

Mustafa SAĞLAM<sup>1</sup>  
Orhan DENGİZ<sup>1</sup>  
Mehmet Arif ÖZYAZICI<sup>2</sup>  
Aylin ERKOÇAK<sup>3</sup>  
Ferhat TÜRKMEN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,  
Samsun/Türkiye

e-posta: mustafa.saglam@omu.edu.tr

<sup>2</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri  
Bölümü, Siirt/Türkiye

<sup>3</sup> Karadeniz Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü  
Müdürlüğü, Samsun/Türkiye

<sup>4</sup> Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi  
ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu/Türkiye

## Faktör Analizi ile Minimum Veri Setinin Oluşturulması ve Haritalanması: Samsun İli Örneği

Creating and Mapping of Minimum Data Base Using Factor  
Analysis: A Case Study; Samsun Province

Alınış (Received): 08.10.2013

Kabul tarihi (Accepted): 15.01.2014

### Anahtar Sözcükler:

Samsun ili, Fiziko-kimyasal özellikler,  
minimum veri seti, faktör analizi,  
jeostatistik

### Key Words:

Samsun province, physico-chemical  
properties, the minimum data set, factor  
analysis, geostatistics

### ÖZET

**B**u çalışmanın temel amacı, Samsun ili toprakları için faktör analizini kullanarak minimum veri setinin oluşturulması ve haritalandırılmasıdır. Samsun il sınırları içerisinde 889 noktadan toprak örnekleri alınmış ve onlara ait 17 adet fiziko-kimyasal özellik değerlendirilmiştir. Bu çalışmada değişkenler için en düşük faktör yükü 0.5 olarak alınmıştır. Faktör analizinin başarısını artırmak için oransal etken varyansı düşük bulunan elektriksel iletkenlik, kireç, ekstrakte edilebilir kalsiyum ve hiçbir faktöre değişken olarak atanmayan ekstrakte edilebilir bakır faktör analizine dahil edilmemiştir. Faktör analizi sonucunda 5 adet değişken seçilmiş ve bu değişkenler mikro element yayılgılığı, tekstür, sedimantasyon, organik madde, alkalilik riski isimleriyle tanımlanmıştır. Seçilen 5 faktör fiziko-kimyasal özelliklere ait toplam değişkenliğin % 72.36'sını açıklarken, mikro element yayılgılığı faktörü % 20.07'lik oran ile toprak özelliklerine ait değişkenliği en yüksek oranda açıklayabilen faktör olmuştur. Faktörlere ait krigleme yöntemi ile hazırlanan konumsal dağılım haritalarının ise, Samsun ilindeki topraklar için faktörlerin güçlü ve zayıf olduğu yerleri başarı ile ortaya koyduğu görülmüştür.

### ABSTRACT

**T**he main objective of this study is to create minimum data base and mapping using factor analysis. 889 soil samples were collected from Samsun province and 17 physico-chemical properties of them were evaluated. In this study, 0.5 was obtained as the lowest factor value for variables. To increase success of factor analysis, electrical conductivity, lime content, extractable calcium and extractable copper that was not assigned to any factor as variable were not incorporated in factor analysis. After factor analysis, 5 variables were selected and these variables were called as availability of micro nutrients, texture, sedimentation, organic matter and risk of alkalinity were called. Whereas selected 5 factors explain about 72.36% of total variables belonging to physico-chemical properties, availability of micro element factor explain about 20.07% that was found the highest ratio in variables of soil properties. Spatial distribution maps was prepared using kriging methods for factors. It was seen that these maps showed about strong and weak zones of factors for Samsun' soils.

## GİRİŞ

Karadeniz sahil şeridinin orta bölümünde Yeşilirmak ve Kızılırmak nehirlerinin Karadeniz'e döküldükleri deltalar arasında yer alan Samsun ili 9 579 km<sup>2</sup>'lik bir yüz ölçümüne sahiptir. Coğrafi konum olarak 40° 50' - 41° 51' kuzey enlemleri, 37° 08' ve 34° 25' doğu boylamları arasında yer alan Samsun ili sınırları içerisinde, Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin delta alanlarında oluşmuş olan, yurdumuzun tarımsal potansiyeli en yüksek ovalarından Bafra ve Çarşamba delta ovaları yer almaktadır. (Candemir ve Özdemir, 2010; Anonim, 2005). Su ve toprak potansiyeli olarak Türkiye geneline göre oldukça zengin sayılabilecek bir yöreyi temsil eden bölgedeki tarım arazileri miktarı 432 718 ha olup, çayır-mera alanları 16 683 ha, orman-fundalık alanlar 385 654 ha, diğer arazi+su yüzeyleri+ yerleşim alanları gibi kullanımları içeren tarım dışı arazi miktarı ise 116 145 ha'dır (Anonim, 2011). Samsun ilinin potansiyel tarım alanlarının dağılım durumu incelendiğinde, ilin çok az bir kısmına karşılık gelen % 14.7'lik bir alan (141 112.8 ha) yüksek tarımsal potansiyele sahip olduğu alanın % 72.4'lük çok büyük kısmının (695 236.5 ha) ise tarım potansiyeli düşük alanları oluşturduğu düşünülmektedir. Orta seviyede tarımsal potansiyele sahip alanlar ise % 11.5'lik kısmı (110 658.4 ha) oluşturmaktadır (Dengiz ve Sarıoğlu, 2011). Bu verilerden de anlaşılacağı üzere ilin toplam alan içerisinde yüksek tarımsal potansiyele sahip alanlarının miktarı oldukça az olmakla birlikte, bu alanların büyük çoğunluğu Bafra delta ovasında yer alan Bafra, Alaçam ve Ondokuz Mayıs ilçeleri ile Çarşamba delta ovasında yer alan Çarşamba, Tekkeköy ve Terme ilçelerinde dağılım göstermektedir. Ayrıca Vezirköprü, Havza ve Ladik ilçelerinde de yüksek tarım potansiyeline sahip alanlar çok düşük oranlarda dağılım göstermektedir. Yukarıda bahsedildiği gibi Samsun il sınırları içerisinde yüksek tarım potansiyeline sahip alanların oranının düşük olması, ildeki mevcut tarım arazilerinin daha akılcı ve sürdürülebilir kullanımlarının sağlanabilmesini gerekli kılmaktadır. Bu akılcı ve sürdürülebilir kullanımda ancak il sınırları içerisinde toprak özelliklerine ilişkin detaylı bilgilerin ortaya konulması sonrasında, bu alanlara yönelik tarımsal yönetim planlamalarının geliştirilmesi ile gerçekleştirilebilir.

Toprak yönetimi son yıllarda arazi degradasyon ve rehabilitasyon çalışmalarının değerlendirilmesinde veya sürdürülebilir arazi kullanımı için ortaya konulacak yönetim uygulamalarının belirlenmesinde, önemli bir konu haline gelmiştir. Tarımsal ekosistem-

lerde, tarım arazilerinin özellikle sürdürülebilirlik kavramı dikkate alınmadan kullanılmaları sonucunda arazi degradasyonları meydana gelmekte ve sonrasında süreçlerde de toprakların su veya rüzgar erozyonu ile taşınmasıyla hem tarımsal üretim hem de doğal çevre önemli zararlar görebilmektedir. Çoğunlukla yoğun şekilde tarım yapılan alanlarda karşılaşılan arazi degradasyonunun en önemli nedeni, toprak özelliklerinin toprak oluşum faktörlerinin yanısıra yönetim uygulamalarına ve arazi kullanımlarına bağlı olarak zamansal ve konumsal yönde önemli değişkenlikler göstermesidir. Tarımsal üretim alanlarında hem toprak özelliklerine hem de yönetim uygulamalarının etkilerine ait bilgilerin bilinmesi arazi degradasyonlarının azaltılmasına ve toprakların uzun süreli sürdürülebilir kullanımlarına önemli katkılar sunmaktadır. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri, toprakta gerçekleşen ayrışma, erozyon, yüzey akış ve yeraltı suyunun depolanması gibi fiziksel ve kimyasal süreçlerden sorumlu iken (Daniels and Hammer, 1992); bazı yönetim uygulamaları da toprakların su içeriği, elektriksel iletkenlik, sıkışma ve organik madde miktarı gibi bazı dinamik toprak özelliklerinde önemli değişkenlikler yaratabilmektedir (Jabro et al., 2006).

