for Na, P and Zn; Spherical for Mg.

---

### Purpose and Scope

In this study, the sufficiency status of macro and micronutrient elements of Arsuz plain soils was determined and distribution maps of these element contents in the study area were created.

### Design/methodology/approach

In this study, the nutrient contents of the Arsuz plain soils were determined and distribution maps of these elements in the study area were created. A total of 46 degraded soil samples were taken from the study area from a depth of 0-30 cm to represent the area and according to the random sampling method. In soil samples, sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), phosphorus (P), iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn) analyses were made. Descriptive statistical analyzes such as average, lowest and highest values of all parameters of the soil were calculated. Additionally, a normality test was performed to determine whether nutrient element contents were normally distributed in the study area. Geographic information systems (GIS) were used to determine and map the spatial distribution of nutrient contents. Spatial distribution maps were created by applying the block kriging interpolation method to all nutrient contents of the soils in the research area.

### Findings

The mean content of Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn and Zn of soils are determined as 156.4, 20.18, 7031.1, 589.7, 4.19, 7.13, 3.71, 6.72, 1.77 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. According to spatial distribution maps; the most common Na, K, Ca, Mg and P contents in the study area was determined to be between 100-250, 10-20, 3500-7000, 480-1500 and 2.5-8.0 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. The most suitable semivariogram model was determined as Gaussian for K, Ca, Cu and Fe; Exponential for Na, P and Zn; Spherical for Mg. The maximum distance ( $A_0$ ) values where there is a ground dependence between sampling points varied between 510 m (Ca) and 21100 m (P). The most suitable semivariogram model was determined as Gaussian for K, Ca, Cu and Fe; Exponential for Na, P and Zn; Spherical for Mg. The maximum distance ( $A_0$ ) values where there is a ground dependence between sampling points varied between 510 m (Ca) and 21100 m (P). Potassium and phosphorus fertilizer should be applied to almost the entire working area. However, the doses to be applied should be determined by more detailed studies. Liquid fertilizers containing microelements Fe and Mn should be applied.

### Originality

Small-scale studies have previously been carried out on the soils in the study area. However, determining the nutrients throughout the plain and creating their distribution maps is being done for the first time. More detailed fertilization research can be done using the maps created in the study. Additionally, the data obtained from this study will contribute greatly to the national soil database.

---

<sup>†</sup> Corresponding author: [necagca@gmail.com](mailto:necagca@gmail.com), +90-5336514672

## 1.Giriş (Introduction)

Toprak; iklim ve canlıların belirli bir ana materyal üzerine belirli topografik koşullar altında etkileri sonucu oluşmuş ve oluştuğu ana materyale benzemeyen, ancak onlardan belirli özellikler taşıyan, kendi kendini yenileyemeyen, üç boyutlu, doğal ve canlı bir doğal kaynaktır.

Topraklar tüm canlılar için yaşam kaynağıdır. Bitkiler için tek beslenme kaynağı olan topraklar, insanlar tarafından sürekli hor kullanılmış ve onların bozulmalarına ve verim güçlerinin azalmasına neden olmuştur. İnsanlar diğer yandan toprakları sürekli amaç dışı kullanarak miktarlarının azalmasına neden olmuştur. Bugün Türkiye’de son 20 yıl içerisinde yaklaşık 2.5 milyon hektar tarım alanı, tarım dışı amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır (TÜİK, 2023). Bir yandan topraklar miktar olarak azalırken, diğer yandan toprakların aşırı sömürülmesi sonucunda verim gücü azalmıştır. Oysa nüfus her geçen gün artmaktadır. Artan nüfus beraberinde daha fazla gıda üretmeyi zorunlu kılmaktadır. Artan nüfusu besleyebilmenin tek yolu ise toprakların verimlilik düzeyini artırarak birim alandan yüksek verim artışları sağlamaktır.

Toprakların besin element içerikleri toprak verimliliğini ve dolaylı olarak bitkisel üretimi önemli ölçüde etkilemektedir. Topraklardan yüksek düzeyde verim alınabilmesi için, her besin elementinin yeterli miktarda bulunması gerekir. Bunun için de toprakların besin element miktarının bilinmesi ve yersel dağılımlarının belirlenmesi, üretim planlaması açısından son derece önemlidir. Besin element içeriklerinin yersel dağılımının belirlenmesi ise Jeostatistik ile yapılmaktadır.

Jeostatistik, az sayıda örnekleme yapılan çalışmalarda, örnekleme yapılamamış olan alanlardaki toprakların özelliklerini tahmin eden ve toprak özelliklerinin yersel değişimini inceleyebilmek için en fazla kullanılan araçlardan biridir (Webster ve Oliver, 2007).

Jeostatistiksel analizler iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, örnekleme noktaları arasındaki Konumsal ilişkiyi en iyi tanımlayan yarivariyogram modelleri belirlenmektedir. İkinci aşamada ise belirlenmiş olan yarivariyogram modelleri ve iyi bir enterpolasyon yöntemi kullanılarak, herhangi bir özelliğin örneklenmemiş noktadaki değerleri tahmin edilerek, o özelliğin çalışma alanındaki dağılım desenleri belirlenmekte ve dağılım haritaları oluşturulmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989).

Jeostatistikte kullanılan Kriging enterpolasyon yöntemini diğer enterpolasyon yöntemlerinden ayıran en önemli özellik; tahmin edilen her bir nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir. Yöntemin diğer bir üstünlüğü, kriging varyansı aracılığı ile tahmin hatasının büyüklüğünü değerlendirecek bir olanak sunmasıdır (Terçan ve Saraç, 1998).

Uygun ve Çetin (2012)’nin belirttiğine göre Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)’nin kullanımı, toprak kaynaklarının yönetimi ve sürdürülebilirliği konusunda önemli avantajlar sağlamaktadır. Dent ve Young (1981)’e göre CBS toprak yönetimi uygulamalarında; zaman ve işgücü açısından, çok önemli üstünlükleri bulunmaktadır (Budak ve Günel, 2015).

Bu çalışmada Arsuz ovasında yer alan toprakların bazı makro ve mikro besin element konsantrasyonları ile bunların çalışma alanındaki yersel dağılım haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır.

