

Dörtyol Ovası Topraklarında Bazı Besin Element İçeriklerinin Yersel Dağılımının Belirlenmesi

Necat AĞCA^{1*}, Emine Derya AŞKINER²¹Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Hatay² Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Afyonkarahisar*Sorumlu yazar (Corresponding author): necagca@gmail.com**Geliş Tarihi (Received):** 15.02.2024**Kabul Tarihi (Accepted):** 25.03.2024

Özet

Bu çalışmada, Dörtyol ovasında yer alan toprakların bazı besin element içerikleri belirlenerek mekânsal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Alandan, 0-30 cm derinlikten ve toplam 48 noktadan bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Örnekleme sırasında, örnek alınan noktaların coğrafi koordinatları GPS cihazı ile belirlenmiştir. Topraklarda; alınabilir sodyum (Na), potasyum (K), Kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), fosfor (P), demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) analizleri yapılmıştır. Besin elementlerinin mekânsal değişiminin modellenmesinde jeoistatistik yöntemler, haritalanmasında ise coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Topraklarda alınabilir K, P, Ca, Na ve K içerikleri (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 değişmiştir. Toprakların alınabilir Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri (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) m gibi çok geniş sınırlar arasında değişmiştir. Besin elementlerinin çoğunluğu için en uygun yarıvayıyogram modellerinin Üssel (Exponential) ve küresel (Spherical) olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Dörtyol ovası, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), jeoistatistik, makro ve mikro besin elementleri

Determination of Spatial Distribution of Some Nutrient Element Contents in Dörtyol Plain Soils

Abstract

In this research, some nutrient element contents of the soils in the Dörtyol plain were determined and spatial distribution maps of these elements in the study area were created. By using random sampling method, a total of 48 soil samples were taken from 0-30 cm depth from the study area. During sampling, the geographical coordinates of the sampled points were determined with a GPS device. In the soil samples; Available sodium (Na), potassium (K), Calcium (Ca), magnesium (Mg), phosphorus (P), iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn) were analyzed. Geostatistical methods were used to model the spatial distribution and geographic information systems (GIS) were used in mapping of elements. The K, P, Ca, Na, Mg contents (mg kg^{-1}) varied between 12.18 - 1563.1, 2.4 - 133.6, 522.5 - 4363.3, 3.07 - 56.78 and 473.7 - 3278.8, respectively. Among the micronutrients, Fe, Cu, Mn and Zn contents (mg kg^{-1}) varied between 8.8 and 43.5, 0.8 and 9.4, 9.4 and 332.2 and 2.3 and 22.7, respectively. The coefficient of variation (VK) of the soil parameters varied between 37.80 % (Ca) and 120.85 % (K). A_0 values of the soils in the study area varied between very wide limits, such as 710 m (for Fe) and 18600 m (for P). Exponential and Spherical models for the majority of elements were determined as the most suitable semivariogram model.

Keywords: Dörtyol plain, geostatistic, geographic information system, macro and micro nutrient

1. Giriş

Bitkisel üretimin en önemli bileşenlerinden biri topraktır. Topraklar aynı zamanda kendini yenileyemeyen doğal kaynaklardır. Zira 1 cm derinlikte toprak katmanının oluşabilmesi için birkaç yüz yıl gerekebilmektedir.

Bugün dünyada ve Türkiye’de nüfus sürekli olarak artmaktadır. Buna karşın, artan bu nüfusun gıda gereksinimini sağlayacak olan kültür bitkilerinin hemen hemen tek beslenme ve gelişme ortamı olan toprakların miktarını artırma olanağı kalmamıştır. Ayrıca topraklar her geçen gün tarımsal alanlar amaç dışı kullanılmak suretiyle azalmaktadır. Bu nedenle, artan nüfusun gıda gereksinimlerinin karşılayabilmenin tek yolu ise birim alandan alınacak ürün miktarını artırmaktır. Topraklardan en yüksek verimi alabilmenin yolu ise onların verimlilik düzeyinin yükseltilmesidir. Bunun için de diğer uygulamaların yanında, besin element içeriklerinin belirlenmesi ve bu elementlerin derinliğe ve uzaklığa bağlı değişimlerinin saptanması gerekir. Her ne kadar topraksız ortamlarda bitkisel üretim yapılabiliyorsa da, topraklar hala bitkisel üretim için en önemli bitkisel üretim kaynağı topraktır. Topraklar bitkilerin kullandığı makro ve mikro besin elementlerinin birincil ve en önemli kaynağıdır.

Topraklarda bulunan besin elementlerinin içeriğinin ve yersel dağılımının tahmin edilmesi toprak ve gübre yönetimi açısından da önemlidir. Yoğun tarımsal üretim yapılan alanlarda topraklardaki makro ve mikro besin elementleri hızla tükenmektedir. Bu nedenle yoğun bitkisel üretim yapılan alanda verimin artırılması için mutlak surette toprakta bulunan makro ve mikro besin element düzeylerinin bilinmesi ve eksilen alanlarda gübreleme yapılması gerekmektedir.

Bitkisel üretimin artırılması ve tarımsal risklerin azaltılması gibi yararları nedeniyle sahaya özgü yönetim uygulamaları artmaktadır. Bu nedenle, toprakların besin

element içeriklerinin yersel değişkenliğinin detaylı bir şekilde anlaşılması, son yıllarda hayati önem taşımaktadır (Reza ve ark., 2017).

Toprak özellikleri dikey mesafelerde olduğu kadar yatay uzaklıklarda da sık sık değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle toprakların özelliklerinin belirlenmesi için çok sayıda örnek alıp analiz etmek gerekmektedir. Bu da hem büyük zaman hem de para kaybına neden olmaktadır. Bu olumsuz durumu önlemenin yolları ise; bir yandan toprakları en iyi şekilde temsil edebilecek örnekleme yöntemini seçmek, diğer yandan da örnekleme yapılmamış yerlerdeki toprak özelliklerinin içerleklerini tahmin etmek gerekir. Bu amaçla en fazla kullanılan yöntem ise jeostatistiktir (Reza ve ark., 2016).

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

Jeostatistik kullanılarak oluşturulan topraklardaki besin elementlerinin dağılım haritaları, çalışılan alanlardaki besin elementlerinin eksikliği veya fazlalığı yönünden büyük bilgiler sunarlar. Dolaylı olarak besin elementi fazlalığı olan alanlarda yüzey ve yüzey altı sularının kalitelerinin belirlenmesinde de yararlı olmaktadır. (Libutti ve Monteleone, 2017).

Toprak özelliklerinin yersel değişkenliğinin yapısının tahmin edilmesinde yarıvaryogramlar, örnekleme yapılmayan noktaların değerlerinin, örnekleme yapılan noktalardaki değerlerin kullanılması ile tahmin edilmesinde ise farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en fazla kullanılanı krigleme yöntemidir.

Jeostatistiğin toprak biliminde kullanılması her geçen gün artmaktadır. Jeostatistiksel yöntemlerin uygulamalarında çeşitli enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır (Cüre, 2023).

Sürdürülebilir tarım açısından gerekli olan verilerin elde edilmesi, işlenmesi, analiz edilmesi ve haritalanmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'den yararlanılmaktadır. CBS ile anılan bu işlemler daha kısa sürede, daha az iş gücü ve daha düşük maliyete yapılabilmektedir (Aksoy ve Özsoy, 2004).