Bununla birlikte tarımsal uygulamalar sırasında toprak özellikleri ile ilgili yaşanan sorunlara çözüm bulunabilmesi, ilgili özelliğin jeolojik değişimlerinin yanı sıra yönetim uygulamalarına bağlı zamansal ve konumsal değişimlerinin ortaya konulmasıyla mümkün olabilmektedir. Ancak bu süreçlerin toprak özellikleri üzerine olan etkilerinin hem doğrusal olmaması hem de ölçek bazında farklılıklar göstermesi nedeniyle bu ilişkilerin klasik yöntemlerle değerlendirilmesinde bazı zorluklar ortaya çıkabilmektedir. Böyle durumlarda, çok değişkenli konumsal yapıların açıklanması veya analiz edilmesi daha doğru bir yol olabilmektedir.

Samsun ili ve ilçelerini kapsayan bu çalışmada, topraklara ait bazı fiziko-kimyasal özellikler, faktör ve jeostatistiksel analiz yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Çalışmada faktör analizi, veri setindeki birbiriyle ilişkili çok sayıdaki değişkenden daha az sayıda ve birbiriyle ilişkisi olmayan yeni değişkenler elde edilmesi amacıyla kullanılırken, jeostatistiksel analiz yöntemi, faktör analizi sonrasında ortaya çıkan yeni değişkenlerin alansal dağılımlarının haritalanmasında kullanılmıştır. Çalışma sonunda Samsun ili ve ilçelerinde yer alan topraklara ait minimum veri seti oluşturularak, il sınırları içerisindeki toprakların sürdürülebilir kullanımlarının desteklenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Çalışma Alanının Tanımlanması

Samsun ili Karadeniz sahil şeridinde Yesilırmak ve Kızılırmak nehirlerinin Karadeniz'e döküldükleri delta-

lar arasında yer almaktadır (Şekil 1). Coğrafi konum olarak 40° 50'- 41° 51' kuzey enlemi ile 37° 08' ve 34° 25' doğu boylamlar arasında bulunan Samsun ili, 9 579 km<sup>2</sup> lik yüz ölçümüne sahiptir.



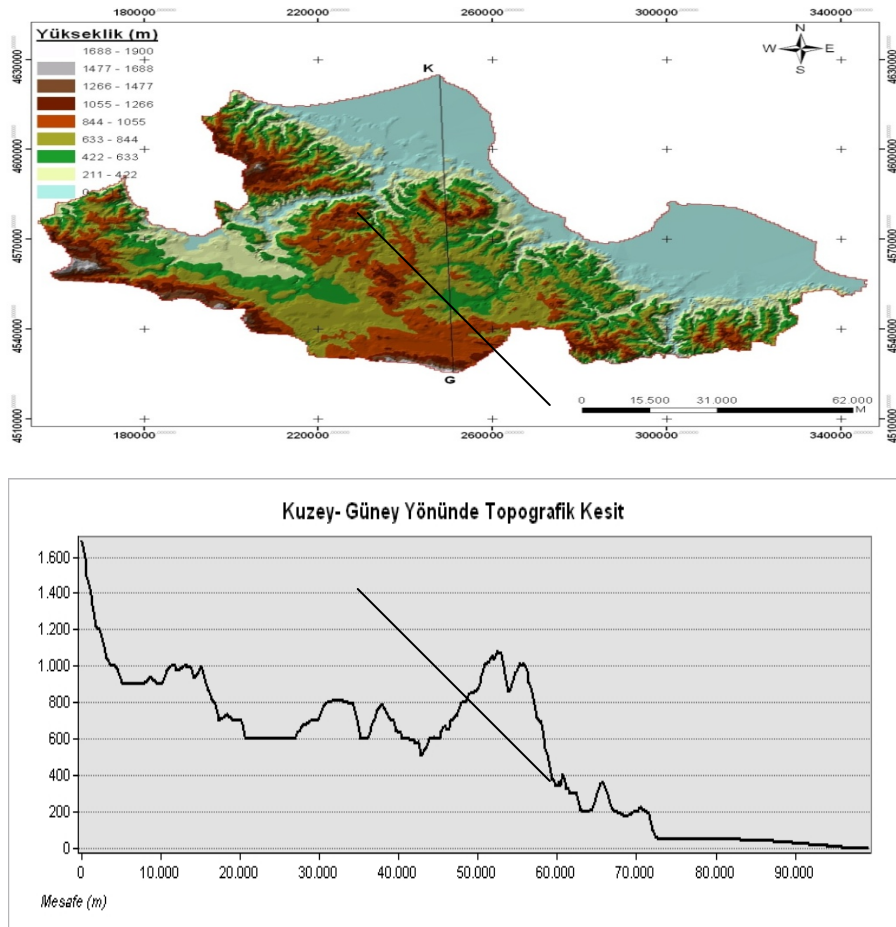
Şekil 1. Türkiye haritasında Samsun ilinin gösterimi  
Figure 1. Display of Samsun province in Turkey map

Samsun ili genellikle ılıman bir iklime sahiptir. Ancak iklim, sahil şeridi ve iç kesimlerde ayrı özellikler gösterir. Sahil şeridinde yazların sıcak, kışların ılık ve yağışlı geçtiği Karadeniz iklimi özellikleri görülür. İç kesimler ise Akdağ ve Canik Dağlarının etkisinde kalır. Bu nedenle kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazları ise serin geçmektedir. Çok yıllık ortalamalara göre en soğuk ay Mart (7.2 °C), en sıcak ay ise Ağustos (25.4 °C) ayıdır. Ortalama nisbi nem ise % 65.2 ile % 82.5 arasında değişmektedir (Anonim, 2005). Samsun meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık ortalama toplam yağış miktarı 721.4 mm'dir. Aylara göre, 1970-2010 yılları arasındaki ortalama yağışın dağılışı incelendiğinde en yağışlı aylar Ekim (86.1 mm) ve Kasım (66.5 mm) aylarıdır. Yağışın alansal dağılımında ise doğu ve kıyı kesimlerinde yağışın yüksek, iç kesimlere gidildikçe yağış miktarında azalmanın olduğu görülmektedir. En fazla yağış Terme ve çevresinde görülürken, en az yağış alan alanları Vezirköprü, Havza ve Lâdik depresyonları oluşturmaktadır (Bahadır, 2013). Samsun ili yeryüzü şekilleri bakımından üç ayrı özellik gösterir. Birincisi, güneyindeki dağlık kesim, ikincisi; dağlık kesimle kıyı şeridi arasında kalan yaylalar, üçüncüsü ise, yaylalarla Karadeniz arasında kalan kıyı ovalarıdır. Yesilırmak ve Kızılırmak akarsularının deltalarında yurdumuzun tarım potansiyeli yüksek Bafra ve Çarsamba delta ovaları yer almaktadır (Candemir ve Özdemir, 2010; Anonim, 2005). İlin deniz seviyesinden yüksekliği de 0-1900 m arasında değişmektedir (Şekil 2).

### Örnekleme ve Toprak Analizleri

Toprak örneklemesinde örnekleme noktaları arasındaki mesafe 2500 m olacak şekilde örnekleme noktaları küresel konumla aleti (GPS) yardımıyla belirlenmiş ve daha sonra toprak örnekleri, belirlenen bu noktalarda, 0-30 cm derinlikten bozulmuş örnekleme yöntemi kullanılarak alınmıştır.

Laboratuarda hava kuru koşullarda kurutulup 2 mm' lik elekten elenerek analize hazırlanan toprak örneklerinde Bouyoucos hidrometre yöntemiyle tekstür (Gee and Bauder, 1986); Scheibler kalsimetresi kullanılarak volümetrik olarak kireç (Nelson, 1982); Smith-Weldon yöntemiyle organik madde (Nelson and Sommers, 1982); 1:2'lik toprak-su karışımında pH (Hendershot et al., 1993) ve elektriksel iletkenlik (Rhoades, 1986); kjeldahl yöntemine göre toplam azot (Bremner and Mulvaley, 1982); asidik pH'ya sahip topraklarda Bray and Kurtz No.1 yöntemine (Bray and Kurtz, 1945), bazik pH'ya sahip topraklarda ise Olsen yöntemine (Olsen ve ark., 1954) göre yarıyıllı fosfor; ekstrakte edilebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum (Soil Survey Staff, 1992); DTPA ile ekstraksiyon sonrasında elde edilen çözeltinin atomik adsorbsiyon spektrofotometresinde okunmasıyla yarıyıllı demir, bakır, çinko, mangan (Anonim, 1990) ve azometin-H yöntemine göre de yarıyıllı bor (Wolf, 1971) analizleri yapılmıştır.