## 2.Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Jeostatistiksel bir model kullanarak toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğini anlamak için Hindistan’ın Batı Bengal bölgesindeki lateritik topraklarda bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada Kriging teknikleri kullanılarak yarivariyogram modeli oluşturup toprak özelliklerinin yüzey haritaları hazırlanmıştır. Çalışma sonucunu yorumlayan araştırmacılar, kullandıkları yöntemin ve oluşturdukları haritaların toprak-su yönetimini iyileştirmede yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir (Bhunja vd. 2018).

Akselendi Ovası’nda Yapılan bir çalışmada; alanın yarıdan fazlasında, fosfor, yaklaşık üçte ikisinde ise azot eksikliği olduğu belirlenmiştir. Yine toprakların mikro element içerikleri incelendiğinde sadece bakır içeriklerinin yeterli; demir, mangan ve çinko içeriklerinin ise yetersiz olduğu belirlenmiştir (Çelik ve Dengiz, 2018).

Hindistan’ın Madhya Pradesh eyaletinde jeostatistiksel yöntemler kullanılarak toprakların bazı besin element içeriklerinin dağılımı belirlenmiştir. Araştırma bulgularına göre; toprak örneklerinin sırasıyla %79,54 ve %7,92’sinde erişilebilir çinko ve demir eksikliği olduğu ancak hiçbir toprak örneğinde bakır veya magnezyum eksikliği olmadığı görülmüştür (Sikarwar vd. 2023).

Ağca ve Aşkiner (2024) tarafından Dörtüol ovasında yer alan toprakların bazı besin element içerikleri belirlenerek mekânsal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda; topraklarda alınabilir K, P, Ca, Na ve K

içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) sırasıyla; 12.18 ile 1563.1, 2.4 ile 133.6, 522.5 ile 4363.3, 3.07 ile 56.78 ve 473.7 ile 3278.8 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yine, toprakların alınabilir Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ise sırasıyla, 8.8 ile 43.5, 0.8 ile 9.4, 9.4 ile 332.2 ve 2.3 ile 22.7 arasında değişiklik göstermiştir. Besin elementlerine ait verilerin varyasyon katsayıları (VK) % 37.80 (Ca) ile % 120.85 (K) arasında değişmiştir. Çalışma alanındaki toprakların  $A_0$  değerleri 710 m (Fe için) ile 18600 m (P için) gibi çok geniş sınırlar arasında değişmiştir. Besin elementlerinin çoğunluğu için en uygun yarivariyogram modellerinin Üssel ve küresel olduğu görülmüştür.

Nijerya'da Benin şehri yakınlarındaki bir alanda toprakların kimyasal özelliklerinin yersel dağılımı incelenmiştir. Sonuçlar, varyasyon katsayısının (CV) organik C, N ve K için orta (%15 - 50), P için ise yüksek (>%50) olduğunu ortaya koymuştur (Ajayi ve Okonkhu, 2024).

Kulaç (2024) tarafından yapılan bir çalışmada; fındık yetiştiriciliği yapılan su altında kalmış bir alanda, toprak verimliliği parametrelerinin yersel dağılımı değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda toprak özelliklerine ait etki aralığı değerlerinin 19.8-742.7 m gibi geniş sınırlar içinde değiştiği belirlenmiştir.

### 3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

#### 3.1. Materyal (Material)

##### 3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Özellikleri (Geographical Location and Features of The Study Area)

Arsuz ovası, Hatay'ın Arsuz ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır ( $36^{\circ}29'42.22''$  K- $36^{\circ}1'8.71''$  D ve  $36^{\circ}23'37.67''$  K- $35^{\circ}52'10.57''$  D). Çalışma alanının batısında Akdeniz, doğusunda Amanos Dağları, kuzeyinde İskenderun ilçesi, güneyinde ise Samandağ ilçesi ile sınırlandırılmıştır (Anonim, 2016). Çalışma alanı Akdeniz ikliminin etkisi altındadır (Anonim, 2019). Arsuz ovasında en çok yetiştirilen bitki maydanoz olup, bunu buğday, zeytin, limon, kayısı, narenciye, nar, çilek, şeftali izlemektedir (Anonim, 2017).

Çalışma alanının hemen hemen tamamını kuaterner yaşlı alüvyonlar oluşturmaktadır. Ancak alanın batısında pliyosen yaşlı kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşıdan oluşan çökel kayalar güneyinde kireçtaşı ve şelflerden oluşan çökel kayalar; doğusunda ise kumtaşı, çamur taşı ve kireçtaşlarından oluşan çökel kayalar bulunmaktadır (Anonim, 1982).

##### 3.1.2. Toprak Örneklerinin Alınması (Soil sampling)

Çalışma alanından bölgeyi temsil edecek şekilde 0-30 cm derinlikten tesadüfi örnekleme yöntemine göre toplam 46 adet toprak örneği alınmıştır (Şekil 1). Ayrıca her bir örnekleme noktasının coğrafi koordinatları konum belirleme cihazı (GPS) ile belirlenmiştir.

#### 3.2. Yöntem (Method)

##### 3.2.1. Toprak Analizleri (Soil analyses)

Alınan örneklerde; alınabilir sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), bakır (Cu), manganez (Mn), çinko (Zn), fosfor (P) analizleri yapılmıştır. Alınabilir sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri amonyum asetat ekstraksiyon yöntemiyle belirlenmiştir (Richards, 1954). Alınabilir demir, bakır, mangan ve çinko DTPA ekstraksiyon yöntemiyle (Lindsay ve Norwell, 1978), bitkilerce alınabilir P içerikleri ise Olsen vd. (1954)'e göre tayin edilmiştir.

##### 3.2.2. İstatistiksel ve Jeostatistiksel Analizler (Statistical and geostatistical analyses)

Çalışmada, toprakların tüm parametrelerin ortalama, en düşük ve en yüksek değerler, gibi tanımlayıcı istatistiksel analizleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra besin element içeriklerinin çalışma alanında normal dağılım gösterip göstermediğinin belirlenmesi için normalite testi yapılmıştır (Tablo 1) (Liu vd. 2006).