Jeostatistik ve CBS toprak biliminde uygulanması konusunda Türkiye ve dünyada çok sayıda çalışma yapılmıştır (Reza ve ark., 2017; Banwasi ve ark., 2020; Wang ve ark., 2021; Gangopadhyay ve Reddy, 2022; Akbay ve Günel, 2023; Ağca ve Karakaya, 2023).

Bu çalışmada; Dört Yol Ovası topraklarının makro ve mikro besin element içerikleri saptanmış ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak, bunların alandaki yersel dağılımı modellenmiştir ve dağılım haritaları oluşturulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma alanının coğrafi konumu

Dört Yol ovası 36°48'95" - 36°51'29" kuzey enlemleri ile 36°08'45" - 36°10'47" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Alanın doğusunda Amanos Dağları,

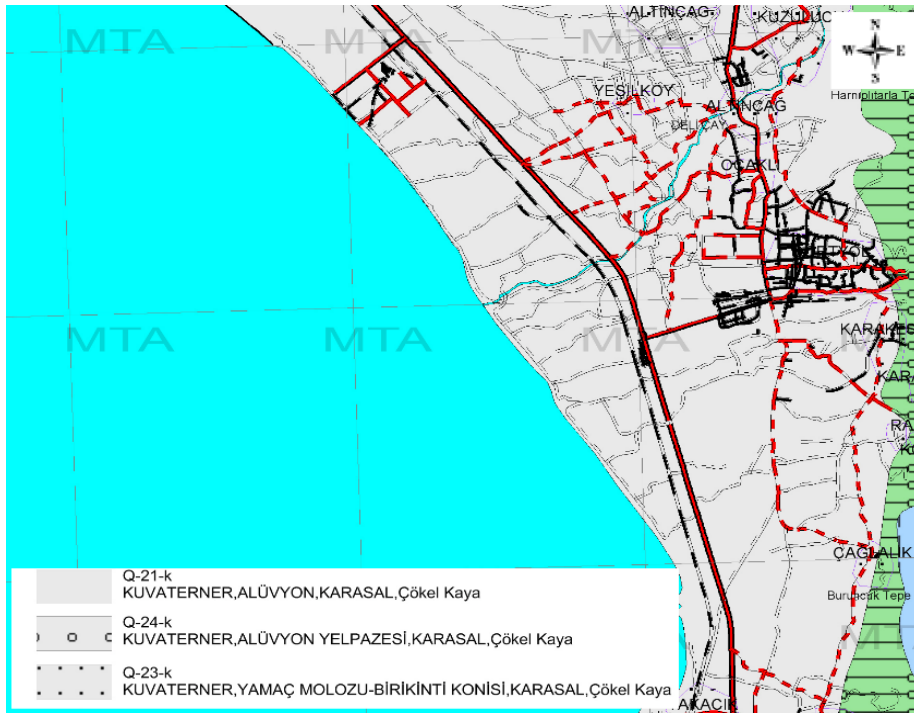
Batısında Akdeniz, Kuzeyinde Erzin ve Güneyinde ise Payas ilçesi bulunmakta olup yaklaşık 4000 hektarlık bir yer kaplamaktadır.

Dört Yol ovasında en fazla yetiştirilen bitki türü turuncgillerdir. Çalışma alanı, Türkiye'de Turuncgil üretimi konusunda en önemli merkezlerinden birisidir. Bunun yanı sıra sulama suyu olanaklarının artması sonucu sebzeçilik, pamuk, yerfıstığı ve susam üretimi de giderek yaygınlaşmaktadır (Doyuran, 1982).

Çalışma alanında Akdeniz iklimi hâkimdir. Alanda genel olarak yıllık ortalama yağış toplamı 1161.5 mm, olup yağış rejimi düzensizdir. Yıllık ortalama sıcaklık ise 18.3°C, ortalama en yüksek sıcaklık Ağustos ayında (32.0°C) olup ortalama en düşük sıcaklık ise Ocak ayında (4.7 °C) belirlenmiştir (Anonim, 2022).

2.1.2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Dört Yol ovasının büyük bir kısmı kuvaterner yaşlı alüvyonlardan oluşmaktadır. Alüvyonlar genellikle akarsu vadileri, düzlükler ve ova tabanlarında yer alan tutturulmamış çakıl, blok, kum, silt. Kil ve mil materyallerinden oluşmuştur (Şekil 1) (Beyazpırınç ve Usta, 2018).



Şekil 1. Çalışma alanının jeolojik haritası

2.2. Yöntem

2.2.1. Toprak örnekleme

Çalışma alanından, alanı temsil edecek şekilde rastgele örnekleme yöntemine göre, 0-30 cm derinlikten 48 farklı noktadan bozulmuş toprak örneği alınmıştır (Şekil 2). Örneklerin alımı sırasında, arazi ve harita gözlemleri ile alanı temsil edecek şekilde, rastgele örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Tüm örneklerin alındığı noktaların GPS cihazı (Magellan marka, explorist 710 model) ile coğrafi koordinatları (UTM sistemine göre) saptanmıştır.

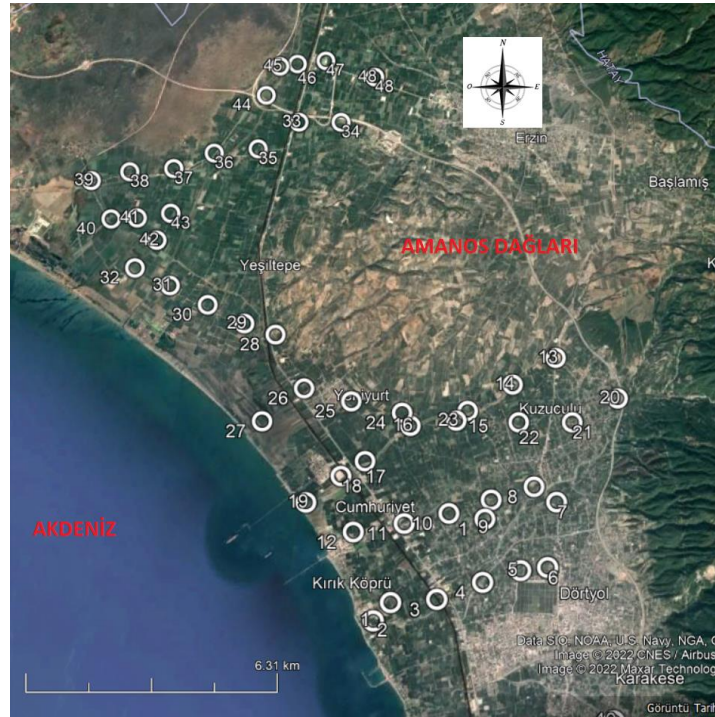
2.2.2. Toprak analizleri

Analizlere hazır hale getirilen toprak örneklerinde; bitkiler tarafından alınabilir Sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) analizleri amonyum asetat ekstraksiyon yöntemi ile (Helmke ve Sparks, 1996; Suarez, 1996) ile belirlenmiştir. Bitkilere yararlı demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko

(Zn) tayinleri DTPA ekstraksiyon (Lindsay ve Norwell, 1978) yöntemi ile alınabilir fosfor içeriği ise sodyum karbonat ekstraksiyon yöntemi ile (Olsen ve ark., 1954) tayin edilmiştir. Ayrıca toprakların besin element içerikleri; bunların kritik sınır değerleri ile kıyaslanarak yeterlilik durumları yorumlanmıştır.