Şekil 2. Samsun ili yükseklik dağılımı ve topografik kesit görünümü  
Table 2. Elevation and topographic transect of Samsun province

### Çok Değişkenli İstatistik ve Jeostatistik Analizleri

Çalışmada, 889 noktadan alınan toprak örneklerine ait 17 adet fiziko-kimyasal toprak özelliğine ilişkin sonuçlar, faktör ve jeostatistik analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Faktör analizi, birbiriyle ilişkili çok sayıda değişkeni kullanarak, daha az sayıda ve birbiriyle ilişkisi olmayan yeni değişkenler elde etmeye yarayan çok değişkenli istatistik tekniğidir. Faktör analizi, boyut indirgeme ve bağımlılık yapısını yok etme amacını gerçekleştirmekle birlikte, p değişkenli bir olayda birbiri ile ilgili değişkenleri bir araya getirerek, az sayıda yeni (ortak) ilişkisiz değişken bulmayı amaçlar (Tatlidil, 2002). Bu çalışmadaki faktör analizinde, değişkenlerin farklı birimlerinin etkilerini elemine etmek amacıyla ölçülen toprak özelliklerinin standartlaştırılmış değerleri kullanılmış ve analize dahil edilecek değişkenler korelasyon matrisi yardımıyla belirlenmiştir. Faktör analizi sonucunda öz değerleri  $\geq 1$  olan

gruplar faktör olarak kabul edilirken, faktör seçiminde kritik faktör yükü 0.5 olarak alınmıştır. Belirlenen faktörlerin alan içerisindeki konumsal dağılımları ise jeostatistiksel analiz yöntemi kullanılarak modellenmiş ve daha sonra bu modeller kullanılarak faktörlere ait krigleme haritaları üretilmiştir.

Jeostatistiksel analiz yönteminde faktörlerin konumsal değişkenlik bilgisini ortaya koymak amacıyla kullanılan semivariogram modellerinin tahmininde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (z(x) - z(x+h))^2$$

Burada;

- h : ayırma uzaklığı (lag);
- $\gamma(h)$  : h uzaklığı için semivaryans;
- z(x) : x noktasında ölçülmüş örnek değeri;
- z(x+h) : x+h noktasında ölçülmüş örnek değeri;
- N : h ayırma uzaklığı için çiftlerin toplam sayısını tanımlamaktadır.

Faktörlere ait en uygun semivariogram modeline belirleme katsayısı, hata kareler toplamı ve çapraz doğrulama regresyon katsayısı kontrol edilerek karar verilmiştir. Daha sonra tahmin edilen semivariogram modelleri kullanılarak krigleme yöntemiyle Samsun il sınırları içerisinde faktörlerin değişkenlikleri haritalanmıştır. İncelenen toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı ve çok değişkenli istatistiksel analizler SPSS 17.0, çok değişkenli istatistiksel analiz sonrasında belirlenen faktörlere ait semivariogram tahminleri GS<sup>+</sup> 7.0 ve faktörlere ait krigleme haritaları ArcMap 9.3 programı kullanılarak hazırlanmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada değişken olarak değerlendirilen fiziko-kimyasal toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede verilen çarpıklık katsayıları incelendiğinde, kil, organik madde ve ekstrakte edilebilir kalsiyum dışındaki fiziko-kimyasal özelliklerin normal dağılımdan uzak pozitif dağılımlar gösterdiği, buna karşın pH'nın incelenen tüm özellikler içerisinde negatif çarpıklığa sahip tek toprak özelliği olduğu görülmektedir. Pozitif çarpıklık katsayıları, incelenen fiziko-kimyasal toprak özelliklerle-

rinin ortalamasının üzerinde aşırı uç değerlere sahip olduğunu açıklarken, negatif çarpıklık katsayısı ise pH'nın bazı alanlarda ortalamasının aşırı altında değerler aldığı ortaya koymaktadır. Çarpıklık katsayılarına göre toprak özelliklerinin büyük çoğunluğunda ortaya konulan uç değerlerin varlığı, bir çok fiziko-kimyasal toprak özelliklerine ait değişkenlik katsayılarının yüksek bulunmasıyla da desteklenmektedir. Wilding (1985), toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (<%15), orta (% 15-35) ve yüksek (>%35) olarak sınıflandırmaktadır. Bu çalışmada pH ve kil dışındaki incelenen bütün fiziko-kimyasal toprak özellikleri yüksek değişkenliğe sahip olmasına karşın, literatürde birçok araştırmacı toprak özelliklerinin değişkenlik katsayısına göre düşük, orta ve yüksek değişkenlikler gösterdiğini bildirmektedir (Mallants et al., 1996; Erşahin, 1999; Sağlam, 2008; Sağlam, 2013). Yine bu çalışmanın bulgularına benzer şekilde, diğer kimyasal toprak özelliklerinin değişkenlikleriyle karşılaştırıldığında pH'nın değişkenliğinin düşük olduğu bildirilmektedir (Yost et al., 1982; Tsegaye and Hill; 1998; Aimrun et al., 2007).

Çizelge 1. Toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler  
Table 1. Descriptive statistics of soil properties

Toprak Özelliği	Birimi	Ortalama	En Küçük	En Büyük	Standart Sapma	D.K., %	Çarpıklık	Basıklık	n
Kum	%	30.31	1.61	91.98	14.4	47.41	0.86	0.83	889
Kil	%	38.34	2.49	79.23	12.7	33.23	0.06	-0.15	889
pH		7.03	3.95	7.99	0.8	10.61	-1.29	0.99	889
EC	dS m <sup>-1</sup>	0.48	0.13	2.83	0.3	52.07	4.10	26.46	889
Kireç	%	6.17	0.10	43.20	8.4	136.75	1.82	3.01	889
OM	%	2.54	0.30	5.87	0.9	35.51	0.49	-0.02	889
YP	mg kg <sup>-1</sup>	17.97	0.20	150.40	21.9	122.04	2.63	8.06	889
TN	%	0.16	0.04	0.47	0.1	38.83	1.31	2.68	889
Ek.K	cmol kg <sup>-1</sup>	0.52	0.02	2.09	0.3	64.00	1.54	2.93	889
Ek.Ca	mg kg <sup>-1</sup>	5010.8	316.0	18170.0	2747.5	54.83	0.53	0.14	889
Ek.Mg	mg kg <sup>-1</sup>	341.12	35.0	1192.0	250.7	73.50	1.04	0.16	889
Ek.Na	mg kg <sup>-1</sup>	167.1	11.0	974.0	138.5	82.89	1.96	3.71	889
Ek.B	mg kg <sup>-1</sup>	1.93	0.05	8.39	1.5	76.80	1.42	1.82	889
Ek.Fe	mg kg <sup>-1</sup>	24.40	1.81	89.24	20.1	82.15	1.33	0.97	889
Ek.Cu	mg kg <sup>-1</sup>	2.79	0.04	9.97	1.9	66.96	1.34	1.39	889
Ek.Zn	mg kg <sup>-1</sup>	0.78	0.06	7.94	0.8	97.18	3.22	15.84	889
Ek.Mn	mg kg <sup>-1</sup>	27.99	1.12	131.90	19.8	70.73	1.98	4.94	889

EC: Elektriksel İletkenlik; OM: Organik Madde; YP: Yarıyılı Fosfor; TN: Toplam Azot; Ek.K: Ekstrakte Edilebilir Potasyum; Ek.Ca: Ekstrakte Edilebilir Kalsiyum; Ek.Mg: Ekstrakte Edilebilir Magnezyum; Ek.Na: Ekstrakte Edilebilir Sodyum; Ek.B: Ekstrakte Edilebilir Bor; Ek.Fe: Ekstrakte Edilebilir Demir; Ek.Cu: Ekstrakte Edilebilir Bakır; Ek.Zn: Ekstrakte Edilebilir Çinko; Ek.Mn: Ekstrakte Edilebilir Mangan; D.K.: Değişkenlik Katsayısı; n: Örnek Sayısı.

