

Van Edremit İlçesi Elma Bahçelerinde Çok Kriterli Karar Verme Analizi-CBS ile Toprak Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Siyami KARACA¹, Bulut SARĞIN², Pelin ALABOZ³, Orhan DENGİZ⁴

^{1,2}Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, VAN, ³Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, ISPARTA, ⁴Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, SAMSUN

¹<https://orcid.org/0000-0002-2434-1171>, ²<https://orcid.org/0000-0002-4752-4333>, ³<https://orcid.org/0000-0002-5810-6591>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-0458-6016>

✉: s.karaca@yyu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma yarı kurak karasal ekosisteme sahip olan Van ili Edremit ilçesinde elma bahçelerinde dağılım gösteren toprakların toprak kalite indekslerinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanından alınan 52 adet toprak örneğinde toprak kalitesi, çok kriterli karar analizlerinden birisi olan analitik hiyerarşik süreç (AHS) yöntemi ve standart skorlama fonksiyon ile beraber kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, belirlenen 29 adet toprak kalite indikatörlerin minimum veri seti oluşturulması amacıyla temel bileşenler analizi uygulanmış ve 10 indikatöre indirilmiştir. Gerek toplam veri seti gerekse de minimum veri setine ait kalite indekslerinin alan içerisinde konumsal dağılım haritalarının üretilmesi amacıyla 15 enterpolasyon modeli uygulanmış olup, bu modeller içerisinde en düşük RMSE değerleri olarak, Kriking'in simple semivariogramına ait Spherical modeli belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde toprakların kalite indeksi 0.334 ile 0.634 arasında değişkenlik sergilemiş, kalite çok düşük ve orta olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca, gerek istatistiksel gerekse de jeostatistiksel olarak önemli farklılık bulunmayan her iki veri setinde de toprak kalite indeksi birbirine yakın seviyelerde belirlenmiş ve konumsal dağılım haritalarının birbirine benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Toprak Bilimi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 15.02.2022

Kabul Tarihi : 06.09.2022

Anahtar Kelimeler

Toprak Kalitesi
Çok kriterli Yaklaşım
Elma
Van-Edremit

Determination of Soil Quality Characteristics with Multi-Criteria Decision-Making Analysis-GIS in Apple Orchards in Van-Edremit District

ABSTRACT

The current study was carried out to evaluate the soil quality indices of soils distributed in apple orchards in the Edremit district of Van Province which has a semi-arid terrestrial ecosystem. Soil quality in 52 soil samples taken from the study area was evaluated using the analytic hierarchical process (AHP) method, which is one of the multi-criteria decision analyses, together with the standard scoring function. In addition, in order to create a minimum data set of 29 selected soil quality indicators, principal component analysis was performed and it was reduced to 10 indicators. 15 models were applied to produce spatial distribution maps of the quality indices of both the total data set and the minimum data set within the study field and the Spherical model of Kriking's simple semivariogram was determined as the lowest RMSE values in these models. The quality index of soils in the study area varied between 0.334 and 0.634 which were classified as a very low and medium class. Moreover, it was determined that there is no statistically significant difference in both data sets and it was detected that the maps of their spatial distribution showed almost parallel patterns with each other as geostatistically.

Soil Science

Research Article

Article History

Received : 15.02.2022

Accepted : 06.09.2022

Keywords

Soil Quality
Multi-criteria Approach
Apple
Van-Edremit

To Cite: Karaca, S., Sargin, B., Alaboz, P., & Dengiz, O (2023). Determination of Soil Quality Characteristics with Multi-Criteria Decision-Making Analysis-GIS in Apple Orchards in Van-Edremit District. *KSU J. Agric Nat 26 (2):* 393-408. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1074149.

GİRİŞ

Son yıllarda artan nüfus popülasyonuna bağlı olarak düzensiz yapılaşma ve endüstrileşme, tarım arazilerine olan baskıyı gittikçe arttırmaktadır. Dünya üzerinde meydana gelen iklim değişikliği ile tarım arazilerinin amaç dışında kullanımı, olağan dışı ve bilinçsiz gübreleme ve sulama, tarım topraklarının üretkenliğin kaybolmasına sebep olmaktadır. Toprakların üretkenlikleri kaybolmaya başladığı zaman toprakların korunması için, fiziksel, kimyasal ve biyolojik nitelikleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu durum tarımsal üretimde optimum ve kaliteli ürün elde edilmesinde önemli olmasının yanı sıra, aynı zamanda sürdürülebilir toprak yönetimi, toprak kalitesi ve sürdürülebilir tarım sisteminin de bir gerekliliktir (Everest ve ark., 2020). Optimum bir şekilde değerlendirildiğinde tahmin edilen verimi sağlayabilen toprakların, sürdürülebilir biçimde kullanılıp yönetilmesi için de toprak kaynaklarını yeterli şekilde incelemek ve izlemekle mümkündür (Özyazıcı ve ark., 2016). Toprak kalite indeksi, toprak tekstürü, mutlak ve fizyolojik derinlik, hacim ağırlığı, pF değeri, infiltrasyon oranı, organik madde içeriği, elektriksel iletkenlik değeri, toprağın N, P ve K içeriği, porozite oranı gibi parametrelerden oluşturulan minimum veri seti ile toprak kalitesinin değerlendirilmesidir. (Doran & Parkin, 1996). Ana materyal, iklim, yeryüzü şekilleri, vejetasyon vb. etmenlere bağlı olarak çok küçük alanlarda da değişiklikler gösteren toprakların niteliklerinin saptanması, farklı toprak parametreleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi, üzerinde yetişen bitki örtülerinin de üretkenliği ve kalitesi açısından önem taşımaktadır. Tarımsal üretim ile toprak kalitesi arasında önemli ilişki bulunmakta ve bu ilişkiyi belirleyip ortaya koymak gereklidir. Toprak kalitesi denince toprağın bitkisel üretimdeki yeri ve çevre sağlığı açısından toprağın rolü akla gelmektedir. Toprak kalitesi, dinamikdir ve toprağın sahip olduğu özellikler tarafından belirlenir. Örneğin toprağın bünyesi toprağın tabii olarak sahip olduğu bir özelliktir ve kolayca değiştirilemez. Dinamik özelliklerin etkilediği toprak kalitesi ise toprağın kullanımına bağlı olarak değişir. Toprak kalitesi; toprak derinliği, su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, yarıyışlı besin maddesi miktarı, organik madde miktarı, mikrobiyal kütle, karbon ve azot içeriği, toprak yapısı, infiltrasyon hızı, ürün verimi gibi birçok özellik tarafından belirlenir. Toprak kalitesini belirlemek için yapılan çalışmaların bir amacı da, toprak fonksiyonlarının, amenajman ile nasıl geliştirileceğinin/değiştirilebileceğinin öğrenilmesidir. Zira toprak ve çevresi sahip olduğu doğal özelliklere

bağlı olarak farklı kullanımlarda farklı tepkiler vermektedir. Bazı arazi kalitesi ölçümleri arazinin kapasitesinin veya ürün yetiştirme, ormancılık, mera veya tarım dışı kullanımlar gibi özel amaçlara uygunluğunun belirlenmesi esasına dayanır. Bu bağlamda yaygın olarak arazi değerlendirme uygulamaları kullanılır. Bu yöntemler genellikle toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine kurulmuştur. Son yıllarda sadece ürün verimi, arazi bozulması, erozyon ya da fiziksel ve kimyasal toprak faktörleri üzerine odaklanmanın yanında toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bir fonksiyonu olarak toprak kalitesinin değerlendirilmesi üzerinde çalışmalar yürütülmektedir. Ayrıca tarımda insan faaliyetlerinin uzun vadede toprak özellikleri etkisi üzerinde durulmaya başlanmıştır. Tarımsal kullanım altında olan ve olmayan arazilerde toprak bozulması ve toprak kalitesinin korunması üzerinde araştırmalar yoğunlaştırılmıştır (Özulu ve ark., 2006, Kalkancı ve ark., 2021).