**Şekil 1.** Çalışma alanının coğrafi konumu ve toprak örneklerinin alındığı noktalar (The geographical location of the study area and the places where soil samples were taken)

Kul (2014)'e göre veri sayısı 30'dan az ise kolmogorov-Smirnov tavsiye edilmemektedir (Anonim, 2024). Bu çalışmada veri sayısı 46 olduğu için Kolmogorov-Smirnov sonuçları değerlendirilmiştir. Tüm istatistiksel analizlerde SPSS (sürüm: 26) istatistik programı kullanılmıştır.

Toprakların element içeriklerinin yersel dağılım modellemesi GS+ (sürüm 10.0) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Bu amaçla yarivariyogramlar oluşturularak bunların arasından en uygun olanları seçilmiştir. En uygun yarivariyogram modelinin seçiminde;  $r^2$  ve RSS (artık kareler toplamı) değerleri kıstas olarak alınmıştır. Yang vd. (2011)'e göre en uygun modelin  $r^2$  değerinin 1'e ve RSS değerinin 0'a yakın olması gerektiğini belirtmiştir (Budak ve Günel, 2015). Bu çalışmada da bu kural uygulanmıştır.

Besin elementlerinin yersel dağılımlarının belirlenmesi ve haritalamasında ise coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Bu kapsamda, GS+ (sürüm 10) ile belirlenen yarivariyogramların verileri kullanılarak her bir elementin dağılım haritalarının oluşturulmasında ArcGis (sürüm:10.6.1.) programından yararlanılmıştır (Töreay vd. 2010). Bu programda ordinary kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

Parametrelerin varyasyon katsayıları Zhou vd. (2010) tarafından, onların değişkenlik düzeylerinin değerlendirmesinde kıstas olarak kullanılmıştır. Zhou vd. (2010)'a göre %10'dan düşük varyasyon katsayısı değişkenlik düzeyinin düşük; %10-100 arasındaki değişkenlik katsayısı orta ve % 100'den büyük değişkenlik düzeyi ise yüksek değişkenlik düzeyini belirtmektedir.

**Tablo 1.** Besin elementi içeriklerinin normalite test sonuçlarının Kolmogorov-Smirnov'a göre değerlendirilmesi (Evaluation of normality test results of nutrient contents according to Kolmogorov-Smirnov)

Parametre	Kolmogorov-Smirnov	
	İstatistik	P
K	0.164	0.003
<b>Ca</b>	0.121	<b>0.092*</b>
<b>Mg</b>	0.107	<b>0.200*</b>
P	0.194	0.000
Cu	0.433	0.000
Fe	0.164	0.003
<b>Mn</b>	0.083	<b>0.200*</b>
Zn	0.296	0.000
Na	0.217	0.000

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

Ayrıca besin elementi içeriklerinin mekânsal bağımlılıklarının değerlendirilmesinde nugget varyansın (Co) toplam varyansa (Co+C) olan yüzde oranı kullanılmıştır. Bu değerlendirme Cambardella vd. (1994)'e göre yapılmıştır. Bu oran % 25 veya daha düşük ise özelliklerdeki yersel bağımlılık kuvvetli, % 25-75 arasında ise orta ve % 75'den büyük ise zayıf olarak değerlendirilmektedir.

#### 4. Deneysel Sonuçlar(Experimental Results)

##### 4.1. Element İçerikleri (Nutrient contents)

Toprakların besin elementi içeriklerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur. Toprakların alınabilir K içerikleri 4.2 ile 63.5 mgkg<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 2). Alınabilir K içerikleri, FAO (1990)'ün mg kg<sup>-1</sup> olarak belirtilen sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; K değerlerinin toprakların % 97.8'inde çok az (<50), % 2.2'sinde ise az (50-140) olduğu belirlenmiştir. Taş ve Demir (2022)'in Bingöl ovasında yaptıkları çalışmada toprakların potasyum konsantrasyonlarının 67.0 - 410.05 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve toprakların % 20.6'sının K içeriğinin az, % 76.5'inin yeterli ve % 2.9'unun ise fazla olduğu belirlenmiştir. Yine, Ordu ve Aşık (2021) tarafından Bursa'nın Karacabey ilçesinde mısır tarımı yapılan alanlardaki topraklarda yapılan bir çalışmada; K içeriklerinin 66-616 mg kg<sup>-1</sup> arasında ve K içeriğinin toprakların %7.5'inde az, % 92.5'inde yeterli ve fazla düzeyde olduğu saptanmıştır.

Toprakların Ca içeriklerinin 2763.6 ile 11981.3 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Everest vd. (2018)'nin yaptıkları çalışmada ise toprakların kalsiyum miktarları çok daha yüksek bulunmuştur. Bu durum büyük olasılıkla toprakların kireç içeriklerinin farklılığından kaynaklanmıştır. Bu çalışmada elde edilen Ca içerikleri, FAO (1990)'ün mg kg<sup>-1</sup> olarak ifade edilen sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; toprakların % 4.3'ünde Ca içeriğinin yeterli (1150 - 3500) ve % 91.3'ünde fazla (3500 - 10000), % 4.4'ünde ise çok yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Toprakların Mg içeriklerinin 221.6 ile 1215.4 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğu görülmüştür (Tablo 2).Topraklarda bitkiye yararlı Mg içerikleri, FAO (1990)'ün mg kg<sup>-1</sup> olarak belirtilen sınır değerleri ile kıyaslandığında; toprakların % 34.8'inde yeterli (160-480), % 65.2'inde ise fazla (480-1500) görülmüştür. Kalkancı vd. (2021) tarafından Osmaniye'de yapılan bir çalışmada; Mg içeriklerinin toprakların % 7.8'inde yetersiz; % 26.1'inde orta; % 30.9'unda yüksek ve % 35.1'inde ise çok yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 2.** Araştırma konusu toprakların bazı besin elementi içeriklerinin istatistiksel analiz sonuçları (Statistical analysis results of some nutrient contents)

Parametre	En az	En fazla	Ortalama	SS	VK	Çarpıklık	Yatıklık
	mg kg <sup>-1</sup>						
K	4.21	63.52	20.18	9.70	48.07	2.24	8.01
Ca	2763.6	11981.3	7031.1	1588.2	22.59	0.49	3.31
Mg	221.6	1215.4	589.7	223.8	37.95	0.53	-0.07
P	0.09	13.90	4.19	3.91	93.03	0.89	-0.44
Fe	0.86	38.13	7.13	5.85	82.05	3.35	17.12
Cu	0.62	67.56	3.71	9.72	262.00	6.57	44.00
Mn	0.82	15.16	6.72	4.00	59.52	0.43	-0.35
Zn	0.14	18.16	1.77	3.05	172.32	4.03	19.16
Na	30.11	675.36	156.41	143.52	91.76	2.17	4.92

SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı

Toprakların P içeriklerinin 0.09 ile 13.90 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğu saptanmıştır (Tablo 2). Tüm sonuçlar Olsen vd. (1954) tarafından mg kg<sup>-1</sup> olarak önerilen sınır değerleri ile kıyaslandığında; P içeriklerinin toprakların % 50.0'inde çok az (<2.5), % 30.4'ünde az (2.5 – 8.0), % 19.6'sında ise yeterli (8.0–25.0) düzeyde olduğu görülmüştür. Özenç ve Yazıcı (2022)'nin Trabzon ili Beşikdüzü ilçesinde yaptıkları çalışmada; toprakların yararlı P içeriklerinin 0.96 – 138.7 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği görülmüştür. Ayrıca Çalışma alanında P'un toprakların % 11'inde çok az; % 38'inde az; % 32'sinde yeterli; % 14'ünde fazla; % 5'inde ise çok fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Fe içeriklerinin 0.86 ile 38.13 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Toprakların Fe içerikleri, Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg<sup>-1</sup> olarak belirtilen standart değerlerle karşılaştırıldığında; Fe'in toprakların % 28.3'ünde az (<4.5), % 34.5'inde orta (4.5–9.0), % 26.00'ünde yeterli (9.0-18.0), ve % 2.2'sinde çok yüksek (>27.0) düzeyde olduğu saptanmıştır. Peker vd. (2024) tarafından Bafra ovasında yapılan bir çalışmada, toprakların Fe içeriklerinin 10.23-194.69 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği görülmüştür. Şimşek vd. (2023)'ün yaptıkları bir çalışmada, Kilis'teki zeytin bahçe topraklarının alınabilir Fe içeriklerinin 0.3-1.63 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ve tamamında alınabilir Fe içeriklerinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanı topraklarının alınabilir Cu içeriklerinin 0.62 ile 67.56 mg kg<sup>-1</sup> arasında (Tablo 2) olduğu belirlenmiştir. Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlediği sınır değerlere göre, toprakların % 2.2'sinde Cu'nun yeterli (0.4 – 0.8 ), % 30.4'ünde yüksek (0.8–1.6) ve % 67.4'ünde çok yüksek (>1.6) olduğu saptanmıştır. Karadeniz ve Özkutlu (2023) tarafından Ordu-Kumru yöresinde yapılan bir çalışmada; topraklardaki yayılsız Cu içeriklerinin 0.0 - 4.45 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve Cu'nun toprakların % 38'inde yeterli; % 62'sinde ise fazla miktarda olduğu tespit edilmiştir.

Toprakların Mn içeriklerinin 0.82 ile 15.16 mg kg<sup>-1</sup> arasında, tüm alanın ortalama Mn içeriğinin ise 6.72 mg kg<sup>-1</sup> olduğu görülmüştür (Tablo 2). Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg<sup>-1</sup> olarak önerdiği sınır değerlere göre; Mn içeriğinin toprakların % 17.4'ünde az (<2.5), % 10.8'inde orta (2.5-3.5), % 28.3'ünde yeterli (3.5-7.0), % 43.4'ünde ise yüksek düzeyde (>7.0) olduğu belirlenmiştir. Özden vd. (2020)'nin yaptığı bir çalışmada, alınabilir Mn içeriğinin 2.20-299.60 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve toprakların % 96.61'inde Mn'in yüksek olduğu saptanmıştır. Ağca ve Coşar (2023) tarafından Erzin ovası (Hatay) topraklarında alınabilir Mn içerikleri 0.34 - 5.67 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuş ve Mn miktarının toprakların % 65.96'sında az; % 23.40'ında orta; % 10.64'ünde ise yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Toprakların alınabilir Zn içeriklerinin 2.3 ile 22.7 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Toprakların Zn içerikleri, Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlediği sınır değerlerle kıyaslandığında; toprakların % 36.9'unda Zn'nun az (>0.6), % 28.4'ünde orta (0.6-1.2), % 19.5'inde yeterli (1.2–2.4), % 15.2'inde ise yüksek (>2.4) düzeyde olduğu görülmüştür. Ordu ve Aşık (2021) tarafından Bursa Karacabey'deki topraklarda alınabilir Zn içeriklerinin 0.40 mg kg<sup>-1</sup> ile 3.05 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve toprakların %2.5'nin çok az, %10'nun az, %82.5 'nin orta ve %2.5 'nin fazla ve % 2.5 'nin ise çok fazla düzeyde alınabilir çinko içerdikleri belirlenmiştir.

Toprakların Na içeriklerinin 30.1 ile 675.4 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 2). Peker vd. (2024) tarafından Bafra ovasındaki örnek mera alanlarında yapılan bir çalışmada topraklardaki Na içerikleri 78.2-4080.2 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Yine Ağca ve Coşar (2023) tarafından Erzin ovası topraklarında yapılan bir çalışmada, toprakların Na içeriklerinin 28.64–31.77 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği bulunmuştur. Günel vd. (2020) tarafından Orta Karadeniz Bölgesi tütün ekim alanlarında yapılan çalışmada ise topraklardaki Na içerikleri 8.80–4145.58 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir.

Besin element içeriklerinin varyasyon katsayıları % 22.59 (P) ile %262 (Cu) arasında değişmiştir. Varyasyon katsayılarına göre; Cu ve Zn yüksek düzeyde, diğer elementler ise orta düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. Bu durum; çalışma alanında P'un en homojen, Cu'nun ise en heterojen dağılım gösterdiğini belirtmektedir.

#### 4.2. Besin Elementlerinin Mekânsal Dağılımları (Spatial Distribution of Nutrient Contents)

Çalışma alanındaki toprakların Ca, Mg ve Mn içeriklerinin yatıklık değerlerinin düşük (0.43-0.53 arası) olması nedeniyle, bu veri setlerine jeostatistiksel modellemelerden önce herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. Buna karşın yatıklık değerlerinin yüksek (0.89-4.03 arası) olmaları nedeniyle Na, K, Cu, Fe ve Zn değerlerine logaritmik, P içeriklerine ise karekök dönüşüm uygulandıktan sonra jeostatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır.