Fiziko-kimyasal toprak özelliklerine ait veri setinin faktör analizine uygunluğuna, toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkilerine ve Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) değerine göre karar verilmiştir. Sharma (1996), KMO değeri 0.9 olduğunda veri setinin faktör analizine uygunluğunu mükemmel olarak sınıflandırırken, 0.8-0.5 aralığında sırasıyla çok iyi, iyi, orta ve zayıf olarak sınıflandırmakta ve KMO değeri 0.5'in altına düştüğünde ise veri setinin faktör analizi için uygun olmadığını belirtmektedir. Bu çalışma için 0.68 olarak elde edilen KMO değeri, incelenen veri setinin faktör analizine iyi sınıfına yakın bir değerle orta sınıfta uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Çizelge 2'de verilen korelasyon katsayıları incelendiğinde ise fiziko-kimyasal toprak özellikleri arasında  $p < 0.01$  ve  $p < 0.05$  düzeyinde önemli korelasyonların elde edildiği görülmektedir. Büyüköztürk (2009), korelasyon katsayısının 1.00 ile 0.70 arasında olmasını yüksek, 0.69 ile 0.30 arasında olmasını orta ve 0.29'un altında olmasını ise düşük düzeyde ilişki olduğu şeklinde

sınıflandırmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre, çalışmada en yüksek pozitif ve negatif korelasyon ilişkileri sırasıyla pH ile kireç (0.74;  $p < 0.01$ ) ve kum ile kil arasında (-0.80;  $p < 0.01$ ) belirlenirken, en düşük pozitif ve negatif korelasyon ilişkileri yine sırasıyla organik madde ile ekstrakte edilebilir bor (0.07;  $p < 0.5$ ) ve kum ile yarıyıllı fosfor (-0.07;  $p < 0.5$ ); kum ile ekstrakte edilebilir çinko (-0.07;  $p < 0.5$ ); pH ile toplam azot (-0.07;  $p < 0.5$ ) arasında bulunmuştur.

KMO değerine ve korelasyon ilişkilerine göre faktör analizine uygunluğu kabul edilen veri setinde, fiziko-kimyasal toprak özelliklerinin birimsel farklılıklardan kaynaklanan etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla veri setinde standartlaştırma işlemi yapılmıştır. Bu işlem sonrasında elde edilen standartlaştırılmış veriler kullanılarak yapılan faktör analizinde, öz değeri  $\geq 1$  olan 5 faktör belirlenmiş ve bu faktörler fiziko-kimyasal özelliklerine ait toplam varyansın % 72.36'sını açıklamıştır (Çizelge 3).

Çizelge 2. Toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkileri

Table 2. Correlation relationships between soil properties

	Kum	Kil	pH	EC	Kireç	OM	YP	TN
Kil	<b>-0.80**</b>							
pH	-0.09**	0.06						
EC	-0.14**	0.10**	0.32**					
Kireç	-0.17**	0.16**	<b>0.74**</b>	0.37**				
OM	-0.10**	0.12**	-0.26**	0.14**	-0.19**			
YP	<b>-0.07*</b>	0.10**	0.18**	0.26**	0.13**	0.14**		
TN	-0.03	0.08*	<b>-0.07*</b>	0.25**	0.02	0.62**	0.19**	
Ek. K	-0.21**	0.31**	0.20**	0.28**	0.27**	0.17**	0.33**	0.29**
Ek. Ca	-0.13**	0.17**	0.22**	0.03	0.17**	-0.03	0.10**	-0.03
Ek. Mg	-0.24**	0.27**	-0.19**	0.02	-0.18**	0.01	0.01	-0.04
Ek. Na	-0.10**	0.08*	0.01	0.19**	0.00	0.05	0.10**	0.13**
Ek. B	-0.05	0.04	-0.23**	-0.11**	-0.22**	<b>0.07*</b>	0.10**	0.00
Ek. Fe	-0.04	-0.05	-0.68**	-0.16**	-0.64**	0.40**	-0.05	0.17**
Ek. Cu	-0.40**	0.32**	-0.22**	0.15**	-0.21**	0.25**	0.11**	0.14**
Ek. Zn	<b>-0.07*</b>	0.04	-0.27**	0.09**	-0.25**	0.36**	0.28**	0.21**
Ek. Mn	0.00	0.04	-0.56**	-0.10**	-0.50**	0.22**	-0.08*	0.10**

	Ek.K	Ek.Ca	Ek.Mg	Ek.Na	Ek.B	Ek.Fe	Ek.Cu	Ek.Zn
Ek.Ca	0.19**							
Ek.Mg	0.22**	0.02						
Ek.Na	0.28**	0.05	0.26**					
Ek.B	-0.05	-0.11**	0.09**	-0.09**				
Ek.Fe	-0.16**	-0.32**	0.20**	0.14**	0.23**			
Ek.Cu	0.19**	-0.12**	0.34**	0.21**	0.17**	0.49**		
Ek.Zn	0.09**	-0.06	0.18**	-0.00	0.18**	0.34**	0.45**	
Ek. Mn	-0.10**	-0.28**	0.05	-0.01	0.22**	0.59**	0.25**	0.32**

EC: Elektriksel İletkenlik; OM: Organik Madde; YP: Yarıyıllı Fosfor; TN: Toplam Azot; Ek.K: Ekstrakte Edilebilir Potasyum; Ek.Ca: Ekstrakte Edilebilir Kalsiyum; Ek.Mg: Ekstrakte Edilebilir Magnezyum; Ek.Na: Ekstrakte Edilebilir Sodyum; Ek.B: Ekstrakte Edilebilir Bor; Ek.Fe: Ekstrakte Edilebilir Demir; Ek.Cu: Ekstrakte Edilebilir Bakır; Ek.Zn: Ekstrakte Edilebilir Çinko; Ek.Mn: Ekstrakte Edilebilir Mangan.

Çizelge 3. Faktörlere ait öz değerler ve varyanslar

Table 3. Eigenvalues and variances of factors

Faktörler	Özdeğer	Oransal Varyans, %	Eklememli Varyans, %
Faktör 1	2.922	20.07	20.07
Faktör 2	2.254	14.65	34.72
Faktör 3	1.803	13.73	48.46
Faktör 4	1.310	12.86	61.32
Faktör 5	1.119	11.05	72.36

Faktör seçiminde gösterge olarak kullanılan öz değer, faktörler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmede bir kriter olarak kullanılır ve toprak özellikleri öz değerlerinin en yüksek olduğu faktöre atanırlar (Shukla et al., 2006). Faktörlere atanan fiziko-kimyasal toprak özelliklerini gösteren Çizelge 4 incelendiğinde, belirlenen faktörlerin fiziko-kimyasal toprak özelliklerine ilişkin bireysel varyansları açıklamada en düşük ekstrakte edilebilir bor (% 57), en yüksek ise kil içeriğine (% 85) ait değişkenlikleri açıklayabildiği görülmektedir. Blimsel çalışmalarda

yapılan istatistiksel tahminlerin değişkenlere ait varyansın en az 2/3'ünü açıklaması beklenir. Bu çalışmada belirlenen faktörlerin değişkenlerin önemli bir kısmına ait bireysel varyansların 2/3'ünü açıklaya-bildiği ve bu yönüyle yapılan faktör analizinin başarılı olduğu söylenebilir. Çalışmada faktör analizinin başarısını ve açıklanan varyans oranını yükseltmek için veri setinde yer almasına karşın oransal ortak etken varyansı 0.5'in altında olan elektriksel iletkenlik, kireç, ekstrakte edilebilir kalsiyum ve ekstrakte edilebilir bakır faktör analizine değişken olarak dâhil edilmemiştir.

Çizelge 4. Faktörlere ait değişkenler ve açıklanan bireysel varyanslar

Table 3. Variables and explained individual variances of factors

Toprak Özellikleri	F1	F2	F3	F4	F5	Oransal Ortak Etken Varyansları
Ek.Fe	0.81					0.78
Ek.Mn	0.78					0.62
Ek.B	0.60					0.57
pH	-0.82					0.77
Kil		0.94				0.89
Kum		-0.93				0.87
YP			0.82			0.69
Ek.Zn			0.69			0.67
Ek.K			0.67			0.62
TN				0.84		0.75
OM				0.82		0.77
Ek.Na					0.82	0.71
Ek.Mg					0.74	0.70

Ek.Fe: Ekstrakte Edilebilir Demir; Ek.Mn: Ekstrakte Edilebilir Mangan; Ek.B: Ekstrakte Edilebilir Bor; YP: Yarıyışlı Fosfor; Ek.Zn: Ekstrakte Edilebilir Çinko; Ek.K: Ekstrakte Edilebilir Potasyum; TN: Toplam Azot; OM: Organik Madde; Ek.Na: Ekstrakte Edilebilir Sodyum; Ek.Mg: Ekstrakte Edilebilir Magnezyum.