Toprak kalitesi ve verimlilik ilişkileri amacıyla çeşitli ekolojilerde yapılan birçok çalışmada toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ortaya konmuştur. Çeltik tarımında (Dengiz, 2020), fındık yetiştiriciliğinde (Tercan ve ark., 2022), kiraz bahçelerinde (Çelik & Urhan, 2020), sarımsak tarımında (Akça ve ark., 2017), tahıllarda (Doğan & Erdal, 2018; Eren, 2019), fındık tarımında (Özkutlu ve ark., 2019), soya bitkisinde (Kars & Ekberli, 2020), mısır bitkisinde (Ordu, 2020) olası beslenme sorunları saptanmaya çalışılmış, saptanan toprak özellikleri dikkate alınarak tarımsal kullanım açısından değerlendirmeler yapılarak gübreleme gibi kültürel uygulamalarının yapılması doğrultusunda sonuçlar elde edilmiştir. Dünyada meyve kaynakları içerisinde ilk sıralarda yer alan elma, Rosacea familyasının, Pomoideae alt familyasının Malus cinsindedir. Elma, yeryüzünde çok geniş bir yayılma alanına sahip ve değişik ekolojilerde üretimi yapılabilen bir meyve türüdür. Dünyada en büyük elma üreticisi olan Çin'den sonra sırasıyla ABD ve Türkiye gelmektedir. Türkiye'nin gerek ekolojik şartların çekiciliği gerek gen merkezi olması nedeniyle, hemen her yerinde binlerce yıldır elma yetiştiriciliği yapılmaktadır. Dünya genelinde elma çeşitlerinin sayısı 6500'ü aşmıştır, Türkiye'de ise bu sayı 500'ün üzerindedir (Coşkun, 2018).

Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu Bölgesi içinde elma yetiştiriciliğine uygun alanlarından. Yörede güneşli gün sayısının fazla olması (120 gün) ve ayrıca gece-gündüz sıcaklık farkının yüksek oluşu, kaliteli elma yetiştiriciliği için avantaj teşkil etmektedir. Van ve çevresi, elma yetiştiriciliğinin başlangıçta daha çok tohumla gerşekleşme nedeniyle, ağırlıklı olarak tohum

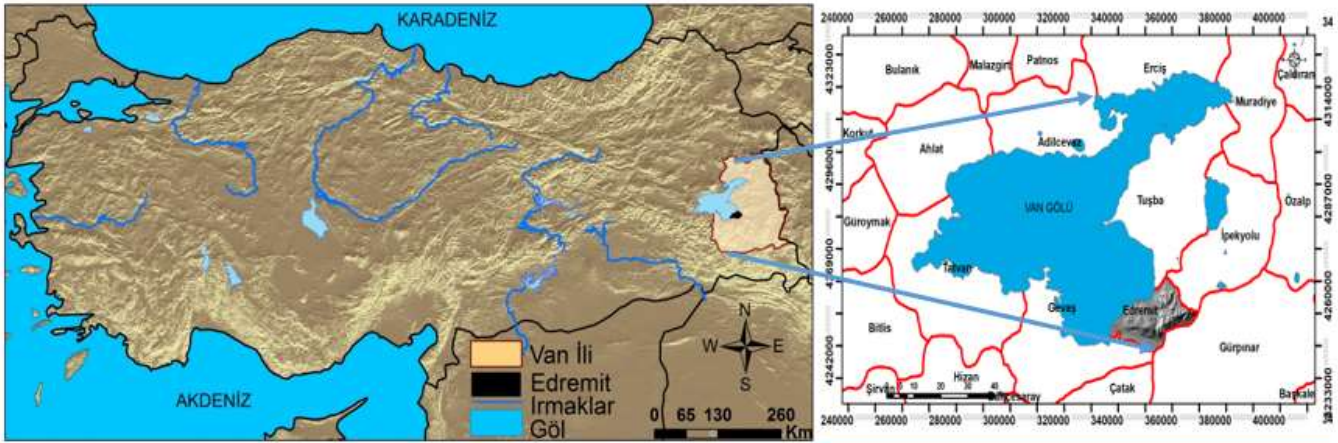
orijinli çöğür ağaçlardan oluşan ve zamanla kendini gösteren özellikleriyle mahalli çeşit vasfı kazanmış zengin elma gen kaynaklarına sahiptir. Öyle ki, diğer meyve türlerinde çok az sayıda yerel çeşit ismi anılırken elmada bu sayı yirminin üzerindedir (Kaya, 2008). Elma ılıman, soğuk ılıman iklimin bir ağacıdır. Elma ağacı kış soğuklarına çok iyi dayanır. Kış dinlenme periyodunda ağaç -35°C , bir yaşlı sürgünleri -20°C 'ye kadar dayanabilmektedir. Elma, kış dinlenmesine en çok ihtiyaç gösteren meyvelerden birisidir. Yeteri kadar kış soğuklamasına maruz kalmamış olan ağaçların ilkbaharda çiçek açmaları gecikir ve çiçeklerin açılması düzenli olmaz. Yine bu gibi ağaçlarda sürgün ve yaprak oluşumu da normal olmamaktadır. Elma ağacının, genel olarak 40°C üzerinde yüksek sıcaklıkta büyümesi engellenir (Özçağırın ve ark., 2011). Çünkü aşırı sıcaklık meyve kalitesinin düşmesine ve meyvelerde yanığa sebep olur. Elma ağaçlarından iyi bir ürün elde edebilmek için havanın nispi nem bakımından da elverişli (% 60-80) olması şarttır. Nispi nemin yaz aylarında düştüğü yerlerde meyve dökümü şiddetlendiği gibi meyve kalitesi de düşer. Elmanın, organik madde içeriği yüksek tın, tınlı kum veya kumlu tın tekstürlü topraklarda yetiştiriciliği yapılmakta olup nemli bölgelerde, az derin kumlu topraklarda iyi gübrelendiği taktirde normal bir şekilde büyüdüğü, kurak bölgelerde ise susuzluktan çok zarar gördüğü belirtilmektedir. Bununla birlikte kurak bölgelerde ağır bünyeli topraklarda susuzluğa dayanımı

artmaktadır. (Özçağırın ve ark., 2011). Taban suyunun bir metreden yukarı olmaması istenir. Derin, geçirgen ve besin maddesine zengin topraklar, çoğunlukla en ekonomik topraklar olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca kireçli ve pH'sı yüksek topraklarda besin elementlerinin alınımında problemlerin olması sebebiyle elma yetiştiriciliğinin iyi sonuçlar vermediği bilinmektedir. En elverişli toprak reaksiyonu pH 6-8 arasındadır (Özçağırın ve ark., 2011). Elma ağaçları durgun kalmamak şartı ile su taşkınlarına, daha iyi dayanır. Toprakta az oranda tuz bulunduğu taktirde yetişebilir. Çok kireçli topraklarda demir alınımındaki arızalar yüzünden sarılığa tutulur. Elma ağaçları Van il'inde hemen her tipteki topraklar üzerinde yetiştirilmektedir (Özbek, 1978).

Çalışmada, Van ilinin güney doğusundaki Edremit ilçesinde yer alan elma bahçesi topraklarının bazı fiziksel, kimyasal ve verimlilik özellikleri dikkate alınarak AHP, jeostatistik ve CBS yardımıyla toprak kalite durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Çalışma alanı; Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi yer alan Van Gölü havzası içerisinde ve Türkiye'nin en büyük gölü olan Van gölünün doğu kıyısında bulunmaktadır (Şekil 1). Alan 4253200-4254800K ve 346500-349500D (WGS-84, UTM-m, 38 Zone) koordinatları arasındadır.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası
Figure 1. Study area location map

Çalışma alanı 2665.9 dekar olup, deniz seviyesinden yüksekliği 1649 - 1755 m arasında yer almaktadır (Şekil 2). Yükseklik kuzeyden güneye doğru artış göstermektedir. Eğim genellikle orta ve doğu kesimlerde hafif ve orta dik (%2 ile %12) doğu ve kuzey doğu kesimlerde bu oran % 30 eğimlere çıkararak dik dağılım göstermektedir (Şekil 2). Bu nedenle dik eğim alanlarda erozyon etkisiyle, toprak derinlikleri sıg (20-50cm) ve eğimin azaldığı kesimlerde orta derin (50-