Tüm besin elementleri için uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla, aktif ayırma mesafesi 6715 m olarak alınmıştır. Yine en uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için ayırma mesafeleri ise en yüksek r<sup>2</sup> değerlerini verecek şekilde, 444 m ile 463 m arasında alınmıştır. Toprakların besin element içeriklerine ait yarıvaryogram parametreleri Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Besin elementlerinin yarivariyogram parametreleri (Semivariogram parameters of nutrient contents)

Parametre	Model	A <sub>0</sub> (m)	Nugget (C <sub>0</sub> )	Sill (C <sub>0</sub> +C)	Nugget/Sill *100	r <sup>2</sup>
K	Guassian	17820	0.120	1.217	9.86	0.474
Ca	Guassian	510	1000	191500	0.50	0.520
Mg	Küresel	4910	24500	60780	40.30	0.648
P	Üssel	21100	0.524	2.367	22.14	0.506
Cu	Guassian	680	0.0001	0.232	0.04	0.620
Fe	Guassian	3590	0.466	0.933	49.94	0.591
Mn	Pure nugget					
Zn	Üssel	21100	0.634	2.036	31.14	0.406
Na	Üssel	3430	0.028	0.850	3.29	0.884

En uygun yarivariyogram modeli K, Ca, Cu ve Fe için Guassian; Na, P ve Zn için Exponential (üssel); Mg için ise Spherical (küresel) olarak saptanmıştır (Tablo 3 ). Çalışma alanındaki toprakların Mn içerikleri arasında ise yapısal bir varyans tanımlanamamış ve örneklerin ölçüm değerlerinin aralarındaki mesafeden bağımsız olduğu ve varyansın tesadüfi değerler ürettiği (Purenugget) tespit edilmiştir. Sarı vd. (2019) İğdir Üniversitesi topraklarında yaptıkları çalışmada, en uygun yarivariyogram modeli Na, K ve Mg için Spherical, Ca için ise Gaussian olarak belirlemişlerdir. Ağca ve Coşar (2023) tarafından Erzincan (Hatay) ovası topraklarında en uygun yarivariyogram modeli Na, P, Fe, Cu ve Mn için Üssel (Exponential); K için Küresel; Ca, Mg ve Zn için ise Gaussian olarak belirlenmiştir.

Örnekleme noktaları arasında yersel bağımlılığın olduğu maksimum uzaklık (A<sub>0</sub>) değerleri ise 510 m (Ca) ve 21100 m (P) arasında değişmiştir. Besin elementlerinin yersel bağımlılık düzeyleri Na, K, Ca, P ve Cu için kuvvetli, Mg, Fe ve Zn için ise orta olarak belirlenmiştir. Ağca ve Coşar (2023) tarafından Erzincan (Hatay) ovası topraklarında yersel bağımlılık düzeyi Na, K, Ca, P ve Mn için kuvvetli; Mg, Fe, Cu ve Zn için ise orta düzeyde bulunmuştur. Sarı vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, dört besin elementi için (Na, K, Ca ve Mg) de yersel bağımlılığın yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır.

#### 4.3. Besin Element İçeriklerinin Mekânsal Dağılımlarının Haritalanması (Mapping of Spatial Distributions of Nutrient Contents)

Araştırma alanındaki toprakların tüm besin element içeriklerine blok kriging interpolasyon yöntemi uygulanarak yersel değişim haritaları oluşturulmuştur (Şekil 2). Topraklardaki K içeriği alanın güneybatı kesiminde düşük düzeyde olup, orta ve kuzey kesimlere doğru artmaktadır. En fazla karşılaşılan K değerleri 10-20 mg kg<sup>-1</sup> arasındadır (Şekil 2a). Ca içerikleri alanın güney ve orta kesimlerinde yeterli, kuzey ve kuzeydoğu kesimlerinde ise fazla düzeydedir. En fazla rastlanan Ca konsantrasyonları 3500-7000 mg kg<sup>-1</sup> arasındadır (Şekil 2b). Toprakların Mg içerikleri alanın orta kesimlerinde yeterli; güney, güneybatı ve kuzeydoğu kesimlerinde ise fazla düzeydedir. En fazla yaygın olan Mg içerikleri 480-1500 mg kg<sup>-1</sup> arasında bulunmaktadır (Şekil 2c).

Çalışma alanının kuzey ve kuzeydoğu kesimlerindeki toprakların P içeriği çok az; güney, güneybatı ve orta kesimlerinde az; güneybatı kesimindeki küçük bir bölümde ise yeterli düzeydedir. En yaygın olarak karşılaşılan P içerikleri 2.5-8.0 mg kg<sup>-1</sup> arasındadır (Şekil 2d).

Toprakların Fe içerikleri alanın orta kesimlerinde yetersiz; güney bölümü ve orta kesimin bir bölümünde yeterli; güneybatı ile kuzeydoğu kesimleri ile orta kısmın bir bölümünde orta düzeydedir (Şekil 2e).

Topraklardaki Cu konsantrasyonu çalışma alanının kuzeydoğusundaki çok küçük bir alanda orta; kuzey kesimindeki çok küçük bir alanda yeterli ve fazla düzeyde; alanın geri kalan büyük bir bölümünde ise çok fazla düzeydedir. En fazla karşılaşılan Cu içerikleri 1.6 mg kg<sup>-1</sup>'den büyüktür (Şekil 2f).