Faktör analizi sonuçlarına göre seçilen faktörler, öncelikle özdeğerler dikkate alınarak, atanan fiziko-kimyasal toprak özelliklerine göre isimlendirilmiş, daha sonra ise herbir faktöre ilişkin yapılan jeoistatistiksel analizlerle, ilgili faktörlerin Samsun il sınırları içerisindeki güçlü ve zayıf olduğu bölgeler belirlenmiştir (Çizelge 5, Şekil 3). Çalışmada çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden faktör analizi ve jeoistatistiksel analiz yöntemleri birlikte kullanılarak, incelenen çok sayıdaki fiziko-kimyasal toprak özelliğine ait bireysel dağılım haritaları yerine, faktör olarak adlan-

dırılan ve birden fazla fiziko-kimyasal toprak özelliğinin bir araya gelmesiyle oluşmuş minimum veri setindeki değişkenlerin konumsal dağılımlarının haritalanması amaçlanmıştır. Böylece toprak özellikleri arasındaki etkileşimlere ait sonuçları da yansıtan bilgilerin ortaya çıkarılarak, bunların alansal dağılım haritalarının hazırlanması ve çalışma alanındaki güçlü ve zayıf yönlerinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Çünkü faktör analizi ile oluşturulan minimum veri setindeki faktörlerin alan içerisindeki konumsal değişimlerini yansıtan dağılım haritalarının hazırlanması-

nın, yoğun olarak işlemeli tarım yapılan çalışma alanı topraklarına ilişkin özel yönetim uygulamalarının planlanmasına ve geliştirilmesine yardımcı olabileceği ve bu sayede de toprakların daha üretken ve verimli kullanımına önemli katkılar sağlanabileceği düşünülmüştür. Faktörlerin uzaysal dağılımlarını ortaya

koymak amacıyla yapılan jeostatistiksel analiz sonuçları, faktörlerin nugget/sill oranına göre orta ve güçlü konumsal bağımlılıklar gösterdiğini ortaya koymuş ve bu sonuçlarında yine belirlenen faktörlere ait range değerleri tarafından da desteklendiği görülmüştür (Çizelge 5).

Çizelge 5. Faktörlere ilişkin semivariogram analiz sonuçları  
Table 5. Semivariogram analyses results of factors

Faktörler	Model	Nugget	Sill	Range	RSS	r <sup>2</sup>	Nugget/Sill Oranı, %	K.B.S.
Mikroelement Yarayırlılığı	Spherical	0.285	0.768	23350	7.7x10 <sup>-5</sup>	0.999	37.1	Orta
Tekstür	Spherical	0.361	0.894	33500	8.9x10 <sup>-5</sup>	0.996	40.4	Orta
Sedimentasyon	Exponential	0.0004	0.317	9780	4.5x10 <sup>-4</sup>	0.986	0.13	Güçlü
Organik Madde	Spherical	0.317	0.945	41600	4.2x10 <sup>-3</sup>	0.979	33.5	Orta
Alkalilik Riski	Exponential	0.122	0.841	19980	4.2x10 <sup>-4</sup>	0.997	14.5	Güçlü

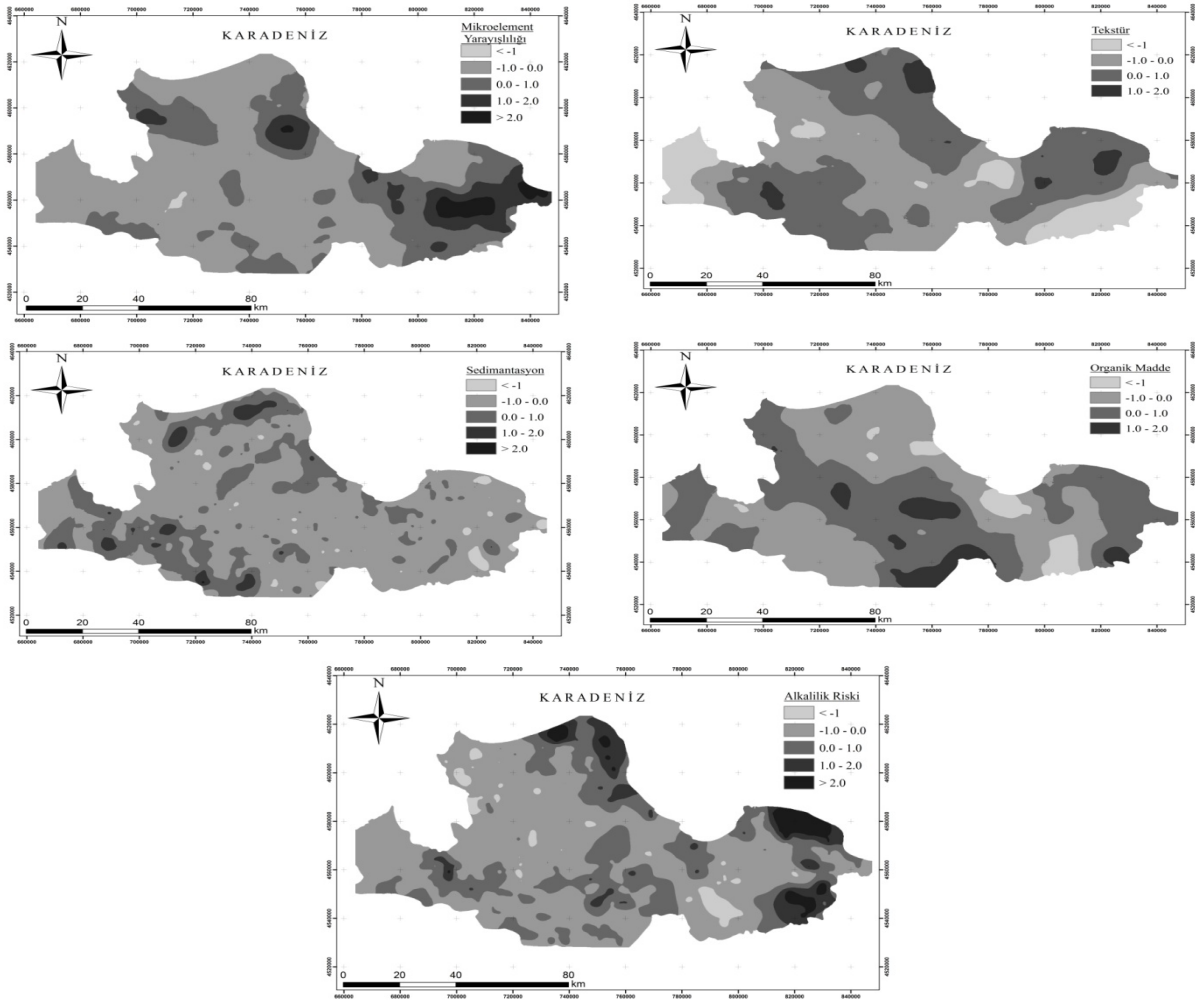
RSS: Hata Kareler Toplamı; K.B.S.: Konumsal Bağımlılık Sınıfı

Toprak özelliklerine ilişkin varyansın % 20.07'sini açıklayabilen faktör 1, ekstrakte edilebilir demir, mangan ve bor için pozitif yük değerleri, pH için ise negatif yük değeri almıştır. Mikrobese elementleri ile pH arasındaki bu negatif ilişki, bilindiği üzere mikro elementlerin miktarının arttığı yerde pH değerlerinin azaldığını yani toprak pH'sının asitleştiğini veya mikro elementlerin miktarının azaldığı yerde pH değerlerinin arttığını yani toprak pH'sının bazikleştiğini göstermektedir. Bu nedenle faktör bileşenleri ve aralarındaki ilişki dikkate alınarak faktöre, "*Mikroelement Yarayırlılığı*" adı verilmiştir. Demir, bakır, çinko, mangan, bor ve klor gibi elementler, bitki gelişimi ve büyümesinde çok düşük miktarlarda ihtiyaç duyulan mutlak gerekli mikrobese besin elementleri olarak tanımlanırlar. Gao et al. (2008); Jiang et al. (2009), topraklardaki toplam mikroelement miktarının anakayanın jeolojik yapısı ve sonrasındaki jeokimyasal ve pedojenik süreçler tarafından belirlendiğini ifade ederken, Nazif et al. (2006) mikroelementlerin kaynaklarının ana materyal, atık çamur, kentsel atıklar, ahır gübresi ve organik madde olduğunu bildirmektedir. Nazif et al (2006), mikroelementlerin yarayırlılığı toprak çevresindeki değişkenliklere karşı özellikle duyarlı olduğunu ve organik madde, pH, kireç içeriği, kil, silt ve kum gibi toprak tekstür bileşenlerinin mikroelement içeriğini etkileyen faktörler olduğunu ifade etmektedir. Yine bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak Chhabra et al. (1996), yarayırlı demir ve manganın toprak pH'sı ile birlikte azaldığını, yarayırlı bakırın ise, kil ve organik karbon içeriği ile birlikte arttığını ve yarayırlı demir içeriğininde kum içeriğiyle arttığını bildirmektedir. *Mikroelement yarayırlılığı* faktörünün il içerisindeki