2.2.3. İstatistiksel ve jeoistatistiksel analizler

Bu çalışmada alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarının ortalama, en düşük ve en yüksek değerler, standart sapma gibi tanımlayıcı özellikleri belirlenmiştir. Toprak özelliklerinin normal dağılım gösterip göstermediği, çarpıklık katsayıları ve yapılan normalite testleri yorumlanarak belirlenmiştir (Paz-González ve ark., 2000). İstatistiksel analizlerin yapılmasında Windows uyumlu SPSS 23 istatistik paket programı kullanılmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanının coğrafi konumu ve örnekleme noktaları

Young ve ark. (1999)'a göre; toprak değişkenlerinin normal dağılım göstermesi uygulanacak istatistiksel teknikler açısından büyük önem taşımaktadır. Klasik istatistiksel teknikler (örneğin Anova testi), önem testleri ve güven sınırlarının

hesaplanması; dağılımların normal olduğu varsayımı ile yapılmakta ve sonuçların kabulü bu koşullarda sağlanmaktadır. Dağılım normal olmadığında parametrik olmayan testlerin yapılması tavsiye edilmektedir (Gürel, 2020). Bu nedenle,

normalite analizi uygulanarak toprak değişkenlerinin normal dağılım gösterip göstermediği test edilmiştir (SPSS, 2000). Normalite testine ait sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. Toplam 9 adet besin elementinden hiçbiri normal dağılım göstermemiştir.

Besin element içeriklerinin yersel dağılımının modellenmesinde, GS⁺ (sürüm 10) Jeostatistik paket programı kullanılmıştır (Gamma design, 2008). Elementlerin yersel dağılım haritaları ise

bir coğrafi bilgi sistemleri (CBS) programı olan ArcGis (versiyon: 10.6.1) programı ile çizilmiştir (Töreayen ve ark., 2010). Bu programda ordinary kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Kriging yöntemi yersel olarak birbirleri ile bağımlı olan verilerin tahmin haritalarının oluşturulmasında kullanılabilir en iyi doğrusal ve yansız bir yöntem olarak bilinmektedir (Isaaks ve Srivastava, 1989; Webster ve Oliver, 2001).

Tablo 1. Toprakların besin element içeriklerine ait normalite test sonuçları (n= 48)

Parametre	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	Örnek Sayısı	P	İstatistik	Örnek Sayısı	P+
Na	0.140	48	0.019	0.905	48	0.001
K	0.233	48	0.000	0.512	48	0.000
Ca	0.161	48	0.003	0.911	48	0.002
Mg	0.169	48	0.002	0.913	48	0.002
P	0.218	48	0.000	0.784	48	0.000
Fe	0.087	48	0.200	0.941	48	0.017
Cu	0.242	48	0.000	0.749	48	0.000
Mn	0.164	48	0.002	0.900	48	0.001
Zn	0.118	48	0.094	0.906	48	0.001

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

Bu çalışmada, nugget yarıvaryansın (Co) toplam varyans (Co+C)’a olan yüzde oranı element içeriklerinin yersel bağımlılıklarının değerlendirilmesinde kriter olarak kullanılmıştır. Cambardella ve ark. (1994)’e göre bu oran % 25 veya daha düşük ise elementlerdeki yersel bağımlılık derecesi kuvvetli, % 25-75 arasında ise orta ve % 75’den büyük ise zayıf olarak değerlendirilmektedir.

Element içeriklerinin çalışma alanındaki dağılım düzeyinin (değişkenliğinin) değerlendirilmesinde ise Zhou ve ark. (2010)’un önerdiği kriterler göz önünde tutulmuştur. Buna 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.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toprakların element içerikleri

Toprakların makro ve mikro element

içeriklerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Toprakların Na içerikleri 3.07 ile 56.78 mg kg⁻¹ arasında, ortalama ise 22.35 mg kg⁻¹ olarak tayin edilmiştir (Tablo 2).

Toprakların alınabilir K içerikleri 12.18 ile 1563.1 mgkg⁻¹ arasında değişiklik göstermiş, ortalama değer ise 187.30 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Alınabilir K içerikleri, FAO (1990)’ın mg kg⁻¹ olarak belirtilen sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; K değerlerinin toprakların % 8.33’ünde çok az (< 50), % 41.67’sinde az (50-140), % 43.75’inde yeterli (140-370), % 4.17’sinde fazla (370-1000), %2.08’inde ise çok fazla (>1000) olduğu belirlenmiştir. Erdal ve ark. (2018) tarafından Burdur’da yapılan bir çalışmada da alınabilir K içerikleri konusunda benzer sonuçlar bulunmuştur.

Tablo 2. Araştırma konusu toprakların bazı besin elementi içeriklerinin istatistiksel analiz sonuçları

Parametre	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Mn	Zn
	(mg kg ⁻¹)								
EK	3.07	12.18	522.5	473.7	2.40	8.80	0.80	9.40	2.30
EY	56.78	1563.1	4363.3	3278.8	133.60	43.50	23.90	332.20	22.70
Ort.	22.34	187.30	2321.6	1369.6	30.57	21.53	5.10	130.51	8.47
SS	14.81	226.35	877.5	687.0	28.48	8.44	4.40	75.22	5.13
VK	66.29	120.85	37.80	50.16	93.16	39.20	86.44	57.64	60.57
Çar.	0.87	4.97	0.87	0.77	2.01	0.85	2.33	1.15	1.02
Bas.	-0.23	29.89	0.68	-0.29	4.25	0.55	6.62	1.01	0.48

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

Toprakların Ca içerikleri 522.5 ile 4363.3 mg kg⁻¹ arasında ve ortalama ise 2321.60 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Everest ve ark. (2018)'nin yaptıkları çalışmada ise toprakların kalsiyum içerikleri çok daha yüksek bulunmuştur. Bu durum büyük olasılıkla toprakların kireç içeriklerinin farklılığından kaynaklanmıştır. Bu çalışmada elde edilen Ca içerikleri, FAO (1990)'in mg kg⁻¹ olarak ifade edilen sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; toprakların % 4.16'sında az (238 - 1150), % 83.33'ünde yeterli (1150 - 3500) ve % 12.5'inde ise fazla (3500 - 10000) olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Mg içeriklerinin 473.7 ile 3278.8 mg kg⁻¹ arasında değiştiği ve ortalama ise 1369.62 mg kg⁻¹ olduğu görülmüştür. Topraklarda bitkiye yararlı Mg içerikleri, FAO (1990)'in mg kg⁻¹ olarak belirtilen sınır değerleri ile kıyaslandığında; toprakların % 2.08'inde yeterli (160 - 480), % 62.5'inde fazla (480 - 1500) ve % 35.41'inde çok fazla (>1500) olduğu görülmüştür. Erdal ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada da Mg dağılımı ile ilgili benzer sonuçlar bulunmuştur.