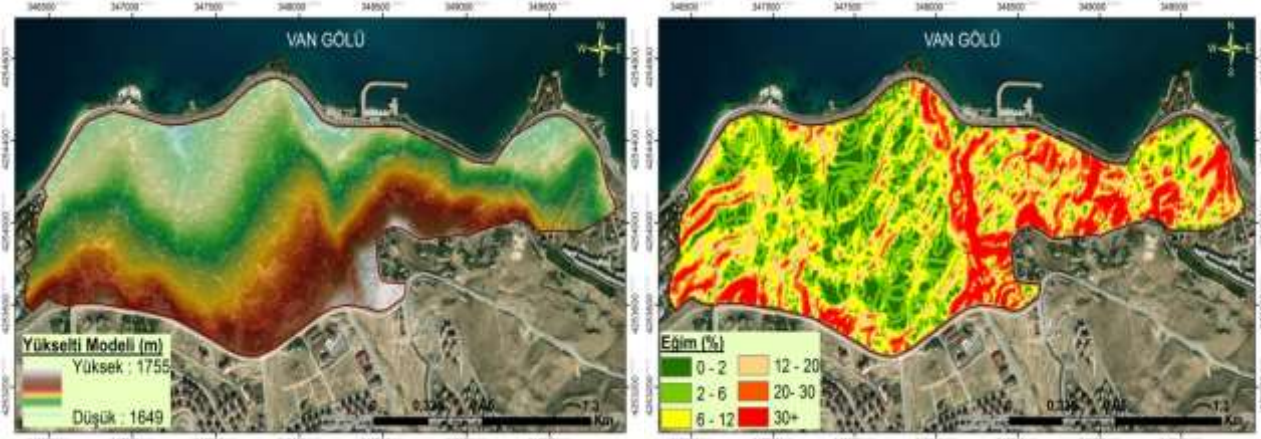
90cm) arasında değişmektedir.

Van ilinde genel olarak karasal iklim görülmektedir. Van gölünün iklimi yumuşatıcı etkisiyle kışlar çok sert geçmemektedir. İlin doğu ve kuzey bölgelerinde kışlar daha sert ve yağışlı, güney ve güneybatı bölgelerinde ise ılık geçer. Gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazladır. Uzun yılların iklim verileri incelendiğinde; ilin yıllık ortalama sıcaklığı 9.4°C , en yüksek ortalama sıcaklık değeri 14.8°C , en düşük sıcaklık ortalama

değeri 3.6°C'dir. Belirlenen maksimum hava sıcaklığı 37.5°C, en düşük hava sıcaklığı ise -28.7°C'dir. İlin yağış verilerine bakıldığında ise ortalama toplam yağış değeri 392.8 mm civarındadır (Anonim, 2022). Bölük (2016), çalışma alanının Türkiye'deki Eriç'in makroklima bölgelerine göre 26.41 puan yağış aktivite endeksi ile "yarı nemli" olarak sınıflandırıldığını bildirmektedir. Ayrıca, Newhall simülasyon modeli (Van Wambeke, 2000) çalışma alanının Xeric toprak nemi rejimine ve Mesic sıcaklık rejimine sahip olduğunu göstermektedir (Karaca ve ark., 2021).

Toprak Örnekleme

Çalışma alanında dağılım gösteren elma bahçelerinden 52 toprak örneği alınmıştır (Şekil 3). Bozulmuş toprak örnekleri 0-30 cm derinliği temsil edecek şekilde toprakçı kürekleri kullanılarak alınmıştır. Toprak örnekleri laboratuvara getirilerek hava kurusu hale geldikten sonra 2 mm elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı yükselti ve eğim haritası
Figure 2. Study area elevation and slope map



Şekil 3. Çalışma alanı içerisinde toprak örnekleme deseni
Figure 3. Soil sampling pattern within the study area.

Laboratuvar analizleri

Tekstür; hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1951), hacim ağırlığı; Blacke & Hartge, (1986), Hidrolik geçirgenlik; sabit su seviyeli hidrolik geçirgen setleri kullanarak belirlenmiştir (Klute & Dirksen 1986), kireç içeriği; Scheibler kalsimetre (Soil Survey Staff, 1993), pH ve EC, saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH ve EC metre (Soil Survey Laboratory, 1992) aracılığıyla, organik madde ise Modifiye Walkley-Black yöntemi ile (Jackson, 1958) belirlenmiştir. 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) ile

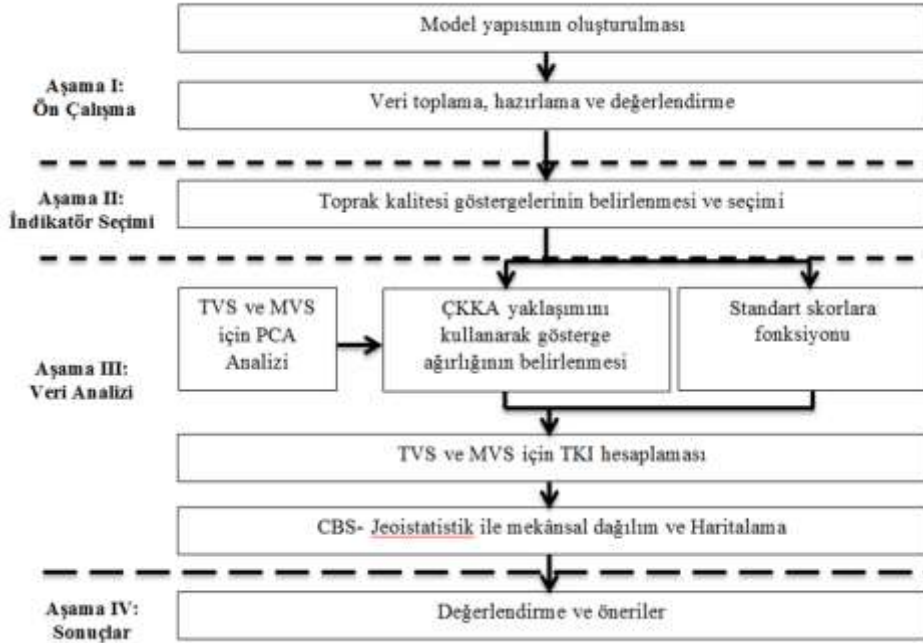
ekstrakte edilen Ca, Mg, K ve Na atomik absorpsiyon spektroskopisi cihazı kullanılarak (Soil Survey Staff, 1992), toplam azot, mikro kjeldahl (Bremner, 1982), yarıyışlı fosfor, Olsen (Olsen, 1954), mikro besin elementleri (Fe, Mn, Cu ve Zn) ise DTPA ile ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir (Lindsay & Norvell, 1978). Ağır metal analizleri ise Kloke (1980)' e göre belirlenmiştir.

Toprak Kalite İndeksi Modelinin Yapısı ve Aşamaları

Bu çalışma, elma yetiştiriciliği yapılan alanlarda

toprak kalitesindeki değişimleri değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Doğanın karmaşık ekolojik yapısının üstesinden gelmek amacıyla, coğrafi bilgi sistem (CBS) teknikleri, çok kriterli karar verme analizi (ÇKKA)-analitik hiyerarşik süreç yaklaşımları, standart skorlama fonksiyonu, jeoistatistik ve temel bileşen analizi gibi çeşitli metodolojiler bütünleştirilmiştir. Böylece, bir modelleme mimarisi Şekil 4 gibi oluşturulmuş ve kullanılan yöntemler arasındaki ilişkileri gösterilmiştir. Toprak kalite indeksi (TKİ) çalışması 4 aşamadan oluşmaktadır. İlk

adım, veritabanı için modelleme yapısını ve veri toplamayı içerir. İkinci adım, toprak kalitesi göstergelerinin seçilmesidir. Üçüncü adım, bu göstergeleri bir araya getirmek, puanlamak ve ağırlandırmak, toplam ve minimum veri setlerini (TVS-MVS) elde etmek ve bu verileri CBS kullanarak TKİ değişiklikleri için konumsal bir dağılım elde etmek üzere işlemektir. Son adımda ise veri analizinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesidir.