dağılımı incelendiğinde, en yüksek değerlerini genelde asidik toprak pH koşullarının hakim olduğu ilin güneydoğu bölgesindeki Terme ve Salıpazarı ilçeleri ile Bafra ve Ondokuzmayıs ilçelerinin bulunduğu kuzey kesimlerde aldığı, buna karşın daha yüksek toprak pH değerlerine sahip olan güneybatı kesimlerinde düşük değerlerle dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 3). Faktörün düşük değerler olarak özellikle mikroelement yarayırlılığının düşük olduğunu açıkladığı bu bölgelerde mikroelement gübrelemesinde, gübrenin toprağa uygulanması yerine yaprakтан uygulamalarının tercih edilmesinin gübreleme başarısını artıracığı öngörülmektedir.

Kil içeriğinin pozitif yük değeri, kum içeriğinin ise negatif yük değeri olarak faktör bileşeni olarak atandığı faktör 2, "*tekstür*" faktörü olarak adlandırılmıştır. Kil ve kum içeriği arasında beklendiği gibi negatif ilişkinin ortaya konulduğu tekstür faktörü, toprak özelliklerine ait toplam değişkenliğin % 14.65'ini açıklamaktadır. Çalışma alanındaki tekstür faktörünün dağılım haritası incelendiğinde, faktörün en yüksek değerlerini, sularını il sınırları içerisinde Karadeniz'e döken Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin taşıdığı alüvyonların oluşturduğu Bafra ve Çarşamba delta ovalarının bulunduğu kuzeydoğu ve kuzeybatı bölgelerinde aldığı görülmektedir. Ayrıca Kızılırmak nehir havzasında yer alan güneybatı kesimlerinde tekstür faktörünün yüksek değerler aldığı, buna karşın il merkezine yakın alanlarda, Sinop ve Çorum il sınırlarının bulunduğu güneybatı kesimlerinde ve Ordu ve Tokat il sınırlarının bulunduğu güneydoğu kesimlerinde ise düşük değerler aldığı görülmektedir (Şekil 3).





Şekil 3. Faktörlere ait krigeleme haritaları  
Figure 3. Kriging maps of factors

Faktör bileşenleri kil ve kum içeriklerine ait yük değerleri dikkate alındığında, tekstür faktörünün yüksek değer aldığı bölgelerde toprakların kil içeriklerinin yüksek, kum içeriklerinin düşük, diğer taraftan düşük değerler aldığı bölgelerde ise bunun tam tersi bir dağılımın olduğu görülmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir tarımsal üretim ve toprak kalitesinin korunması için özellikle tekstür faktörünün en yüksek ve en düşük değerler aldığı bölgelerde toprak işleme, sulama yönetimi ve bitkisel üretim desaninin oluşturulması gibi tarımsal yönetim süreçlerinde toprak tekstüründeki değişimlerin mutlaka dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

Faktör 3'e bileşen olarak yarayışlı fosfor, ekstrakte edilebilir çinko ve ekstrakte edilebilir potasyumun atanmış ve faktör toplam değişkenliğinin % 13.73'ünü açıklamıştır. Faktör bileşenlerinin tamamı pozitif yük değerleri alan bu faktör incelendiğinde, bir çok

bilimsel araştırmayla varlığı ortaya konulan fosfor ve çinko arasındaki interaksiyona bağlı olarak, yarayışlı fosfor ve ekstrakte edilebilir çinko bileşenlerine ait yük değerlerinin negatif bir ilişkisi beklenmesine karşın, çalışmada elde edilen bulgular, bunun tersini ortaya koymuştur. Yani, faktör içerisinde yarayışlı fosfor ile ekstrakte edilebilir çinkonun aynı yönde değiştiği görülmektedir. Bu durum söz konusu bileşenlerin kaynaklarının toprağın kendi doğası dışında dış kaynaklarının olabileceğini düşündürmektedir. Çünkü endüstriyel büyüme gerçekleşmeden önceki dönemlerde çinko, kurşun ve bakır gibi riskli elementlerin topraklara girişinin uzunca bir süre insan faktörüyle gerçekleştiği (Adriano, 2001; Komarek et al., 2008) ve söz konusu elementlerin topraklara girişinde maden işletmeciliği, maden eritme, pil ve boya kullanımı, fosil yakıtların tüketimi veya mineral gübreleme kullanımı gibi çeşitli insan faktörlü kaynakların olduğu bildirilmektedir (Adriano, 2001; Van der Perk, 2006).

Ayrıca fosfor, potasyum gibi besin elementlerinin de topraktaki varlığının kimyasal gübre, ahır gübresi ve atık çamur gibi gübrelerin kullanımıyla değişebildiği (Van der Perk, 2006) ve artan fosfor içeriklerinin topraklar üzerindeki insan etkilerini gösterdiği ifade edilmektedir (Kadereit et al., 2010). Bu bilgilere göre faktör 3'e topraklar üzerindeki insan etkisinin varlığını yansıtan gübreleme adı verilebilir, ki bu isimlendirme özellikle faktörün yüksek değerler aldığı Bafra bölgesinde çinko gübrelemesinin yoğun şekilde yapıldığı çeltik üretim alanlarının varlığıyla da desteklenebilir. Ancak gerek faktörün yüksek değerler aldığı Vezirköprü, Havza ve Ladik ilçelerinin bulunduğu ilin güneybatı bölgelerinde çeltik ekiminin yapılmaması gerekse il içerisinde önemli çeltik ekim alanlarına sahip Çarşamba ve Terme ilçelerinin bulunduğu ilin kuzeydoğu bölgelerinde söz konusu faktörün düşük değerler alması, faktör için öncelikli olarak düşünülen gübreleme adını tartışmalı hale getirmektedir. Ayrıca tekstür faktörünün yüksek değerler aldığı yani kil içeriklerinin yüksek olduğu ilin kuzeybatı ve güneybatı bölgelerinde faktör 3'ünde yüksek değerlere sahip olması, bu faktör için taşınma ve birikme süreçlerinin de değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Zadorova et al. (2013), kadmiyum, kurşun, çinko, bakır gibi riskli elementlerin, DDT gibi organik kirleticilerin ve fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum gibi besin elementlerinin geçmişteki ve şimdiki erozyonun belirlenmesinde gösterge olarak kullanılmasını test etmişlerdir. Bazı maddelerin düşük konsantrasyonları nedeniyle erozyonun tespitinde az kullanılabilir olduğunu ifade ederlerken, diğerlerinin ise iyi bir potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir. Test edilen riskli elementlerin, genel olarak düşük bilgi değerine sahip olduğunu, bu elementlerin endüstriyel yükleri ihmal edilerek sadece bölgenin tarımsal karakterleriyle verilen düşük konsantrasyonlarında kanıt değerlerini azalttığı, ancak endüstriyel olarak kirlenmiş ve daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu tahmin edilen alanlar için ise önerilebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca toprak profilindeki fosfor dağılımının geçmişteki ve şimdiki birikim arasındaki sınırı açık bir şekilde tanımladığı için toprak besin elementleri arasında en iyi sonuçları gösterdiğini ve yine potasyum, kalsiyum ve magnezyum varlığının da insan etkisi ve doğal mineral bileşimle ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Yani söz konusu elementlerin geçmişteki ve şimdiki erozyonun bir göstergesi olabileceği düşünüldüğünde faktör bileşenleri bir sedimantasyon sürecini de yansıtır olabilir. Faktör bileşenleri itibarıyla gübreleme ve sedimantasyon isimlendirmelerine ilişkin detaylı literatür çalışmaları verilmesine karşın faktör için her iki isimlendirmeye yönelik kesin bir karar verilememiştir. Ancak faktörün en yüksek

değerler yönünden tekstür faktörüyle ortaya koyduğu benzerlikler dikkate alınarak "*sedimantasyon*" adı tercih edilmiştir (Şekil 3).