Topraklardaki P içeriklerinin 2.40 ile 133.60 mg kg⁻¹ arasında değiştiği, ortalama değer ise 30.03 mg kg⁻¹ olduğu saptanmıştır. Tüm sonuçlar Olsen ve ark. (1954) tarafından mg kg⁻¹ olarak önerilen sınır değerleri ile kıyaslandığında; P içerikleri toprakların % 2.08'inde çok az (<2.5), % 12.5'inde az (2.5 - 8.0), % 37.5'inde yeterli (8.0 - 25.0), % 39.58'inde fazla (25.0 - 80.0) ve % 8.33'ünde çok fazla (>80.0) olduğu görülmüştür. Erdal ve ark.

(2018) tarafından yapılan bir çalışmada P içeriklerinin toprakların sadece % 3'ünde az olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Fe içeriklerinin 8.8 ile 43.5 mg kg⁻¹ arasında (Tablo 2) değiştiği ve ortalama Fe içeriğinin ise 21.5 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Toprakların Fe içerikleri, Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg⁻¹ olarak belirtilen standart değerlerle karşılaştırıldığında; toprakların % 2.08'inde orta (4.5 - 9.0), % 35.41'inde yeterli (9.0 - 18.0), % 39.58'inde yüksek (18.0 - 27.0) ve % 22.92'sinde çok yüksek (>27.0) düzeyde olduğu saptanmıştır. Özden ve ark. (2020)'nin İzmir'de yapılan çalışmada; toprakların % 90.84'ünde Fe'in yüksek düzeyde olduğu görülmüştür.

Çalışma bölgesinde alınabilir Cu içeriklerinin 0.8 ile 23.9 mg kg⁻¹ arasında olduğu (Tablo 2) görülmektedir. Topraklarının ortalama Cu içeriğinin ise 5.1 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg⁻¹ olarak belirlediği sınır değerlere göre, Cu içeriği toprakların; % 2.08'inde orta (0.2 - 0.4), % 35.42'sinde yeterli (0.4 - 0.8), % 39.58'inde yüksek (0.8 - 1.6) ve % 22.92'inde çok yüksek (>1.6) olduğu saptanmıştır. Everest ve ark. (2018) yaptıkları bir çalışmada da toprakların tamamında Cu içeriklerinin (> 0.2 mg kg⁻¹) yeterli olduğu saptanmıştır.

Toprakların Mn içerikleri 9.4 ile 332.2 mg kg⁻¹ arasında değişmiş olup, tüm alanın ortalama Mn içeriğinin ise 130.50 mg kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg⁻¹ olarak önerdiği sınır değerlere göre alanın tamamında Mn

içeriğinin yüksek düzeyde (>7.0) olduğu belirlenmiştir. Özden ve ark. (2020)'nin yaptığı bir çalışmada, alınabilir Mn içeriğinin $2.20 - 299.60 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği ve toprakların % 96.61'inde Mn'nin yüksek olduğu saptanmıştır.

Toprakların alınabilir Zn içerikleri 2.3 ile 22.7 mg kg^{-1} arasında değiştiği ve ortalama Zn içeriğinin ise 8.5 mg kg^{-1} olduğu belirlenmiştir. Toprakların Zn içerikleri, Lindsay ve Norwell (1978)'in mg kg^{-1} olarak belirlediği sınır değerlerle kıyaslandığında; toprakların % 4.16'sında yeterli (1.2 – 2.4), % 95.84'ünün ise yüksek (>2.4) düzeyde olduğu görülmüştür. Özden ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, toprakların Zn içeriğinin $0.07 - 19.14 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği ve % 44.42'sinde Zn miktarının orta düzeyde olduğu saptanmıştır.

Topraklardaki besin elementleri arasında varyasyon katsayısı (VK) en düşük olanı Ca (% 37.80) olup bunu Fe (%39.20) izlemiştir. En yüksek VK ise potasyum içeriklerinde (% 120.85) belirlenmiştir. Bu durum; çalışma alanında Ca'un en fazla, K'nın ise en az homojen dağılım gösterdiğini belirtmektedir. Bu durum çarpıklık değerleri ile de ilişkilidir. Herhangi bir toprak özelliğinin çarpıklık değerleri ne kadar küçük ise, çalışma alanındaki dağılımın da o kadar homojen olduğu anlaşılmaktadır.

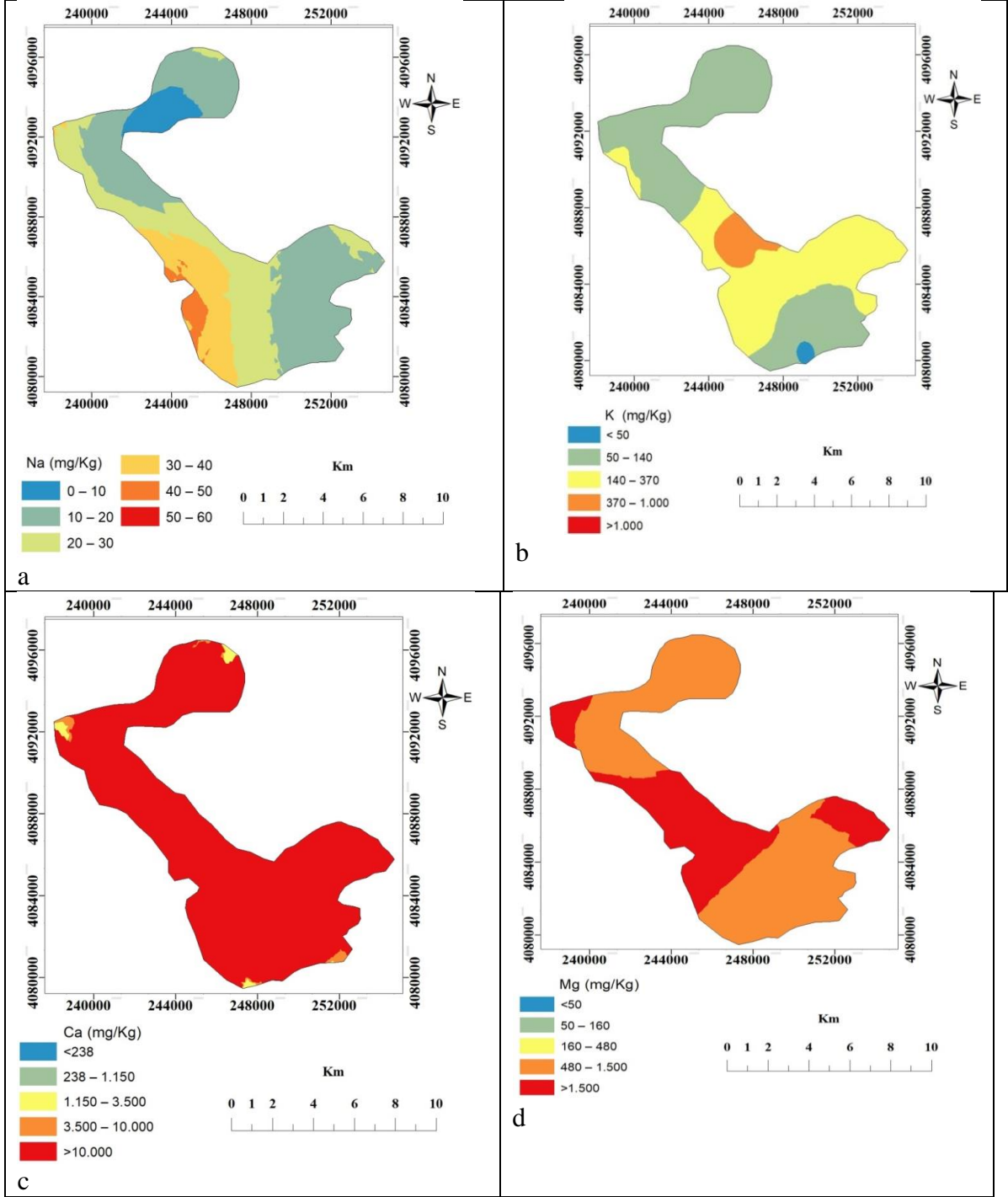
3.2. Toprakların besin element içeriklerinin yersel dağılımının modellenmesi ve haritalanması