Toprakların Mn içeriği çalışma alanının orta ve kuzeydoğu kesimlerinde çok küçük birkaç alanda yetersiz; orta ve kuzeydoğu kesimlerinin büyük bir bölümünde yeterli; güneybatı ve kuzey kesimleri ile kuzeydoğu kesiminin bir bölümünde ise fazla düzeydedir. En fazla karşılaşılan Mn içerikleri ise 3.5-7.0 mg kg<sup>-1</sup> arasında yer almaktadır (Şekil 2g). Çalışma alanının kuzeydoğu kesimlerindeki toprakların Zn içeriği yetersiz (az); orta ve kuzey kesimler ile güneybatının küçük bir bölümünde orta, güney ve orta kesimlerde yeterli; güneydoğu kısmının bir bölümünde ise yüksek düzeydedir. En yaygın olan Zn konsantrasyonları 0.6-1.2 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir (Şekil 2h). Toprakların Na içerikleri alanın güneybatı kesimlerinde düşük olup, kuzeydoğu kesimlerine doğru artmaktadır. Alanda en fazla karşılaşılan Na içerikleri 100-250 mg kg<sup>-1</sup>'dir (Şekil 2i).



## 5. Sonuçlar (Results)

Arsuz ovası, 21. 01. 2017 tarihli resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren 2016/9620 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile büyük ova koruma alanı olarak ilan edilmiştir. Bu çalışmada, Arsuz ovası topraklarının makro ve mikro besin elementlerinin yeterlilik durumları belirlenmiş ve bu element içeriklerinin çalışma alanındaki dağılım haritaları oluşturulmuştur.

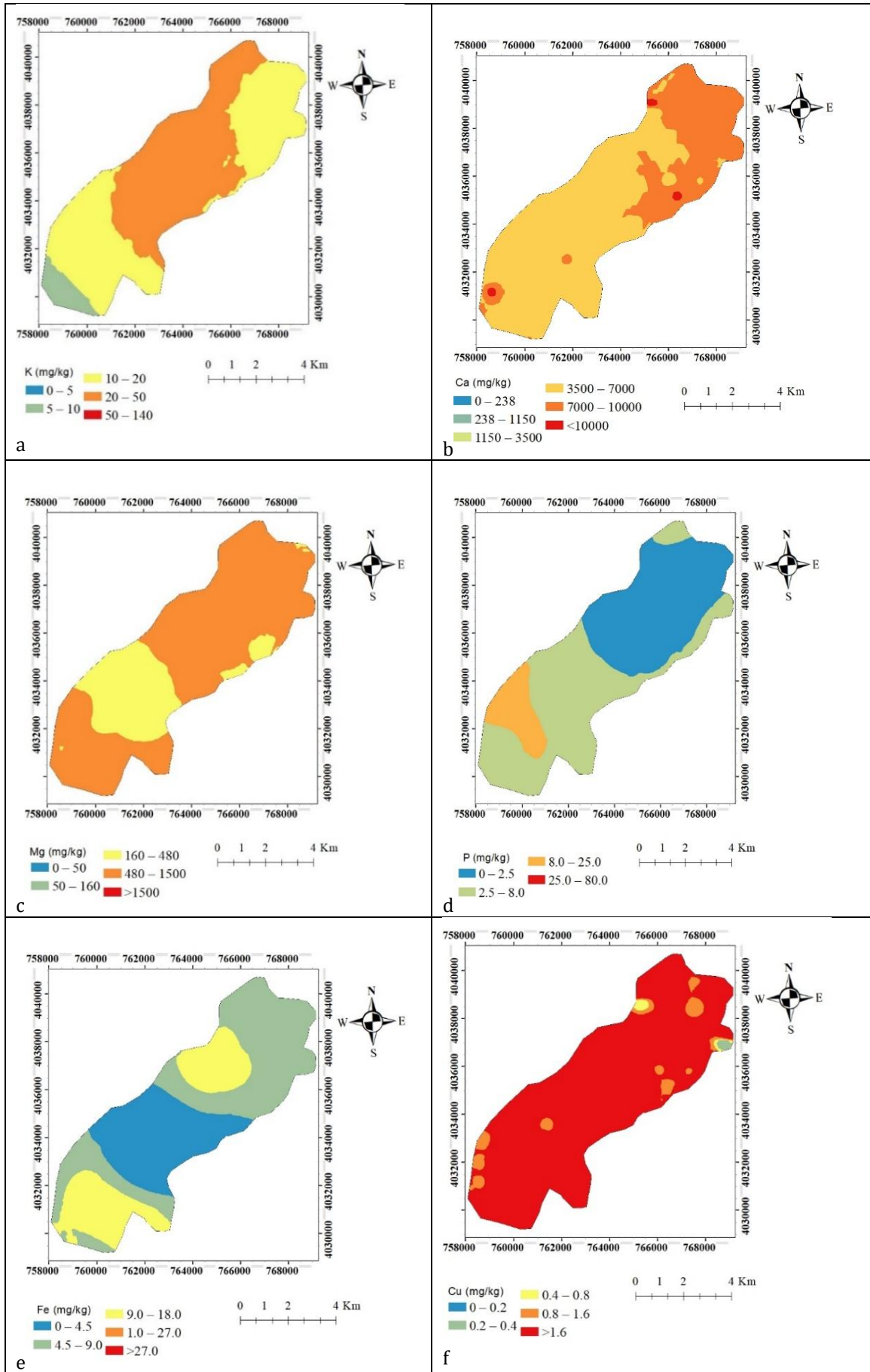
Toprakların tamamına yakın kısmında K içerikleri yetersiz, Ca ve Mg içerikleri ise yeterli ve fazla düzeydedir. Toprakların P içerikleri ise alanın % 80'inde yetersiz düzeydedir. Mikro elementlerden Cu içeriği tüm alanda yeterli, Fe ve Mn içerikleri alanın 2/3'ünde yetersiz, Zn içerikleri işe alanın % 72'lik bir kısmında yeterli düzeydedir.

Topraklarda Ca ve Mg içeriğinin yüksek olması büyük olasılıkla kireç içeriklerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi Ca ve Mg kirecin ana yapı taşlarındandır. Kirecin kaynağı ise yine büyük olasılıkla ovanın çevresinde bulunan ve kireçtaşı içeren tortul kayalardan kaynaklanmıştır. Çalışma alanında herhangi bir Ca ve Mg'lu gübre uygulamaya gerek bulunmamaktadır.