Organik madde ve toplam azot bileşenlerinden oluşan ve toprak özelliklerine ait toplam varyansın %12.86'sını açıklayan faktör 4'e "*organik madde*" adı verilmiştir. Organik madde faktörüne ait dağılım haritası incelendiğinde, il içerisinde yoğun işlemli tarım yapılan Bafra ve Çarşamba delta ovalarının yer aldığı kuzeybatı ve güneydoğu bölgelerinde düşük değerler aldığı, buna karşılık yüksek değerler aldığı bölgelerin il sınırlarının ortasında bir kuşak şeklinde yer aldığı görülmektedir (Şekil 3). Özellikle organik madde faktörünün yüksek değerler aldığı bölgelerin, il sınırları içerisinde Karadeniz'e paralel uzanan Canik dağlarının bulunduğu yüksek rakıma ve nispeten daha fazla orman örtüsüne sahip alanlarda olması ve bu bölgelerde delta ovalardaki arazilere oranla daha düşük yoğunlukta bir toprak işlemeyle bitkisel üretimin yapılıyor olması, topraklardaki organik madde birikimini ve faktörün yüksek değerlerinin bölgedeki varlığını açıklamaktadır. Delta ovalarda organik maddenin düşük değerler almasının nedeninin ise, yoğun toprak işlemeyle bağlı olarak bu alanlardaki toprakların daha yüksek havalanma kapasitesine sahip olması ve topoğrafyaya bağlı olarak daha yüksek toprak sıcaklıklarının oluşmasının organik maddenin parçalanma hızını artırdığı ve dolayısıyla toprakların organik madde içeriklerini düşürdüğü düşünülmektedir. Bu nedenle özellikle yoğun toprak işlemenin yapıldığı Bafra ve Çarşamba delta ovalarında, topraklarda organik madde birikimini artırmak amacıyla azaltılmış toprak işleme yöntemlerinin uygulanmasının önemli faydalarının olacağı düşünülmektedir. Özellikle bu alanlarda toprakların organik madde içeriklerinin artırılmasıyla, verimlilik potansiyelleri son derece yüksek olan bölge topraklarının hem fiziksel hemde kimyasal toprak özellikleri de geliştirilebilir. Ayrıca organik maddenin düşük değerler aldığı alanlarda tekstür faktörünün en yüksek değerleri aldığı düşünülmürse, yürütülecek başarılı organik madde yönetim uygulamalarıyla birlikte delta ovalarında yüksek kil içeriğine bağlı ortaya çıkan tekstürün olumsuz etkileri de azaltılabilir.

Ekstrakte edilebilir sodyum ve magnezyum bileşenlerinden oluşan faktör 5, "*alkalilik riski*" adıyla tanımlanmıştır. Faktör bileşenlerinden ekstrakte edilebilir sodyumun etkisinin daha fazla olması nedeniyle alkalilik riski adı verilen faktör, toprak özelliklerine ait değişkenliğin % 11.05'ini açıklamıştır (Çizelge 3, 4). Faktöre ait dağılım haritası incelendiğinde, Bafra ve Çarşamba delta ovalarının Karadeniz'e yakın kesimlerinde en yüksek değerleri aldığı, ayrıca ilin güneydoğu bölgesinde yer alan Salıpazarı ve Ayvıcık ilçelerinin

bulduğu alanlarda da bu faktörün risk taşıyan yüksek değerler aldığı görülmektedir. Alkali topraklar, yüksek pH değerlerine, zayıf toprak strüktürüne, düşük infiltrasyon kapasitesine ve çoğunlukla da killi bünyeye sahip topraklardır. Topraklarda alkalilik, insan kaynaklı nedenlerle ortaya çıkabildiği gibi doğal süreçlerde meydana gelebilmektedir. Doğal gelişen alkalilik, genelde ayrışma sonucunda sodyum karbonat meydana getiren toprak minerallerinin varlığı nedeniyle meydana gelirken, insan kaynaklı alkalilik nispeten yüksek miktarlarda sodyum bikarbonat içeren yüzey veya yeraltı sularının sulamada kullanılmasıyla meydana gelmektedir. Çalışma alanında alkalilik riski faktörünün yüksek değerler aldığı alanlar değerlendirildiğinde, alkalilik riskini yaratan nedenlerin hem doğal süreçler hemde insan kaynaklı uygulamalar olabileceği düşünülmektedir. Bafra ve Çarşamba delta ovalarının yayılım gösterdiği alüviyal alanlarda yüksek alkalilik riski olduğunu gösteren değerlerin, sulama kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Sağlam ve Dengiz (2013), Bafra delta ovasında Karadeniz'e yakın Vertisol bir alanda kimyasal toprak kalitesini değerlendirdikleri çalışmada, yüzey (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) toprak derinliklerinde alkalileşme problemi olan alanlar olduğunu bildirmişler ve her iki toprak derinliğinde de alkalileşme faktörünün toprak özelliklerine ait toplam değişkenliği en yüksek oranda açıklayan toprak özelliği olduğunu ifade etmişlerdir. Yine alkalileşmenin yüksek değerler aldığı alanlarda, jips uygulaması veya drenaj sistemi kurulması gibi yönetsel uygulamaların alkalileşmenin azaltılmasına katkılarının olacağını önermişlerdir. Ayrıca bu çalışmanın Bafra delta ovasında alkalilik riskinin görüldüğü alanlara yönelik bulgularıda, Sağlam ve Dengiz (2013)'in sonuçlarıyla önemli benzerlikler ortaya koymuştur. Yoğun işlemeli tarım yapılan tarım arazilerinin bulunduğu Bafra ve Çarşamba delta ovalarında özellikle alkalilik riskinin yüksek görüldüğü Karadeniz'e yakın bölgelerde drenaj sistemlerinin mutlaka kurulması gerektiği düşünülmektedir. Eğer bu bölgelerde kurulu drenaj siteleri mevcut ise, bu sistemlerin etkin şekilde çalışmasının sağlanması alkalilik riskinin kontrolünde veya azaltılmasında önemli faydalar sağlayacağı da söylenebilir. Yine ihtiyaç duyulması durumunda alkalilik riskinin azaltılmasına yönelik jips gibi kimyasal ıslah yöntemleri de değerlendirilebilir. Diğer taraftan delta ovalarındaki alkalilik riskiyle karşılaştırıldığında, tarım alanlarında sulama probleminin olmadığı Salıpazarı ve Ayvacık ilçelerinin bulunduğu bölgedeki alkalilik riskinin, ana materyal ayrışmasına bağlı doğal süreçlerden kaynakladığı düşünülmektedir. Bu alanlarda da tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanması ve toprak

kalitesinin korunması için alkalilik riskinin azaltılmasında kimyasal ıslah yöntemleri değerlendirilebilir.

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Samsun il sınırları içerisindeki tarım arazilerden 0-30 cm derinlikten alınan 889 adet toprak örneğine ait 17 adet fiziko - kimyasal toprak özelliği sonucu değerlendirilmiştir. Çalışmada başlangıçta gerek çalışma alanının genişliğine bağlı olarak ortaya çıkan çevre, iklim ve topoğrafik yapı değişkenlikleri nedeniyle farklı toprak oluşum süreçlerinin devrede olması, gerekse bu çevresel heterojenlik kaynaklarının yanı sıra birbiri ile ilişkili çok sayıda fiziko-kimyasal toprak özelliğine ait sonucun değerlendirilecek olması bazı endişeleri ortaya çıkarmıştır. Veri setinin değerlendirilmesinde tek değişkenli klasik istatistiksel yöntemlerle yapılacak değerlendirmelerin bazı bilgilerin ve etkileşimlerin ortaya çıkarılmasında yetersiz kalacağı veya elde edilen sonuçların toprak özellikleri arasında varolan ilişkileri tam olarak açıklayamayacağı gibi endişeleri oluşmuştur. Ancak yapılan literatür çalışmaları ve veri setinin istatistiksel yaklaşımları karşılaması sonrasında verilerin değerlendirilmesi için faktör analizine karar verilmiş ve sonrasında oluşturulan minimum veri seti ile Samsun ili toprakları için son derece önemli bulgular ortaya konulmuştur. Faktör analizi sonuçları Samsun ili toprakları için en önemli faktörün mikroelement yayınlılığı olduğunu göstermiştir. Mikroelement yayınlılığı ilin Karadeniz'e yakın kireç içeriği düşük alüviyal alanlarında en yüksek bulunurken, ilin iç kesimlerindeki çoğunluğu koluviyal alanlardan oluşan kireç içeriği ve pH değerleri nispeten daha yüksek olan alanlarında ise düşük bulunmuştur. Bu bölgelerde mikroelement gübrelemesinin topraktan uygulanması yerine yapraklardan uygulanmasıyla gübreleme başarısının artırılacağı düşünülmektedir. Diğer taraftan tekstür ve organik madde faktörlerinin dağılım alanlarında minimum ve maksimum değerler yönünden önemli negatif benzerlikler ortaya koyduğu görülürken özellikle yoğun işlemeli tarım yapılan Bafra ve Çarşamba alüviyal delta ovalarında organik madde yönetimine yönelik yönetim uygulamalarının mutlaka yürütülmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu yönetsel uygulamalar sonrasında toprakların organik miktarında sağlanacak artış ile delta ovalarında yüksek kil içeriğine bağlı ortaya çıkan olumsuz fiziksel özelliklerinde geliştirilebileceği düşünülmektedir. Alkalilik riski faktöründe yine yüksek değerler aldığı bu alüviyal delta ovalarda, toprakların uzun süreli sürdürülebilirliklerinin sağlanması için kısa sürede etkili bir sulama yönetiminin ve drenaj isteminin planlanması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca alkalilik riskinin yüksek bulunduğu alanlarda alkalilik riskini azaltmaya yönelik kimyasal ıslah yöntemleri de değerlendirilebilir.