Toprakların besin element içerikleri için en uygun yarıvayıogram modellerinin belirlenmesi amacıyla, tamamında aktif ayırma uzaklığı 8466 m alınmıştır. Yine toprakların Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri için en uygun yarıvayıogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde sırasıyla; 548, 564, 568, 577, 572, 564, 550, 573 ve 573 m olarak alınmıştır.

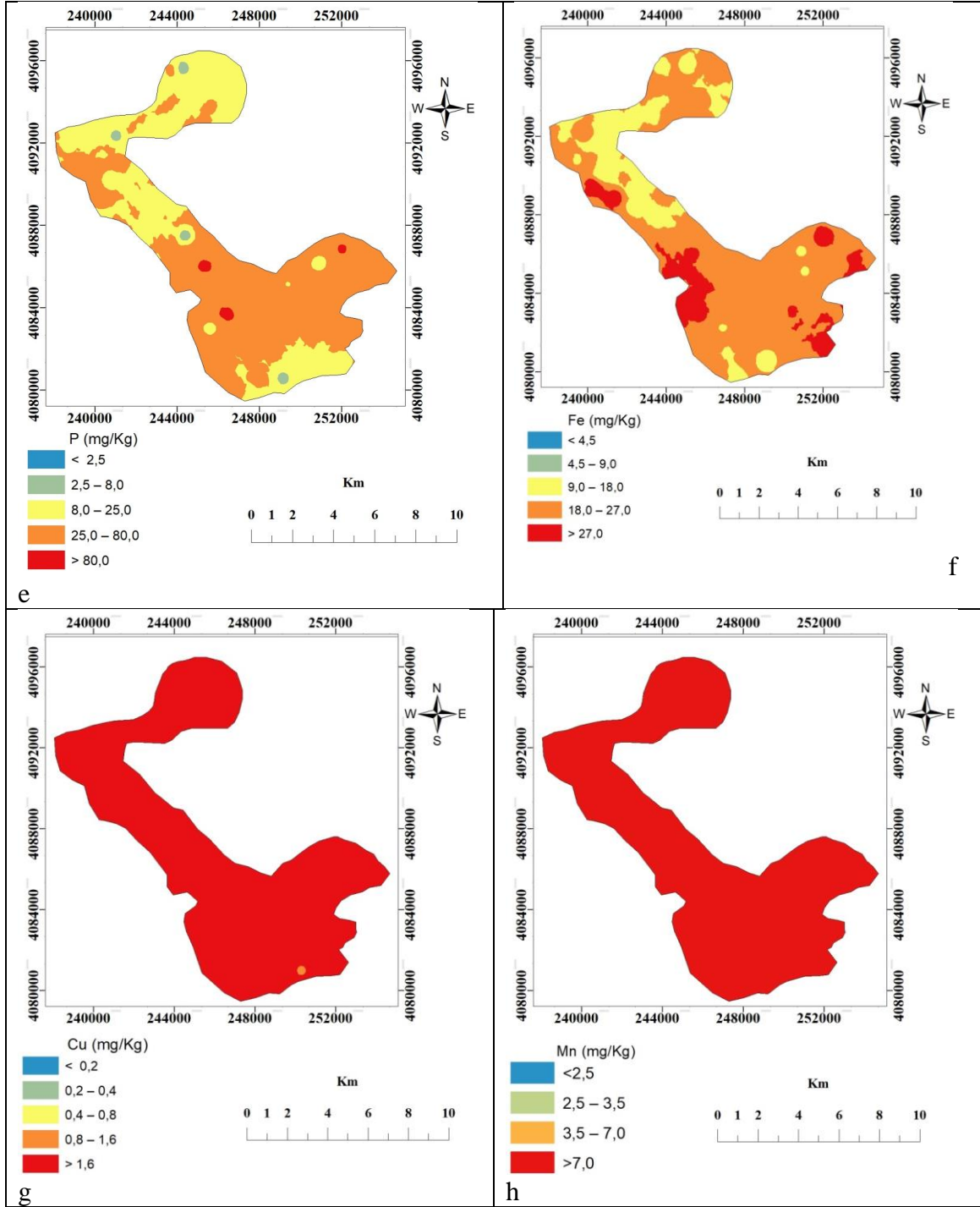
Bütün elementler için en uygun yarıvayıogram modelini oluşturmak amacıyla tüm veriler değerlendirmeye alınmışlardır. Toprakların tüm element içeriklerine ait verilerin çarpıklık değerlerinin yüksek ve oldukça yüksek (0.85 - 4.97) (Tablo 2) bulunmuş ve normalite testlerinde normal dağılım göstermemiştir (Tablo 1). Bu nedenle; önce Ca ve Mn değerlerine karekök, diğer element içeriklerine ait verilere ise logratimik dönüşüm uygulanarak normal dağılıma yaklaştırılmış, daha sonra jeostatistiksel modellemeler uygulanarak verilerin yarıvayıogram parametreleri elde edilmiştir. Toprakların besin element içeriklerine ait yarıvayıogram parametreleri Tablo 3'de, yersel dağılım haritaları ise Şekil 3'de sunulmuştur.

Tablo 3. Toprakların besin element içeriklerine ait yarıvayıogram parametreleri

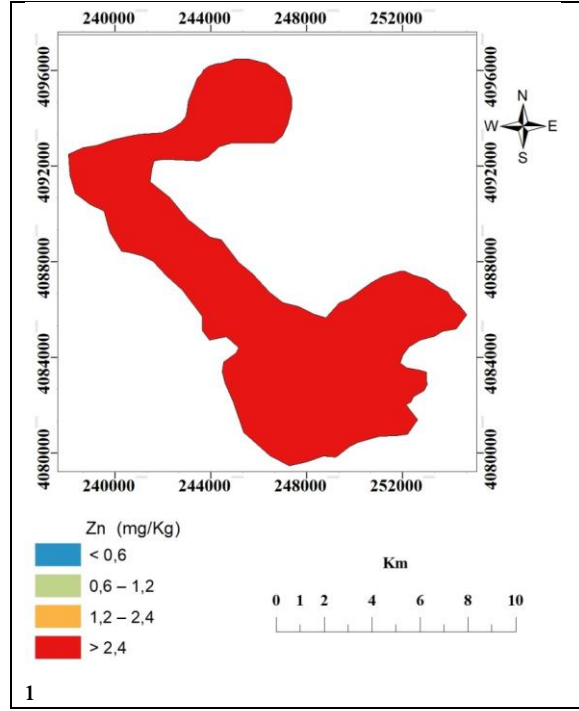
Element	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	$(C_0)/(C_0+C)*100$	r^2
Na	Gaussian	15870	0.334	2.4980	13.37	0.730
K	Küresel	7340	0.180	0.9040	19.91	0.747
Ca	Gaussian	5300	52.00	127.90	40.65	0.770
Mg	Gaussian	7610	0.171	0.4910	34.82	0.712
P	Üssel	18600	3.800	13.609	27.92	0.490
Fe	Gaussian	710	0.0001	0.1562	0.06	0.530
Cu	Doğrusal	7978	0.465	0.4647	100.00	0.600
Mn	Üssel	3100	2.830	10.27	27.55	0.796
Zn	Üssel	573	0.001	0.4170	0.24	0.796