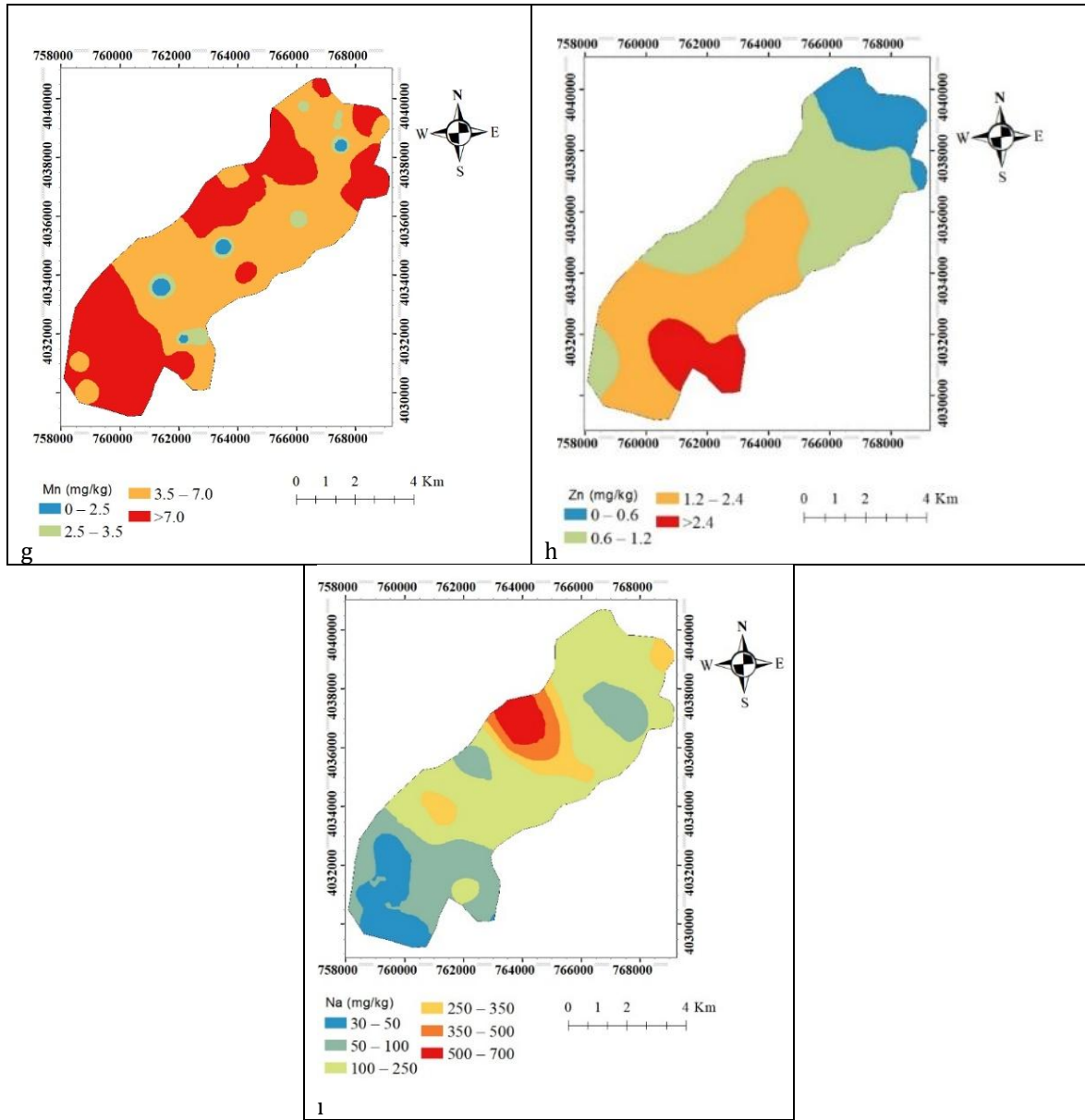
Çalışma alanının hemen hemen tamamına potasyumlu ve fosforlu gübre uygulanması gerekir. Ancak uygulanacak dozlar daha detaylı çalışmalar ile belirlenmelidir. Mikro elementlerden ise Fe ve Mn içeren sıvı gübreler uygulanmalıdır.

Örnekleme noktalarının birbirleri ile ilişkili olabileceği maksimum uzaklığı gösteren  $A_0$  değerleri 510-21100 m gibi geniş sınırlar içinde değişmektedir. Bu değer Ca ve Cu için oldukça düşük iken (510 ve 680 m), P ve Zn için oldukça yüksektir (21100 m). Bundan sonra bölgede yapılacak bu tür çalışmalarda örnekleme aralıkları belirlenirken  $A_0$  değerleri de dikkate alınmalıdır. Örnekleme aralıkları ya en küçük değerlere göre belirlenmeli ya da  $A_0$  değerlerine göre iki veya üç farklı örnekleme aralıkları kullanılmalıdır.

Bu çalışma sonuçları, alanda daha sonra yapılacak olan gübreleme ile ilgili çalışmalar için önemli veriler sunmaktadır. Ayrıca, bu sonuçlar ulusal toprak veri tabanına önemli katkılar sağlayacaktır.



Şekil 2. Besin element içeriklerinin mekânsal dağılım haritaları (Spatial distribution maps of nutrient contents)



Şekil 2. (devamı) Besin element içeriklerinin yersel dağılım haritaları (Spatial distribution maps of nutrient contents)

### Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından maddi olarak desteklenmiştir (Proje No: 19. YL. 04). Yazarlar destekleri nedeniyle BAP koordinatörlüğüne teşekkür ederler.

### Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

### Kaynaklar(References)

- Ağca, N., Coşar, M.S., 2023. Jeostatistik ve Coğrafi Bilgi Sistem (CBS) Teknikleri Kullanılarak Erzin Ovası (Hatay) Topraklarının Bazı Besin Element İçeriklerinin Yersel Değişimlerinin Haritalanması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11(4), 1439-1451.
- Ağca, N., Aşkıner, E. D., 2024. Dörtüyl Ovası Topraklarında Bazı Besin Element İçeriklerinin Yersel Dağılımının Belirlenmesi. *MAS Mesleki Bilimler Dergisi*. 9 (2), 331-346.
- Ajayı, A.A., Okonokhu, B.O., 2024. Spatial Variability of Soil Chemical Properties of an Undulating Site within a University Farm at Okha, near Benin City in Nigeria. *J. Appl. Sci. Environ. Manage*, 28 (7), 2241-2248.