Şekil 4. Toprak kalite indeksi için tasarlanan modelleme mimarisi
Figure 4. The modeling architecture designed for the soil quality index

Çok Kriterli Karar Analizi, Skorlama ve Temel Bileşenler Analizi

AHS yöntemi ile hem nitel hem de nicel faktörlerin ikili karşılaştırmaları yapılmakta, ağırlıkları ve öncelikleri belirlenmektedir (Saaty, 2008). Saaty (1977) önem derecesini tanımlayan 1'den 9'a kadar değişen değerlerden oluşan bir karşılaştırma önermiştir. Toprak özellikleri bu karşılaştırma matrisleri aracılığıyla önem seviyelerine göre AHS ile ağırlıklandırılmıştır. Belirlenen özellikler, standart skorlama fonksiyonları (SSF) kullanılarak birbiri ile kıyaslanabilir 0 ile 1 arasında birimsiz skorlara dönüştürülmüştür (Andrews ve ark., 2002). Çalışmada "daha fazla daha iyidir (more is better)", "daha az daha iyidir (less is better)" skorlama fonksiyonları kullanılmıştır (Masto ve ark., 2008) (Eşitlik 1, 2).

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \geq L \\ 0.9 \times \frac{x-L}{U-L} + 0.1 & L \leq x \leq U \\ 1 & x \leq U \end{cases} \quad (1)$$

$$f(x) = \begin{cases} 1 & x \geq L \\ 1 - 0.9 \times \frac{x-L}{U-L} & L \leq x \leq U \\ 0 & x \leq U \end{cases} \quad (2)$$

Denklemlerde, L ve U sırasıyla alt ve üst eşik değer, x ise örnek değeridir.

Çalışma alanı topraklarının kalite indeksinin belirlenebilmesi amacıyla parametrik bir yaklaşım olan doğrusal kombinasyon tekniği kullanılmıştır (Eşitlik 3).

$$TKİ = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i) \quad (3)$$

Burada TKİ, Toprak kalite indeksi puanı, W_i: i parametrenin ağırlık değeri, X_i: i parametresine ait alt kriter skorları, n: ele alınan parametrelerin toplam sayısıdır. Toprakların kalite indeksi; çok düşük (<0.4), düşük (0.4-0.5), orta (0.5-0.65), yüksek (0.65-0.85), çok yüksek (>0.85) olarak sınıflandırılmaktadır (Dengiz, 2020). Toprak özelliklerinden minimum veri seti oluşturmak için verilere temel bileşenler analizi uygulanmıştır. Minimum veri setinde yer alabilecek parametrelerin belirlenmesinde, temel bileşenler analizi ile belirlenen bileşen yükleri, korelasyon yük

toplamları, veriler arası korelasyon analiz yöntemleri dikkate alınmıştır. Total veri seti ve minimum veri setleri ile elde edilen toprak kalite indeksi değerlerinin karşılaştırılmasında T testi kullanılmıştır (Alpar, 2020). Toprakların tanımlayıcı istatistikleri, temel bileşenler analizi "IBM SPSS 23" paket programı aracılığıyla belirlenmiştir. Toprakların tekstür sınıflarının USDA'ya göre tekstür üçgeninde dağılım görselli "R" programı aracılığıyla, "soiltexture" paketi kullanılarak oluşturulmuştur. Total veri seti ve minimum veri setlerine ait toprak kalite indekslerinde farklı enterpolasyonlar (Ters mesafe ağırlıklandırma-IDW, Radyal tabanlı fonksiyonlar, Kriging) değerlendirilerek en uygun model ile dağılım haritalarının oluşturulmasında ArcGIS 10.5v programı kullanılmıştır. En uygun dağılım modelinin seçilmesin için en düşük hata kareler ortalaması karakökü (RMSE) özelliği değerlendirilmiştir. RMSE hesaplanmasında aşağıda belirtilen Eşitlik 4. kullanılmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (z_i^* - z_i)^2}{n}} \quad (4)$$

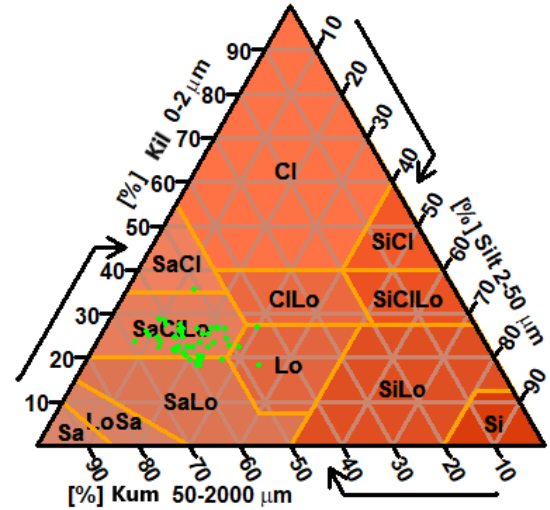
Z_i : tahmin edilen değer, Z_i^* : ölçülen değer ve n : örnek sayısını ifade etmektedir

BULGULAR ve TARTIŞMA

Toprak özelliklerine bağlı tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de belirtilmiştir. Toprakların kum (% 43.201-68.718), silt (%7.634-34.627), kil (%18.223-35.386) içeriklerine bağlı belirlenen bünye sınıfları ve tekstür üçgeni içerisinde yer alan dağılımları Şekil 5'de gösterilmiştir. Çalışma alanı içerisindeki toprakların % 5.76'sı tın, % 9.61'i kumlu tın, % 1.92'si kumlu kil, % 82.69'u ise kumlu killi tın bünye sınıfındadır (Şekil 5). Tekstür fraksiyonların da çarpıklık değerlerinin düşüklüğü normale yakın bir dağılım sergilemesinin bir göstergedir. Toprakların % 82.69'unun aynı tekstür sınıfında (SCL) olması standart sapmaların daha düşük, dağılımın normale yakın olmasının bir sonucudur. Toprakların kum içeriklerindeki çarpıklık katsayısının (-0.54) negatif yönlü olması genellikle ortalamadan (% 57.743) yüksek değerlerin varlığını ortaya koymaktadır.

Toprakların hidrolik iletkenliği 2.98-19.25 mm h⁻¹ olarak belirlenmiştir. Varyasyon katsayısı Wilding (1985)'e göre ortalamaya göre orta (% 15-30) seviyede değişkenlik sergilemiştir. Toprakların hidrolik iletkenliğini tekstür, strüktür, kil minerallerinin tipi, organik madde miktarı gibi özelliklerin yanında toprak sıkışması da etkilemektedir. Su iletkenliği toplam poroziteden ziyade kaba gözenek miktarı ile ilişkilidir. Doygunluk koşullarında en iletken olan gözenek hacmini genellikle geniş ve devamlı gözenekler oluştururken doymun olmadığında tam tersi bir durum söz konusudur (Sarı, 2014). Bahsedilen

özelliklerden kaynaklı hidrolik iletkenlik (HI) özelliği değişkenliğe neden olmuştur.



Şekil 5. Toprak bünyelerinin Tekstür üçgeninde dağılımları (CI: Kil, Si: Silt, Lo: tın, Sa: kum)

Figure 5. Distribution of soil textures in the Texture triangle (CI: clay, Si:Silt, Lo:Loam, Sa: Sand)

Tarla kapasitesi (% 20.8-33.1) ve solma noktası (% 11.1- 21.3) içeriklerinde yarıyışlı su içeriği ise % 8.5-12.4 arasında bulunmuştur. Nem sabiteleri (TK, SN ve YS) özelliklerinin dağılım durumları incelendiğinde çarpıklık katsayısının düşük olması normale yakın dağılım olduğunu göstermektedir. Tarla kapasitesi (TK), en yüksek pozitif basıklık (1.26) değerine sahip normale göre daha dik bir dağılım sergilemiştir.