Şekil 3. Toprakların besin element içeriklerinin yersel dağılım haritaları



Şekil 3. (Devamı) Toprakların besin element içeriklerinin yersel dağılım haritaları



Şekil 3. (Devamı) Toprakların besin element içeriklerinin yersel dağılım haritaları

Her bir toprak özelliği ve besin element içeriklerinin yersel dağılımının modellenmesi ve haritalanması aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1. Na içerikleri

Gaussian, Na içerikleri için en uygun yarivariyogram modeli olarak belirlenmiş, A_0 değeri 15870 m olarak hesaplanmış, yersel bağımlılığın ise orta düzeyde olduğu saptanmıştır.

Çalışma alanındaki toprakların Na içerikleri; orta ve güney kesimlerde yüksek, doğu, kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde ise düşüktür. Toprakların Na içeriğinin ağırlıklı olarak % 10 ile % 40 arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 3a). Turan ve ark. (2010) Bursa ilinde yaptıkları araştırmada toprakların değişebilir sodyum içeriklerinin 0.08 - 1.74 mg kg⁻¹ arasında değişmekte ve ortalama değer ise 0.35 mg kg⁻¹ olduğunu belirlemişlerdir. Başaran ve Okant (2005) ise Çankırı Eldivan topraklarında yaptıkları araştırmada Na'un topraklarda yeterli düzeyde olduğunu saptamışlardır.

3.2.2. K içerikleri

Küresel (Spherical) model toprakların K değerleri için en uygun yarivariyogram modeli olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Benzer şekilde, Sharma ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada da alınabilir K için en uygun yarivariyogram modeli Küresel model olarak saptanmıştır. Wang ve ark. (2021)'nin çalışmasında ise K için en uygun yarivariyogram model olarak Exponential model belirlenmiştir.

Toprakların K değerlerine ait A_0 değeri 7430 m olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Toprakların K içerikleri kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. Benzer şekilde; Wang ve ark. (2021) Güney Çin'in kuzeyindeki Guangdong eyaletinde yaptıkları çalışmada ve Bogunovic ve ark. (2021) Hindistan'da yaptığı çalışmada da alınabilir K içeriğinin yersel bağımlılığını kuvvetli bulmuşlardır. Aksine, Reza ve ark. (2012) tarafından, Assam'ın Goalpara bölgesinde yapılan çalışmada ise; toprakların alınabilir K değerlerinin yersel bağımlılık düzeylerinin zayıf olduğu belirlenmiştir.

Topraklarının K içeriklerinin dağılım haritası incelendiğinde; K içeriğinin güney kısmındaki küçük bir alanda çok az, kuzey ve güneyinde az, orta ve doğu kesimlerinde yeterli, orta kesimin bir bölümünde ise fazla miktarda olduğu görülmektedir (Şekil 3b).

Ateş ve Turan, (2015) Bingöl ili Merkez ilçe topraklarının alınabilir K içeriklerinin alanın büyük bir kısmında yüksek bulmuşlardır.

3.2.3. Ca içerikleri

Toprakların Ca içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Benzer şekilde, Sharma ve Sood (2020) da Hindistan'ın Himachal Prades ilçesi Kinnaur bloğunda yaptıkları çalışmada en iyi yarıvaryogram modelini Gaussian olarak bulmuşlardır.

Toprakların Ca konsantrasyonları için A0 değeri 5300 m, yersel bağımlılık düzeyi ise orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Buna karşın, Sharma ve Sood (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise toprakların Ca miktarlarının zayıf düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği saptanmıştır.

Çalışma alanı topraklarının Ca içeriklerinin dağılım haritası incelendiğinde, hemen hemen tamamında Ca miktarının çok fazla olduğu; sadece kuzeydoğu, kuzeybatı ve güneybatı kısımlarındaki küçük alanlarda yeterli, güneydoğu ve kuzeybatı kesimlerindeki birkaç küçük alanda ise fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 3c).

3.2.4. Mg içerikleri

Gaussian model toprakların Mg miktarları için en uygun yarıvaryogram modeli olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Laekemariam ve ark. (2018)'nin Etiyopya'da yaptıkları çalışmalarında ise, Mg için en uygun yarıvaryogram modelinin Exponential olduğu saptanmıştır.

Toprakların Mg veri seti için A0 değeri 7610 m olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Toprakların Mg değerleri orta düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. Sharma ve Sood (2020) ise, yaptıkları çalışmada Mg değerlerinin için yersel bağımlılık düzeyinin zayıf olduğu tespit edilmişlerdir. Alandaki toprakların Mg içeriği incelendiğinde; kuzey ve güneydoğu kesimlerinde fazla, kuzeybatı, doğu, orta ve batı kesimlerinde ise çok fazla düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 3d).

3.2.5. P içerikleri

Üssel (Exponential) model toprak fosforu için en uygun yarıvaryogram model olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Sharma ve ark. (2020), Sharma ve Sood (2020) ve Wang ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmalarda; P için en uygun yarıvaryogram modelinin Küresel olduğunu tespit etmişlerdir.

Toprakların P içerikleri için A0 değeri 18600 m, yersel bağımlılık düzeyi ise orta düzeyde olduğu görülmüştür (Tablo 3). Akbaş (2012) tarafından Tokat Kazova'da yaptığı çalışmasında benzer sonuçlar bulunmuştur.

Çalışma alanındaki toprakların alınabilir P içerikleri bakımından dağınık vaziyette olduğu saptanmıştır. Çalışma alanındaki toprakların P içerikleri küçük birkaç noktada az, kuzeydoğu ve güneydoğu kesimlerinde yeterli, kuzeybatı, güneydoğunun bazı kesimlerinde ve ortalara doğru yeterli ve haritada dağınık olan birkaç noktada ise çok fazla düzeydedir (Şekil 3e).

3.2.6. Fe içerikleri

Toprakların Fe içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Laekemariam ve ark. (2018) tarafından Etiyopya'da yapılan bir çalışmada topraklardaki Fe içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Üssel olarak belirlenmiştir.

Toprakların Fe değerleri için A0 değeri 710 m olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki toprakların Fe değerleri kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir (Tablo 3). Laekemariam ve ark. (2018) ise, Etiyopya'daki çalışmalarında Fe değerlerinin kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlemişlerdir.