- Anonim, 1982. M. Erendil (1980), M. Erendil (1981), H. Selçuk (1978). O. Tekeli (1981), M. Erendil (1982), 1/100.000 Ölçekli Sayısal Jeoloji Haritası Adana P35 Paftası. Türkiye Jeoloji Veri Tabanı, Jeoloji Etüdüleri Dairesi Başkanlığı, Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2016. Rakamlarla Hatay Tarım Kimliği. Hatay Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü.
- Anonim, 2017. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Arsuz İlçe Müdürlüğü verileri.
- Anonim, 2019. Hatay ili iklim verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=> (Erişim tarihi: 29.01.2019).
- Anonim, 2024. Normallik testleri-Spss-Cengiz Ölmez. <https://cengizolmez.com/normallik-testleri-spss/> (Erişim tarihi: 8 Haziran 2024).
- Bhunia, G.S., Shit, P.K., Rabindranath Chattopadhyay R., 2018. Assessment of Spatial Variability Of Soil Properties Using Geostatistical Approach of Lateritic Soil (West Bengal, India). *Annals of Agrarian Science*, 16, 436–443.
- Budak, M., Günel, H., 2015. Tuzlu-Alkali Topraklarda Bor Konsantrasyonunun Uzaysal Değişkenliğinin Jeostatistiksel Analizi ve Haritalanması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52 (2), 191-200.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Novak, J. M., Turco, R. F., 1994. Fieldscale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 1501– 1511.
- Çelik, P., Dengiz, O., 2018. Akselendi Ovası Tarım Topraklarının Temel Özellikleri ve Bitki Besin Elementi Durumlarının Belirlenmesi ve Dağılım Haritalarının Oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5 (1), 9-18.
- Everest, T., Özcan, H., 2018. Toprak verimliliğinin değerlendirilmesinde pedo-jeolojik yaklaşım. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4), 589-603.
- FAO, 1990. Micronutrient Assessment at the Country Level. An international Study (M. Sillanpää, Editör). FAO Soils Bulletin 63. Published by FAO. 128 p. Roma, Italy.
- Günel, E., Acir, N., Günel, H., 2020. Orta Karadeniz Bölgesinde Tütün Ekim alanlarının Karbon Depolama Potansiyeli ve Bitki Beslenme Durumlarının Mesafeye Bağlı Değişkenliği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 6 (2), 68-81.
- Isaaks, E.H., Srivastava, R.M., 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New York, NY.
- Kalkancı, N., Şimşek, T., Aslan, N., Büyük, G., 2021. Tarım Topraklarının Verimlilik Durumlarının Tematik Düzeyde Haritalanarak Sürdürülebilir Yönetiminin Sağlanması: Osmaniye Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 24 (4), 859-870.
- Karadeniz, U., Özkutlu, F., 2023. Ordu-Kumru Yöresi Fındık Bahçelerinin Toprak Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 12 (Özel Sayı), 185-192.
- Kulaç, S., 2024. Fındık yetiştiriciliği yapılan su altında kalmış bir alanda toprak verimliliğinin jeostatistiksel tekniklerle değerlendirilmesi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Doktora Tezi. Ordu.
- Liu, D., Wang, Z., Zhang, B., Song, K., Li, X., Li, J., Li, F., Duan, H., 2006. Spatial distribution of soil organic carbon and analysis of related factors in croplands of the black soil region, northeast China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113, 73-81.
- Ordu, D., Aşık, B.B., 2021. Mısır Tarımı Yapılan Toprakların Verimlilik Durumu (Yolağzı Bölgesi-Karacabey/ Bursa Örneği). *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1), 145 - 161.
- Özenç, D.B., Yazıcı, Ş., 2022. Trabzon İli Beşikdüzü İlçesinde Farklı Arazi Kullanımı Altındaki Toprakların Özellikleri ve Verimlilik Durumunun Belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 11(2), 341-352.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil Sci Soc Am J.*, 42, 421–428.
- Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soil by Extraction Sodium Bicarbonate. Washington, USDA.
- Özden, N., Uslu, İ., Sökmen, Ö., Metinoğlu, F., 2020. İzmir İli Tarım Topraklarının Verimlilik Durumları ile Mikroelement Kapsamlarının Belirlenerek Haritalanması, *Toprak Su Dergisi*, Özel Sayı, 31- 40.
- Peker, A.E., Dengiz, O., Birol, M., 2024. Bafra Ovası Örnek Mera Alanlarının Bazı Fiziksel Kalite İndeksleri ve Konumsal Dağılımları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 11 (1), 58-70.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Agriculture Handbook. No: 60.
- Sarı, S., Aksakal, E.L., Öztaş, T., 2019. Iğdır Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Deneme Alanı Toprak Özelliklerinin Yersel Değişim Paternlerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(4), 2346-2363.
- Sikarwar, A., Shukla, V., Bhardwaj, S., Prajapati, R., Mishra, R., Sikaniya, Y., Nagwanshi, A., 2023. Spatial Variability of Soil Micronutrient Properties Using Geostatistical Approach and Geographic Information System Technique. *International Journal of Plant & Soil Science*, 5 (22), 908-922.
- Şimşek, T., Kalkancı, N., Kösetürkmen, S., Büyük, G., Aslan, N., 2023. Kilis İlindeki Zeytinlik Alanları İçin Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28 (1), 211-221.
- Taş, R., Demir, Y., 2022. Bingöl Ovası Tarım Topraklarının Verimlilik Düzeyi ile Bazı Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi ve Haritalanması. *D.Ü Ormanlık Dergisi*, 18 (2), 296-315.
- Tercan, A.E. ve Saraç, C. 1998. Maden yataklarının değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler. *Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları no:48. s: 137. Ankara.*
- Töreay, G., Özdemir, İ., Kurt, T., 2010. ArcGIS 10 Desktop Uygulama Dokümanı. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti. 208 S. Ankara.
- TÜİK, 2023. Türkiye Tarım İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim tarihi: 21.06.2023)
- Webster, R., Oliver, M.A., 2007. Geostatistics for environmental scientists. Chichester: John Wiley & Sons.
- Zhou, H.H., Chen, Y.N., Li, W.H., 2010. Soil properties and their spatial pattern in an oasis on the lower reaches of the Tarim River, northwest China. *Agricultural Water Management*, 97(1), 1915-1922.