Toprakların pH içerikleri Richard (1954)' e göre orta derece -kuvvetli alkalın arasında ve varyasyon katsayısı Wilding (1985)'e göre ortalamaya göre düşük (< 15) olarak belirlenmiştir. Hacim ağırlığı (HA) ve pH içeriklerinin dağılım aralıklarının dar olması ortalamaya göre değişkenlerin düşük ve normale en yakın dağılım göstermesinin bir sonucudur. Tuzluluk problemi olmayan topraklarda (0.122-0.34 dS m⁻¹) varyasyon katsayısı % 27.34 olarak bulunmuştur. CaCO₃ içerikleri Ülgen & Yurtsever, (1988)' e göre kireçli (%5.64) - çok fazla kireçli (% 32.29) ve normal dağılıma yakın çarpıklık ve basıklık katsayısı göstermiştir. Veri setinin dağılımda ortalamaya göre değişim (VK) % 28.06 belirlenmiştir. Varyasyon katsayısı Wilding (1985)'e göre yüksek (>35) belirlenen toprak organik madde içerikleri ortalama % 1.39 olarak bulunmuştur. Kil tipine göre oldukça fazla değişkenlik gösteren KDK seviyesi 18.75-50.00 me 100gr⁻¹ aralığında belirlenmiştir. Richards, 1954; Lindsay & Norvell, 1969; Follet, 1969; Maas, 1986; FAO, 1990; TOVEP, 1991; Güneş ve ark., 1996' e göre toprakların yarıyışlı P içerikleri "çok az- az", Ca "yeterli-fazla", Mg "az-çok fazla", K "az-çok fazla",

ekstrakte edilebilir Fe “fazla”, Zn “çok az-çok fazla”, Cu “yeterli, Mn “az-fazla” sınıflarında değişkenlik sergilemiştir. Toprak kirliliği kontrolü yönetmeliği (2005)’ e göre toprakların toplam Cd, Pb, Ni ve Cu içerikleri sınır değerler içerisinde belirlenmiş olup Ni ve Cr toprakta bulunması gereken sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Kabata-Pendias & Pendias, (2001) topraktaki ağır metal kirliliğinin tarımsal kaynaklı ve gübreleme aracılığıyla Cr ve Ni eklentilerinin olduğunu belirtmiştir. Toprakların makro, mikro elemen ve ağır metal içeriklerinde varyasyon katsayısının temel toprak özelliklerine göre daha yüksek belirlenmesi çarpıklık katsayısının artmasına ve özelliklerin normalden daha uzak bir dağılım sergilemesine yol açmıştır. Elde edilen varyasyondaki yüksek değişkenlik uygulanan gübreleme programındaki farklılıklardan kaynaklı olarak değerlendirilebilmektedir. Toprak özelliklerinin AHS ile değerlendirilmesi sonucu toprak özelliklerinin ağırlıkları Çizelge 2’de belirtilmiştir.

Toprakların kil, tarla kapasitesi (TK), yarayırlı su (YS), organik madde (OM), katyon değişim kapasitesi (KDK), yarayırlı fosfor (P), toplam azot (TN), değişebilir katyonlardan Ca, Mg, K ve mikro besin elementlerinden Fe, Zn, Cu ve Mn içerikleri skorlanırken en fazla en iyidir fonksiyonu kullanılırken diğer özellikler en az en iyidir fonksiyonları ile standardize edilmiştir.

Toprak özellikleri fiziksel, kimyasal, verimlilik makro, verimlilik mikro ve kirlilik olarak gruplara ayrılarak matrisler oluşturulmuştur. En yüksek değer fiziksel kalite indikatörleri (0.3697) için belirlenirken, en düşük değer toprak kirlilik parametreleri (0.0625) için elde edilmiştir. Her bir kalite indikatörleri tekrardan kendi içinde ağırlıklandırılmış ve fiziksel, kimyasal, verimlilik makro, verimlilik mikro ve kirlilik indikatörleri içerisinde en yüksek ağırlık alan özellikler sırasıyla Kil, OM, TN, Fe, Ni olarak bulunmuştur.

Çizelge 1. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri
 Table 1. Descriptive statistics of soil properties

Özellikler	Ort.	St.S	VK	Min.	Max.	Çarpıklık	Basıklık
Kum %	57.743	5.198	9	43.201	68.718	-0.54	0.22
Kil %	23.82	3.218	13.51	18.223	35.386	0.63	1.9
Silt %	18.437	5.796	31.44	7.634	34.627	0.31	0.11
HA g cm ⁻³	1.5442	0.032	2.07	1.48	1.61	0.03	-0.56
Hİ mm h ⁻¹	11.262	3.712	32.96	2.98	19.25	0.18	-0.62
TK %	25.279	2.301	9.1	20.8	33.1	0.53	1.26
SN %	15.112	2.015	13.33	11.1	21.3	0.22	0.45
YS %	10.167	0.935	9.2	8.5	12.4	0.5	-0.2
pH	8.5796	0.1438	1.68	8.29	8.88	0.13	-0.49
EC dSm ⁻¹	0.224	0.06141	27.34	0.122	0.34	0.14	-0.9
CaCO ₃ %	22.251	6.243	28.06	5.64	32.29	-0.39	-0.37
OM %	1.3902	0.6097	43.86	0.31	2.74	0.32	-0.56
KDK cmol kg ⁻¹	33.97	8.07	23.77	18.75	50.00	0.12	-0.76
P mg kg ⁻¹	3.641	0.947	26.01	2.19	5.91	0.44	-0.65
TN %	0.1444	0.1024	70.92	0.03	0.42	1.43	1.14
Ca mg kg ⁻¹	5402	1258	23.29	3467	8827	0.93	0.49
Mg mg kg ⁻¹	698.4	422.9	60.54	106.3	2076.3	1.39	2.54
K mg kg ⁻¹	366	334.3	91.33	90.8	1652.3	2.54	7.01
Na mg kg ⁻¹	47.14	14.37	30.48	21.22	69.97	-0.07	-1.2
Fe mg kg ⁻¹	1860	1558	83.76	211	7339	2.08	4.75
Zn mg kg ⁻¹	1.77	4.251	240.14	0.155	22.238	4.52	20.39
Cu mg kg ⁻¹	1.848	1.507	81.55	0.293	6.785	1.82	3.61
Mn mg kg ⁻¹	33.44	22.87	68.38	7.85	100.1	1.08	0.66
Cd _T mg kg ⁻¹	0.3582	0.1518	42.37	0.045	0.68	0.21	-0.3
Pb _T mg kg ⁻¹	11.982	3.165	26.42	6.377	20.375	0.58	0.35
Ni _T mg kg ⁻¹	98	58.53	59.72	17.5	238.7	1.2	0.53
Cr _T mg kg ⁻¹	73.62	41.04	55.74	21.84	181.31	1.31	0.81
Co _T mg kg ⁻¹	14.873	4.54	30.52	5.535	23.688	0.37	-0.36
Cu _T mg kg ⁻¹	19.65	8.35	42.48	4.91	36.2	0.4	-0.78

Toprakların genetik özelliklerinin değiştirilemez olması ve diğer kalite özellikleri en uygun düzeyde olsa da ideal fiziksel koşulların olmaması toprak kalitesini negatif yönde etkilemektedir. Bu yüzden, toprak

fiziksel kalite indikatörleri toprak kalitesi için oldukça önemli olarak değerlendirilmiş ve en yüksek ağırlığı almıştır. Yine fiziksel koşullarda kil içeriğinin yüksek ağırlıkta olması diğer çalışmalar ile uyumlu olup kil

içeriği doğrudan ve dolaylı yoldan birçok özelliği etkilemektedir (Dengiz & Sarıoğlu 2013; Şenol ve ark., 2020). Kimyasal indikatörler içerisinde organik materyalin katkı oranı yüksek seviyelerde belirlenmiştir. Organik materyal uygulamalarıyla hem fiziksel koşullar pozitif yönde etkilenirken ayrıca, parçalanma ve ayrışma sonrası besin elementi açığa çıkmasıyla bitki için besin elementi kaynağı olarak

değerlendirilmektedir (Alaboz ve ark., 2017; Alaboz & Öz, 2020). Makro besin elementlerin katkı oranları mikro besin elementlere göre daha yüksek seviyelerde olması bitkilerin gerekliliklerinin fazla olması kaynaklıdır. En düşük ağırlık kirlilik indikatörlerinde değerlendirilmiştir. Toprağın ağır metal içeriği genellikle besin elementi içeriklerine göre düşük seviyelerde bulunmaktadır.