Araştırma alanının içerisindeki toprakların alınabilir Fe dağılımı incelendiğinde; dağılım dağınık olmakla birlikte, kuzeybatı ve güney kesimlerinde yeterli; güneydoğu orta, kuzeydoğu ve kuzey batı kesimlerinde yüksek; güneydoğuda bölümünde ise çok yüksek düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 3f).

3.2.7. Cu içerikleri

Toprakların Cu içerikleri için en uygun yarivariyogram modeli Doğrusal (Linear) olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Laekemariam ve ark. (2018) ise, araştırmalarında Cu için en uygun yarivariyogram modelini Küresel olarak saptamışlardır.

Toprakların Cu değerleri için A0 değeri 7978 m olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Toprakların Cu değerlerinin zayıf düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Sharma ve ark. (2020), Hindistan'ın Maharashtra, Yavatma ilçesinin Kelapur Bloğunda yapılan çalışmada Cu içeriklerinin orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir. Laekemariam ve ark. (2018) ise, çalışmasında Cu için kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık belirlemişlerdir.

Araştırma alanındaki toprakların Cu içeriğinin dağılımı incelendiğinde, hemen hemen tamamının çok yüksek, sadece güneydoğu kısmında küçük bir alanda ise yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 3g). Çetin ve Eraslan (2015), Dinar'da yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

3.2.8. Mn içerikleri

Toprakların Mn değerleri için en uygun yarivariyogram modeli Üssel olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Sharma ve ark. (2020) da yaptıkları bir çalışmada, alınabilir Mn için en uygun yarivariyogram modelini Üssel olarak bulmuşlardır.

Toprakların Mn konsantrasyonları için A₀ değeri 3100 m, yersel bağımlılık düzeyi ise orta olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, Hani ve ark. (2014) Ahwaz topraklarında ve Foroughifar ve ark. (2013) İran Tebriz'deki topraklarda da Mn içeriği için orta düzeyde yersel bağımlılık tespit etmişlerdir.

Araştırma alanındaki toprakların Mn içeriklerinin dağılımı incelendiğinde, tüm alanın yüksek düzeyde Mn içerdiği görülmektedir (Şekil 3h). Taşova ve Akın (2019) ise İç Anadolu Bölgesinde yaptıkları çalışmada; topraklarının büyük kısmında yarayıklı mangan içeriklerinin az ve çok az

olduğunu tespit etmişlerdir.

3.2.9. Zn içerikleri

Toprakların Zn içerikleri için en uygun yarivariyogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Laekemariam ve ark. (2018) çalışmalarında Zn için en uygun yarivariyogram modelini Üssel, Reza ve ark. (2017) ise Spherical olarak belirlemişlerdir.

Toprakların Zn içerikleri için A0 değeri 1810 m, yersel bağımlılık düzeyi ise kuvvetli olarak belirlenmiştir. Laekemariam ve ark. (2018) Zn içeriklerini kuvvetli, Reza ve ark. (2017) ise Hindistan'da yaptıkları araştırmada orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği saptamışlardır.

Çalışma alanındaki topraklarının tamamının yüksek düzeyde Zn içerdiği belirlenmiştir (Şekil 3i). Özden ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada; toprakların yaklaşık yarısında Zn'nin orta düzeyde olduğunu saptamışlardır. Bellitürk (2011) tarafından Uzunköprü (Edirne) ilçesinde yapılan bir çalışmada, asit karakterli topraklarının Zn içerikleri ortalama 1.01 ppm olduğunu tespit etmiş olup, Zn'nun yetersiz düzeylerde olduğunu ortaya çıkarmıştır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada; Dört Yol Ovası topraklarının bazı besin element içerikleri belirlenerek bunların alandaki yersel dağılım modelleri yapılmış ve dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Besin elementlerinin varyasyon katsayılarına göre; K hariç diğer elementlerin dağılımı orta düzeyde homojen olduğu; K'nın ise oldukça heterojen dağıldığını göstermektedir. Bu durum büyük olasılıkla çalışma alanındaki ana materyalin alüviyal kökenli olmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi, alüviyal ana materyaller üzerinde gelişen topraklarda değişkenlik oldukça fazladır. Zira bu materyaller çalışma alanına sularla çok farklı yerlerden taşınarak getirilmişlerdir.

Çalışma alanının kuzey, batı ve güney bölümlerinde yetersiz düzeydedir. Bu

alanlarda K'lı gübre uygulanması gerekir. Çalışma alanının çok az bir kısmında P yetersiz düzeydedir. Diğer kısımlarda yeterli ve bazı yerlerde yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Bu durum, yoğun olarak Turunçgil üretimi yapılan alanda, fazla miktarda fosforlu gübre uygulandığını göstermektedir. Toprakların tamamına yakın kısmında Ca, Mg, Fe, Cu, Mn ve Zn elementleri yeterli düzeydedir. Dolayısıyla bu elementleri içeren gübre uygulamasına gerek duyulmayabilir. Ancak, bu durumun daha detaylı çalışmalarla doğrulanması gerekir.

jeostatistikte A_0 (range) değeri; herhangi bir değişken için uzaysal bağımlılığın devam ettiği maksimum mesafeyi belirtmektedir. Diğer bir deyişle, herhangi bir parametre için A_0 değerinden sonraki uzaklıklarda noktalar arasında herhangi bir yersel (uzaysal) bağımlılık bulunmamaktadır. Dolayısıyla A_0 değeri aynı zamanda örnekleme uzaklığını da belirlemektedir. Çalışma alanındaki toprakların A_0 değerleri 710 m (Fe için) ile 18600 m (P için) m gibi çok geniş sınırlar arasında değişmektedir. Bu alanda bundan sonra yapılacak benzer konulardaki çalışmalarda, parametrelerin A_0 değerleri dikkate alınarak, bu parametrelerin A_0 değerleri gruplandırılmalı ve iki veya üç farklı örnekleme uzaklığı belirlenmelidir.

Bu çalışma sonuçları, alanda daha sonra yapılacak olan gübreleme ile ilgili çalışmalar için önemli veriler sunmaktadır. Ayrıca, bu çalışma sonuçları Türkiye Toprak Veri tabanı çalışmalarına da önemli katkılar sağlayacaktır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Finansman

Bu çalışma Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi (HMKU) Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje No: 20.YL.038). Yazalar maddi destekleri nedeniyle HMKU BAP koordinatörlüğüne teşekkür ederler.

Açıklama

Bu çalışma, Emine Derya AŞKİNER'in Yüksek Lisans tezinden hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Ağca, N., Karakaya, Y., 2023. Sarıseki-Dörtüol Bölgesinde yer alan toprakların bazı besin element içeriklerinin yersel dağılımının jeostatistiksel yöntemlerle modellenmesi ve haritalanması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(1): 26 – 37.
- Akbaş, F., 2012. Tokat topraklarının yarayışlı fosfor düzeyinin jeostatistik tahmin ve simülasyon metotlarıyla modellenmesi ve haritalanması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18: 63-76.
- Akbaş, O., Günel, H., 2023. Ergani ovasında bazı toprak özelliklerinin mekânsal dağılımlarının belirlenmesinde lokal polinomal interpolasyon ve deneysel bayesyen kriging yöntemlerinin karşılaştırılması, *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 8(4): 654–668.
- Aksoy, E., Özsoy, G., 2004. Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Uludağ Üniversitesi yerleşkesi arazilerinde arazi kullanım haritalaması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1): 57-68.
- Anonim, 2022. Hatay ili iklim verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=HATAY> (Erişim tarihi: 17.08.2022).
- Banwasi, R., S.K., Singh, S.K., Kumar, N., Sahu, K.K., 2020. Assessing the accuracy of geostatistical techniques for mapping soil macronutrients on basaltic landscape of central India. *International Journal of Chemical Studies*, 8(1): 1014-101.