**KAYNAKLAR**

- Adriano, D. C. 2001. Trace Elements in the Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals. Springer, New York.
- Aimrun, W., M.S.M. Amin, D. Ahmad, M.M. Hanafi, C.S. Chan. 2007. Spatial variability of bulk soil electrical conductivity in a Malaysian paddy field: Key to soil management. *Paddy Water Environment*, 5: 113-121.
- Anonim, 1990. Analytical for Atomic Absorption Spectro Photometry. Perkin Elmer, Norwalk, Connecticut, USA.
- Anonim, 2005. Samsun il çevre durum raporu. Samsun İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Yayını. No: 22.
- Anonim, 2011. Samsun Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü. <https://www.samsuntarim.gov.tr>
- Bahadır, M. 2013. Samsun İli İklim Özelliklerinin Enterpolasyon Teknikleri ile Analizi. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(1): 28-46.
- Bremner, J. M., C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. Chemical and microbiological properties. In: *Methods of Soil Analysis, Part II., ASA Agronomy Monograph, no 9 (2<sup>nd</sup> ed)*, Madison. pp. 595-625.
- Bray, R. H., L. T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59: 39-45.
- Büyüköztürk, Ş. 2009. Sosyal Bilimler için Veri Analizi El Kitabı. Ankara: Pegem Akademi.
- Candemir, F. ve N. Özdemir. 2010. Samsun İli Arazi Varlığı ve Toprak Sorunları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3): 223-229.
- Chhabra, G., P. C. Srivastava, D. Ghosh and A. K. Agnihotri. 1996. Distribution of available micronutrient cations as related to soil properties in different soil zones of Gola-Kosi interbasin. *Crop Research Hisar*, 11(3): 296-303.
- Daniels, R. B. and R. D. Hammer. 1992. *Soil Geomorphology*. John Wiley and Sons Inc., Toronto.
- Dengiz, O. ve F. E. Sarioğlu. 2011. Samsun İlinin Potansiyel Tarım Alanlarının Genel Dağılımları ve Toprak Etüd ve Haritalama Çalışmalarının Önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (3): 241-253.
- Erşahin, S. 1999. Aluviyal bir tarlada bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal (Spatial) değişkenliğinin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (19), 34-41.
- Gao S, R. Yan, M. Coa, W. Yang, S. Wang, F. Chen. 2008. Effect of Cu on growth, antioxidant enzymes and phenylalanine ammoniyalase activities in *Jatropha curcas* L. Seedling Plant, *Soil and Environment*, 54: 111 – 122.
- Gee, G. W., J. V. Bauder. 1986. Particle-size analysis, in klute, (Ed. A. et. al.), *Methods of Soil Analysis Part I, agronomy 9*, 388-409.
- Hendershot, W. H., H. Lalonde, M. Duquette. 1993. Soil reaction and exchangeable acidity. In: (Ed. Carter M. R.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Canadian Society of Soil Science.
- Jabro, J. D., W. B. Stevens, and R. G. Evans. 2006. Spatial relationships among soil physical properties in a grass-alfalfa hay field. *Soil Science*, 171(9):719-727.
- Jiang, Y., G. Zhang, D. Zhou, Y. Qin, W. J. Liang. 2009. Profile distribution of micronutrients in an aquic brown soil as affected by land use. *Plant, Soil and Environment*, 155(11): 468 - 476.
- Kadereit, A., P., Kühn, G. A. Wagner, 2010. Holocene relief and soil changes in loesscovered areas of south-western Germany: the pedosedimentary archives of Bretten-Bauerbach (Kraichgau). *Quaternary International*, 222: 96-119.
- Komarek, M., V. Ettler, V. Chrastny, M. Mihaljevic. 2008. Lead isotopes in environmental sciences: a review. *Environmental International*, 34: 562-577.
- Mallants, D., B.P. Mohanty, D. Jacques, and J. Feyen. 1996. Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science*, 161(3), 167-181.
- Nazif, W., P. Sajida, I. Saleem. 2006. Status of micronutrients in soils of Districts Bhimber (Azad Jammu and Kashmir). *Journal of Agricultural Biological Science*, 1(2): 35 - 40.
- Nelson, R. E. 1982. Carbonate and Gypsum. Chemical and microbiological properties. In: *Methods of Soil Analysis, Part II, Agronomy, no 9, (2<sup>nd</sup> ed.)*, Madison. pp. 181-197.
- Nelson, D. W., L. E. Sommers. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. Chemical and microbiological properties. In: *Methods of Soil Analysis, Part II, Agronomy, no 9, (2<sup>nd</sup> ed.)*, Madison. pp. 539-579.
- Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular No:939*, Washington, USA.
- Rhoades, J. D. 1986. Cation Exchange Capacity. Chemical and microbiological properties. In: *Methods of Soil Analysis, Part II., ASA and SSSA Agronomy Monograph, no 9 (2<sup>nd</sup> ed)*, Madison. pp. 149-157.
- Sağlam, M. 2008. Gökhöyük tarım işletmesinde yaygın toprak serilerinde bazı kalite göstergelerinin uzaysal değişkenliğinin jeoistatistiksel yöntemlerle incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 160 s., Ankara.
- Sağlam, M. 2013. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. *Toprak Su Dergisi*, 2(1): 7-14.
- Sağlam, M. ve O. Dengiz. 2013. Kimyasal toprak kalite göstergelerinin faktör ve jeoistatistik analiz yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(2):181-190.
- Sharma, S. 1996. *Applied Multivariate Techniques*. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Shukla, M.K., R. Lal and M. Ebinger. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research*, 87: 194-204.
- Soil Survey Staff. 1992. *Procedures for Collecting Soil Samples and Methods of Analysis for Soil Survey*. Soil Surv. Invest. Rep. 1. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.
- Tatlıdil, H. 2002. *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz*. Akademi Matbaası, Ankara.
- Tsegaye, T., R. L. Hill. 1998. Intensive tillage effects on spatial variability of soil test, plant growth and nutrient uptake measurement. *Soil Science*, 163: 155-165.
- Van der Perk, M. 2006. *Soil and Water Contamination from Molecular to Catchment Scale*. Taylor and Francis, Leiden.
- Wilding, L.P. 1985. Spatial Variability: It's documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: *Soil Spatial Variability*, (Eds: Nielsen, D.R. and J. Bouma) Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp: 166-194.
- Wolf, B. 1971. The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Soil Science and Plant Analysis*, 2: 363-374.
- Yost, R.S., G. Uehara, R. L. Fox. 1982. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas. i. semi-variograms. *Soil Science Society of America Journal*, 46: 1028-1032.
- Zadorova, T., V. Penizek, L. Sefrna, O. Drabek, M. Mihaljevic, S. Volf, T. Chuman. 2013. Identification of Neolithic to Modern erosion-sedimentation phases using geochemical approach in a loess covered sub-catchment of South Moravia, Czech Republic. *Geoderma*, 195-196: 56-69.