Çizelge 2. Toprak özelliklerinin AHS ile ağırlıklandırılması

Table 2. The weighting of soil properties with AHP

	Fiziksel	Kimyasal	Verimlilik Makro	Verimlilik Mikro	Kirlilik	Birleştirilmiş Ağırlık
	0.3697*	0.2604	0.1975	0.1099	0.0625	Toplam AixCi***
Kum	0.134**					0.0495
Kil	0.1583					0.0585
Silt	0.0417					0.0154
HA	0.0785					0.0290
Hİ	0.0708					0.0262
TK	0.1574					0.0582
SN	0.093					0.0344
YS	0.2663					0.0985
pH		0.1622				0.0422
EC		0.0587				0.0153
OM		0.4218				0.1098
CaCO ₃		0.1037				0.0270
KDK		0.2537				0.0661
P			0.2636			0.0521
TN			0.3292			0.0650
K			0.1747			0.0345
Ca			0.1097			0.0217
Mg			0.0879			0.0174
Na			0.0349			0.0069
Fe				0.4393		0.0483
Cu				0.1036		0.0114
Zn				0.1464		0.0161
Mn				0.3107		0.0341
Ni					0.3504	0.0219
Pb _T					0.2478	0.0155
Crt					0.064	0.0040
Cot					0.1267	0.0079
Cu _T					0.0462	0.0029
Cd _T					0.1649	0.0103
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.0000

*İndikatör gruplarının ağırlıkları (Ai), **Her bir indikatör grubu içindeki özelliklerin kendi içerisindeki ağırlıkları(Ci), ***Kombine ağırlık, her bir toprak göstergesinin ağırlığının ait olduğu kalite gösterge grubunun genel ağırlığı ile oranlanmasıyla belirlenir.

Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda toprağa ilavelerin yönetmelikler tarafından engellenmesi ve genetik bir faktör olmaması sebebiyle ağır metallerin ağırlıkları düşük olarak değerlendirilmiştir. AHS ile ağırlıklandırılan 29 toprak kalite indikatörü ve standart skorlama fonksiyonları ile standardize edilen veriler doğrusal kombinasyonu ile değerlendirilmiş ve toprak kalite indeksi belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde toprakların kalite indeksi 0.334-0.634 arasında değişkenlik sergilemiş, kalite çok düşük ve

orta olarak sınıflandırılmıştır. Toprak kalite indekslerindeki düşüklüğünde en büyük etken toprakların kum içeriğinin yüksekliği olarak değerlendirilmektedir. Toprak kalitesi çalışmalarında birçok toprak kalite indikatörü ile değerlendirmeler yapılmakta olup, veri setlerini azaltmak daha az özelliğin dahil olduğu veri seti ile başarılı bir şekilde toprak kalitesini belirlemek amaçlı minimum veri setleri oluşturulmaktadır (Şenol ve ark., 2020; Alaboz ve ark., 2021). Bu çalışmada 29 toprak kalite

indikatörüne temel bileşenler analizi uygulanmış ve bunun sonucu elde edilen özdeğeri ve varyansı açıklayan temel bileşen sayıları Çizelge 3' te belirtilmiştir. Temel bileşenler analizinin (PCA) sonucu, özdeğeri > 1 olan ve varyansın %86.818 oranında açıklandığı seviyedeki 10 temel bileşen dikkate alınmıştır (Çizelge 3). Yapılan PCA analizine göre, toplam veri setinde ele alınan 29 indikatörden 10 adeti ile minimum veri seti oluşturulmuştur. İlk temel bileşende varyansın % 19.884'ü açıklanmaktadır.

Çizelge 3. Temel Bileşenler varyans dağılımı
Table 3. Principal Components variance distribution

Temel Bileşen	Toplam	Özdeğerler Varyans %	Birikimli Varyans %
PCA-1	5.766	19.884	19.884
PCA-2	4.821	16.624	36.508
PCA-3	3.178	10.959	47.467
PCA-4	2.473	8.528	55.995
PCA-5	2.093	7.216	63.212
PCA-6	1.670	5.757	68.969
PCA-7	1.533	5.286	74.255
PCA-8	1.364	4.704	78.959
PCA-9	1.240	4.278	83.236
PCA-10	1.039	3.582	86.818

Temel bileşenler ve her bir temel bileşendeki özelliklerin ağırlıkları Çizelge 4'de belirtilmiştir. PCA-1'de en yüksek ağırlığa sahip özellikler toprakların ağır metal içerikleri olup bu özellikler Ni, Cr, Co ve Cu olarak belirlenmiş bu temel bileşen ağır metallerle ilgili değişimi açıklayan temel bileşen olarak değerlendirilmiştir. Toprakların Cr içerikleri ile Ni (r: 0.983; p<0.01), Co (r:0.893; p<0.01) ve Cu (r:0.801; p<0.01) arasında yüksek korelasyon (> 0.7) belirlenmiştir (Çizelge 5). Bu özellikler arasında toplam korelasyon yükü en yüksek Cr (8.052) belirlenmiş diğer özellikler veri setinden elenerek PCA-1' de Cr özelliği veri setine dahil edilmiştir. Toprak özellikleri arasındaki korelasyonun yüksek olması belirlenecek özelliğe katkı oranlarının benzer olduğunu göstermektedir. PCA-2'de en yüksek ağırlığa sahip özellikler fiziksel özellikler olup bunlar kil, Hİ, TK ve SN olarak bulunmuştur. TK özelliği diğer özellikler ile yüksek korelasyon göstermiş ve toplam korelasyon yükü en yüksek TK olarak bulunmuştur. TK minimum veri setine dahil edilmiş diğer özellikler veri setinden elenmiştir. Diğer temel bileşenlerde aynı yaklaşımla seçilen özellikler YS, KDK, Cu, OM, EC, P, Na ve Zn olarak tespit edilmiş diğer özellikler veri setinden elenmiştir.

Minimum veri seti ile elde edilen toprak özellikleri TK, YS, KDK, OM, P, Zn, Cu, EC, Na, Cr olarak elde edilmiş ve AHS ile karşılaştırma matrisleri sonucu ağırlıklandırılmaları sırasıyla 0.175, 0.239, 0.149, 0.141, 0.080, 0.076, 0.041, 0.031, 0.024 olarak saptanmıştır (CR<0.1). Minimum veri seti ile elde edilen toprak kalite indeksi 0.2709-0.6576 arasında,

Diğerleri ise sırasıyla % 16.624, 10.959, 8.528, 7.216, 5.757, 5.286, 4.704, 4.278 ve 3.582 oranında varyans açıklamıştır. Temel bileşenlerde özellikler seçilirken en yüksek ağırlıktaki özellik seçilmekte ve o yükün % 10 seviyesinde daha düşük ağırlığa sahip olan özellikler değerlendirmeye alınmakta diğer özellikler ise veri setinden elenmektedir. Ayrıca veri seti içerisinde özelliklerin ilişkisinde yüksek korelasyon (> 0.7) gösterenler arasında seçimler yapılmıştır (Sağlam ve ark., 2015; Alaboz, 2020).

kalite çok düşük- yüksek sınıflarında belirlenmiştir.

Toplam veri seti ve minimum veri setlerinin benzerliklerinin karşılaştırılması için T testi sonucu Çizelge 6'da gösterilmiştir. Her iki veri setinin T testine tabi tutulması sonucu p değeri 0.575 olarak belirlenmiştir. İstatistiksel olarak önemli farklılık bulunmayan her iki veri setinde de toprak kalite indeksi birbirine yakın seviyelerde belirlenmiştir. Böylece bu bölgede toprak kalitesinin belirlenmesinde minimum veri seti içerisinde olan özelliklerin belirlenmesi ile kalite, doğru bir şekilde değerlendirilebilmektedir.