- Başaran, M., Okant, M., 2005. Bazı toprak özelliklerinin Eldivan yöresinde yetiştirilen kirazların beslenme durumu üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(2): 115-119.
- Bellitürk, K., 2011. Edirne ili Uzunköprü ilçesi tarım topraklarının beslenme durumlarının belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(3): 8-15.
- Beyazpirinç, M., Ustu, D., 2018. Türkiye Jeoloji haritaları serisi. Antakya-O36 paftası. No: 267. Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdüleri Dairesi. Ankara, 29 S.
- Bogunovic, I., Filipovic, L., Filipovic, V., Pereira, P., 2021. Spatial mapping of soil chemical properties using multivariate geostatistics. A study from cropland in eastern Croatia. *Journal of Central European Agriculture*, 22(1): 201-210.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Novak, J.M., Turco, R. F., Konopka, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America*, 58: 1501-1511.
- Cüre, B., 2023. Mustafakemalpaşa ovası (Bursa) toprakları bor içeriğinin CBS içinde konumsal analizi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Çetin, E., 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.
- Doyuran, V., 1982. Erzin ve Dörttyol ovalarının jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 25: 151 – 160.
- Erdal, İ., Doğan, A., 2018. Burdur ili tahıl yetiştirilen toprakların verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6 (1): 39-45.
- Everest, T., 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 (Ed: M. Sillanpaa). FAO Soils Bulletin 63. Published by FAO. 128 p. Roma, Italy.
- Foroughifar, H., Jafarzadeh, A.A., Torabı, H., Pakpour, A., Miransar, M., 2013. Using geostatistics and geographic information system techniques to characterize spatial variability of soil properties, including micronutrient. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44:1273–1281.
- Gamma Design, 2008. Geostatistics for the Environmental Sciences. Plainwell, Michigan USA.
- Gangopadhyay, S.K., Reddy, G.P.O., 2022. Spatial variability of soil nutrients under the rice-fallow system of eastern India using geostatistics and geographic information system. *Journal of Soil and Water Conservation*, 21(1): 55-66.
- Gürel, F., 2020. Uludağ göknarı ve uludağ göknarı-sarıçam meşcerelerinde bazı toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliği. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Hani, A., Sinaei, N., Gholami, A., 2014. Spatial variability of heavy metals in the soils of Ahwaz using geostatistical Methods. *International Journal of Environmental Science and Development*, 5(3): 294-298.
- Helmke, P.A., Sparks, D.L., 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. (D.L. Sparks, Editor). Methods of Soil Analysis, part:3, Chemical methods. Number 5 in the Soil Science Society of America Book Series. 551-574. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin, USA.
- Isaaks, H.E., Srivastava, R.M., 1989. Applied geostatistics. Oxford University press, Inc. 561p.

- Laekemariam, F., Kibret, K., Mamo, T., Shiferaw, H., 2018. Accounting spatial variability of soil properties and mapping fertilizer types using geostatistics in Southern Ethiopia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49 (1): 124-137.
- Libutti, A., Montelone, M., 2017. Soil vs. groundwater: The quality dilemma. Managing nitrogenleaching and salinity control under irrigated agriculture in Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, 186: 40–50.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America*, 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. 19 p. Washington, USDA.
- Özden, N., Uslu, İ., Sökmen, Ö., Metinoğlu, F., 2020. İzmir ili tarım topraklarının verimlilik durumları ile mikroelement kapsamlarının belirlenerek haritalanması. *Toprak Su Dergisi*, Özel Sayı: 31- 40.
- Paz-González, A., Vieira, S.R., Castro, M.T.T., 2000. The effect of cultivation on the spatial variability of selected properties of an umbric horizon. *Geoderma*, 97: 273-292.
- Reza, S.K., Baruah, U., Sarkar, D., 2012. Spatial variability of soil properties in brahmaputra plains of North-eastern India: A Geostatistical Approach. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 60(2): 108-115.
- Reza, S.K., Nayaka, D.C., Chattopadhyaya, T.S., Mukhopadhyaya, S., Singh, S.K., Srinivasan, R., 2016. Spatial distribution of soil physical properties of alluvial soils: a geostatistical approach. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(7): 972-981.
- Reza, S.K., Nayaka, D.C., Mukhopadhyaya, S., Chattopadhyaya, T., Singh, S.K., 2017. Characterizing spatial variability of soil properties in alluvial soils of India using geostatistics and geographical information system. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(11): 1489–1498.
- SPSS, 2000. SPSS for windows. Student Version. Release 10.0.9 Spss Inc IL U.S.A
- Sharma, R., Sood, K., 2020. Characterization of Spatial Variability of Soil Parameters in Apple Orchards of Himalayan Region Using Geostatistical Analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 1744637. (Published online: 24 Mar 2020).
- Suarez, D.L., 1996. Beryllium, magnesium, calcium, strontium, and barium. (Ed: D.L. Sparks). *Methods of Soil Analysis*, part:3, Chemical methods. Number 5 in the Soil Science Society of America Book Series. 575-602. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin, USA.
- Taşova, H., Akın, A., 2019. İç Anadolu Bölgesi topraklarının bazı verimlilik parametrelerinin belirlenerek haritalanması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32 (Özel Sayı):1-6.
- Töreayen, G., Özdemir, İ., Kurt, T., 2010. ArcGIS 10 desktop uygulama dokümanı. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti. 208 s. Ankara.
- Turan, M.A., Katkat, A.V., Özsoy, G., Taban, S., 2010. Bursa İli alüvyial tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24 (1): 115-130.
- Wang R., Zou, R., Liu, J., Liu, L., Hu, Y., 2021. Spatial distribution of soil nutrients in farmland in a Hilly Region of the Pearl River Delta in China based on geostatistics and the inverse distance weighting method. *Agriculture*, 11:50.
- Webster, R., Oliver, M.A., 2007. *Geostatistics for environmental scientists*. Chichester: John Wiley & Sons.

Young, F.J., Hammer, R.D., Larsen, D. 1999. Frequency distribution of soil properties on a loess-mantled missouri watershed. *Soil Science Society of America*, (63):1640-1646.

Zhou, H.H., Chen, Y.N., Li, W.H., 2010. Soil properties and their spatial patterninan oasis on the tarim river, northwest China. *Agricultural Water Management*, 97(11):1915-1922.

Atıf Şekli: Ağca, N., Aşkner, E.D., 2024. Dörtıyol Ovası Topraklarında Bazı Besin Element İçeriklerinin Yersel Dağılımının Belirlenmesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 331–346.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11671592>.

To Cite: Ağca, N., Aşkner, E.D., 2024. Determination of Spatial Distribution of Some Nutrient Element Contents in Dörtıyol Plain Soils. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 331–346.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11671592>.