Toplam 29 indikatör ile elde edilen toprak kalite indeksi sonucu toprakların % 15.38'i "çok düşük", % 57.69'u "düşük", % 26.92'si orta kalite sınıfta belirlenmiştir. Minimum veri seti ile elde edilen TKİ sonucu, toprakların % 25'i "çok düşük", % 38.46'sı "düşük", % 34.61'i "orta", % 1.92'si "yüksek" olarak sınıflandırılmıştır. Toplam ve minimum veri setlerine ait toprak kalite indekslerinin dağılımı için en uygun semivariogram modellerin RMSE değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. Gerek toplam veri seti gerekse de minimum veri seti ile oluşturulan toprak kalite indekslerinin alan içerisinde dağılımının belirlenmesine yönelik en uygun dağılım modeli her iki veri seti için Simple Kriging'in Spherical semivariogram modeli olarak belirlenmiştir. Bilgili ve ark., (2011) toprak özelliklerinin mekansal değişiminin hiperspektral VNIR yansıma spektroskopisi ve kriging ile birlikte kullanımını araştırdığı çalışmada; ordinary kriging yöntemiyle

toprak örnek sayısının artışına bağlı olarak CaCO₃ içeriğinin mekansal dağılımında başarılı sonuçlar elde ettiğini bildirmiştir. Çalışma sonucunda; VNIRRS ve

jeostatistiksel yöntemlerin kombinasyonlarının, toprak özelliklerinin haritalanmasında başarılı bir şekilde kullanılabileceği bildirilmiştir.

Çizelge 4. Temel bileşenler ve özelliklerin ağırlıkları

Table 4. Weights of basic components and features

	Temel Bileşenler (PCA)										Toplam Korelasyon Yükleri
	PCA-1	PCA-2	PCA-3	PCA-4	PCA-5	PCA-6	PCA-7	PCA-8	PCA-9	PCA-10	
Kum	-.064	-.201	-.964	.062	-.041	.082	-.013	-.024	.020	-.031	6.260
Kil	.011	.965	-.066	.094	-.038	.081	.023	.004	-.111	-.088	7.766
Silt	.051	-.356	.901	-.108	.058	-.118	-.001	.019	.044	.076	7.212
HA	-.340	-.280	-.220	-.003	.134	-.800	-.007	.113	-.113	-.079	7.331
Hİ	.081	-.934	-.117	-.063	-.017	.143	-.041	-.015	.081	.033	6.286
TK	.127	.906	.267	.067	-.071	.271	.039	-.026	-.048	-.002	8.575
SN	.073	.941	-.128	.099	-.083	.235	.036	-.034	-.058	-.040	8.436
YS	.154	.201	.933	-.047	.005	.160	.018	.007	.007	.082	6.415
pH	-.484	-.262	.229	.188	.009	-.218	-.607	.144	.152	-.076	7.325
EC	-.183	-.094	.007	.239	.046	-.173	.701	-.252	.331	.040	5.375
CaCO ₃	-.317	-.023	.151	.718	-.023	.266	-.166	-.052	-.043	-.085	6.062
OM	.333	.201	-.262	.044	-.150	.821	-.028	-.146	.065	.063	7.544
KDK	-.042	.176	-.177	.904	-.185	-.063	.055	-.076	.025	-.081	7.337
P	-.087	-.038	-.020	.015	.113	-.119	.034	.792	-.027	.201	4.625
TN	-.159	-.071	-.051	.113	.016	.380	-.340	-.525	-.242	-.088	4.381
Ca	.040	.227	-.223	.746	-.292	-.168	-.004	-.099	.201	.147	6.455
Mg	-.144	-.008	.012	.608	.119	.163	.058	.159	-.280	-.488	4.668
K	-.073	.036	-.073	.541	-.084	-.037	.305	-.641	-.141	.174	5.989
Na	-.225	-.175	-.120	.070	-.074	.117	-.003	.030	.761	-.171	5.003
Fe	.040	-.042	.040	-.150	.936	-.068	-.059	-.005	.077	-.010	4.735
Zn	-.090	-.174	.182	-.067	.105	.134	-.079	.259	-.040	.835	5.148
Cu	-.052	-.066	.035	-.124	.931	-.116	-.064	.145	-.021	.080	5.526
Mn	-.550	-.397	.189	.112	-.033	.133	.235	.297	-.166	.255	6.970
Cd _T	-.107	.079	.099	-.066	-.177	.006	.528	.255	.069	-.163	4.086
Pb _T	.011	-.087	.127	-.071	.123	.001	.182	.074	.668	.148	4.701
Nir	.934	-.017	.068	-.123	-.024	.084	-.003	.029	-.201	-.041	7.916
Crr	.934	.023	.070	-.117	.010	.102	.046	.036	-.190	-.077	8.052
Cot	.908	-.087	.151	-.008	.000	.153	-.093	.070	-.039	.017	7.361
Cut	.912	.094	.068	-.030	-.008	.131	-.025	-.086	.179	.093	7.812

Çizelge 6. Veri setlerinin karşılaştırılması

Table 6. Comparison of data sets

Variable	N	Mean	St.Dev	Coef.Var	Min.	Mak.	Skewness	Kurtosis	T test	P değeri
TKİ-tvs	52	0.46278	0.05915	12.78	0.33454	0.63468	0.22	0.50	0.56	0.575
TKİ-mvs	52	0.4598	0.0831	18.07	0.2709	0.6576	-0.02	-0.20		

Toplam 29 indikatör ile elde edilen toprak kalite indeksi sonucu toprakların % 15.38'i "çok düşük", % 57.69'u "düşük", % 26.92'si orta kalite sınıfta belirlenmiştir. Minimum veri seti ile elde edilen TKİ sonucu, toprakların % 25'i "çok düşük", % 38.46'sı "düşük", % 34.61'i "orta", % 1.92'si "yüksek" olarak sınıflandırılmıştır. Toplam ve minimum veri setlerine ait toprak kalite indekslerinin dağılımı için en uygun semivariogram modellerin RMSE değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. Gerek toplam veri seti gerekse de minimum veri seti ile oluşturulan toprak kalite indekslerinin alan içerisinde dağılımının belirlenmesine yönelik en uygun dağılım modeli her iki

veri seti için Simple Kriging'in Spherical semivariogram modeli olarak belirlenmiştir. Bilgili ve ark., (2011) toprak özelliklerinin mekansal değişiminin hiperspektral VNIR yansıma spektroskopisi ve kriging ile birlikte kullanımını araştırdığı çalışmada; ordinary kriging yöntemiyle toprak örnek sayısının artışına bağlı olarak CaCO₃ içeriğinin mekansal dağılımında başarılı sonuçlar elde ettiğini bildirmiştir. Çalışma sonucunda; VNIRRS ve jeostatistiksel yöntemlerin kombinasyonlarının, toprak özelliklerinin haritalanmasında başarılı bir şekilde kullanılabileceği bildirilmiştir.

Table 5. Correlation matrix of soil properties
Çizelge 5. Toprak özelliklerinin korelasyon matrisi

	Kum	Kil	Silt	HA	Hİ	TK	SN	YS	pH	EC	CaCO3	OM	KDK	P	TN	Ca	Mg	K	Na	Fe	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb	Ni	Cr	Co	Cu
Kum	1.000	-.113	-.834	.227	.291	-.417	-.035	-.951	-.106	.035	-.024	.259	.186	-.013	.140	.194	.051	.108	.182	-.086	-.160	-.088	-.057	-.097	-.078	-.117	-.130	-.157	-.122
Kil	-.113	1.000	-.454	-.286	-.914	.899	.968	.127	-.286	-.085	.067	.259	.257	-.081	.006	.232	.156	.093	-.199	-.124	-.235	-.137	-.331	.065	-.178	.021	.059	-.040	.095
Silt	-.834	-.454	1.000	-.045	.246	-.125	-.506	.783	.254	.015	-.015	-.376	-.310	.057	-.129	-.303	-.132	-.148	-.053	.146	.274	.155	.235	.051	.169	.093	.084	.163	.057
HA	.227	-.286	-.045	1.000	.078	-.577	-.437	-.480	.382	.166	-.095	-.859	-.004	.197	-.160	-.028	.050	-.035	-.002	.133	-.043	.246	.235	.011	-.011	-.345	-.371	-.365	-.465
Hİ	.291	-.914	.246	.078	1.000	-.842	-.859	-.221	.143	.002	-.064	.041	-.183	.034	.030	-.187	-.074	-.064	.189	.046	.146	.045	.217	-.126	.083	.039	.014	.092	.016
TK	-.417	.899	-.125	-.577	-.842	1.000	.915	.490	-.308	-.111	.093	.388	.162	-.111	.020	.162	.068	.078	-.197	-.125	-.105	-.167	-.306	.101	-.097	.155	.194	.120	.244
SN	-.035	.968	-.506	-.437	-.859	.915	1.000	.096	-.354	-.091	.083	.441	.266	-.120	.066	.266	.108	.128	-.145	-.164	-.208	-.202	-.361	.079	-.149	.084	.121	.022	.167
YS	-.951	.127	.783	-.480	-.221	.490	.096	1.000	.005	-.078	.049	.005	-.175	-.016	-.092	-.175	-.064	-.084	-.173	.046	.191	.024	.025	.078	.083	.202	.217	.247	.240
pH	-.106	-.286	.254	.382	.143	-.308	-.354	.005	1.000	-.153	.387	-.444	.042	.191	.193	.022	.093	-.163	.205	.053	.081	.099	.303	-.277	.069	-.460	-.512	-.312	-.429
EC	.035	-.085	.015	.166	.002	-.111	-.091	-.078	-.153	1.000	.133	-.183	.204	-.040	-.159	.192	.009	.456	.293	-.018	-.131	-.077	.224	.338	.330	-.252	-.223	-.242	-.137
CaCO3	-.024	.067	-.015	-.095	-.064	.093	.083	.049	.387	.133	1.000	.077	.519	.027	.380	.361	.450	.384	.087	-.164	-.046	-.141	.197	-.070	-.085	-.313	-.307	-.173	-.268
OM	.259	.259	-.376	-.859	.041	.388	.441	.005	-.444	-.183	.077	1.00	.105	-.206	.268	.120	-.001	.116	.032	-.186	-.051	-.288	-.290	-.102	-.059	.317	.333	.313	.425
KDK	.186	.257	-.310	-.004	-.183	.162	.266	-.175	.042	.204	.519	.105	1.000	-.133	.082	.891	.569	.538	.105	-.293	-.226	-.296	-.018	.033	-.141	-.193	-.180	-.146	-.080
P	-.013	-.081	.057	.197	.034	-.111	-.120	-.016	.191	-.040	.027	-.206	-.133	1.000	-.362	-.070	-.089	-.364	-.085	.084	.232	.263	.226	.184	.057	-.083	-.081	-.084	-.138
TN	.140	.006	-.129	-.160	.030	.020	.066	-.092	.193	-.159	.380	.268	.082	-.362	1.000	.039	.058	.251	-.117	-.032	-.131	-.078	.003	-.188	-.213	-.058	-.086	-.002	-.039
Ca	.194	.232	-.303	-.028	-.187	.162	.266	-.175	.022	.192	.361	.120	.891	-.070	.039	1.000	.144	.448	.169	-.304	-.134	-.333	-.123	.063	-.071	-.143	-.144	-.110	.028
Mg	.051	.156	-.132	.050	-.074	.068	.108	-.064	.093	.009	.450	-.001	.569	-.089	.058	.144	1.000	.192	-.059	-.071	-.243	-.028	.179	-.030	-.171	-.150	-.117	-.093	-.220
K	.108	.093	-.148	-.035	-.064	.078	.128	-.084	-.163	.456	.384	.116	.538	-.364	.251	.448	.192	1.000	-.084	-.228	-.142	-.223	-.017	-.028	-.127	-.136	-.138	-.172	-.046
Na	.182	-.199	-.053	-.002	.189	-.197	-.145	-.173	.205	.293	.087	.032	.105	-.085	-.117	.169	-.059	-.084	1.000	-.034	-.083	-.054	.139	.037	.351	-.292	-.280	-.204	-.153
Fe	-.086	-.124	.146	.133	.046	-.125	-.164	.046	.053	-.018	-.164	-.186	-.293	.084	-.032	-.304	-.071	-.228	-.034	1.000	.089	.878	-.083	-.138	.111	.010	.032	.026	.031
Zn	-.160	-.235	.274	-.043	.146	-.105	-.208	.191	.081	-.131	-.046	-.051	-.226	.232	-.131	-.134	-.243	-.142	-.083	.089	1.000	.207	.460	-.127	.182	-.066	-.088	.052	-.018
Cu	-.088	-.137	.155	.246	.045	-.167	-.202	.024	.099	-.077	-.141	-.288	-.296	.263	-.078	-.333	-.028	-.223	-.054	.878	.207	1.000	.047	-.141	.085	-.048	-.024	-.057	-.097
Mn	-.057	-.331	.235	.235	.217	-.306	-.361	.025	.303	.224	.197	-.290	-.018	.226	.003	-.123	.179	-.017	.139	-.083	.460	.047	1.000	.194	.022	-.397	-.439	-.305	-.536
Cd	-.097	.065	.051	.011	-.126	.101	.079	.078	-.277	.338	-.070	-.102	.033	.184	-.188	.063	-.030	-.028	.037	-.138	-.127	-.141	.194	1.000	.191	-.084	-.046	-.125	-.082
Pb	-.078	-.178	.169	-.011	.083	-.097	-.149	.083	.069	.330	-.085	-.059	-.141	.057	-.213	-.071	-.171	-.127	.351	.111	.182	.085	.022	.191	1.000	-.153	-.156	.063	.215
Ni	-.117	.021	.093	-.345	.039	.155	.084	.202	-.460	-.252	-.313	.317	-.193	-.083	-.058	-.143	-.150	-.136	-.292	.010	-.066	-.048	-.397	-.084	-.153	1.000	.983	.920	.804
Cr	-.130	.059	.084	-.371	.014	.194	.121	.217	-.512	-.223	-.307	.333	-.180	-.081	-.086	-.144	-.117	-.138	-.280	.032	-.088	-.024	-.439	-.046	-.156	.983	1.000	.893	.801
Co	-.157	-.040	.163	-.365	.092	.120	.022	.247	-.312	-.242	-.173	.313	-.146	-.084	-.002	-.110	-.093	-.172	-.204	.026	.052	-.057	-.305	-.125	.063	.920	.893	1.00	.862
CuT	-.122	.095	.057	-.465	.016	.244	.167	.240	-.429	-.137	-.268	.425	-.080	-.138	-.039	.028	-.220	-.046	-.153	.031	-.018	-.097	-.536	-.082	.215	.804	.801	.862	1.000

Çizelge 7. Toplam ve minimum veri setlerine ait toprak kalite indekslerinin dağılımı için en uygun semivariogram modellerin RMSE değerleri

Table 7. RMSE values of the most suitable semivariogram models for the distribution of soil quality indices of the total and minimum data sets

Modeller	Semivariogramlar	RMSE	
		TKI-tvs	TKI-mvs
Ters Mesafe	1	0.0596	0.0849
Ağırlıklandırma (IDW)	2	0.0583	0.0844
	3	0.0584	0.0854
Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF)	İnce plaka spline (Thin Plate Spline)	0.0564	0.0877
	Düzenli spline (Completely Regularized Spline)	0.0567	0.0835
	Gergin spline (Spline with Tension)	0.0556	0.0835
	Ordinary Kriging		
	Gauss (Gaussian)	0.0602	0.0865
	Üstel (Exponential)	0.0605	0.0868
	Küresel (Spherical)	0.0600	0.0859
	Basit Kriging (Simple Kriging)		
Kriging	Gauss (Gaussian)	0.0565	0.0800
	Üstel (Exponential)	0.0568	0.0811
	Küresel (Spherical)	0.0554	0.0793
	Evrensel Kriging (Universal Kriging)		
	Gauss (Gaussian)	0.0602	0.0865
	Üstel (Exponential)	0.0605	0.0868
	Küresel (Spherical)	0.0600	0.0859

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışma, yarı kurak karasal ekosisteme sahip olan Van Gölü'nün doğusunda yer alan Van ili Erdemir ilçesinde elma bahçeleri topraklarının toprak kalite indekslerinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanından alınan 52 adet, 0-30 cm derinliği temsil eden toprak örneğinde, çok kriterli karar analizlerden biri olan AHS yönteminin standart skorlama fonksiyon ile kullanılarak toprak kalitesi değerlendirilmiştir.

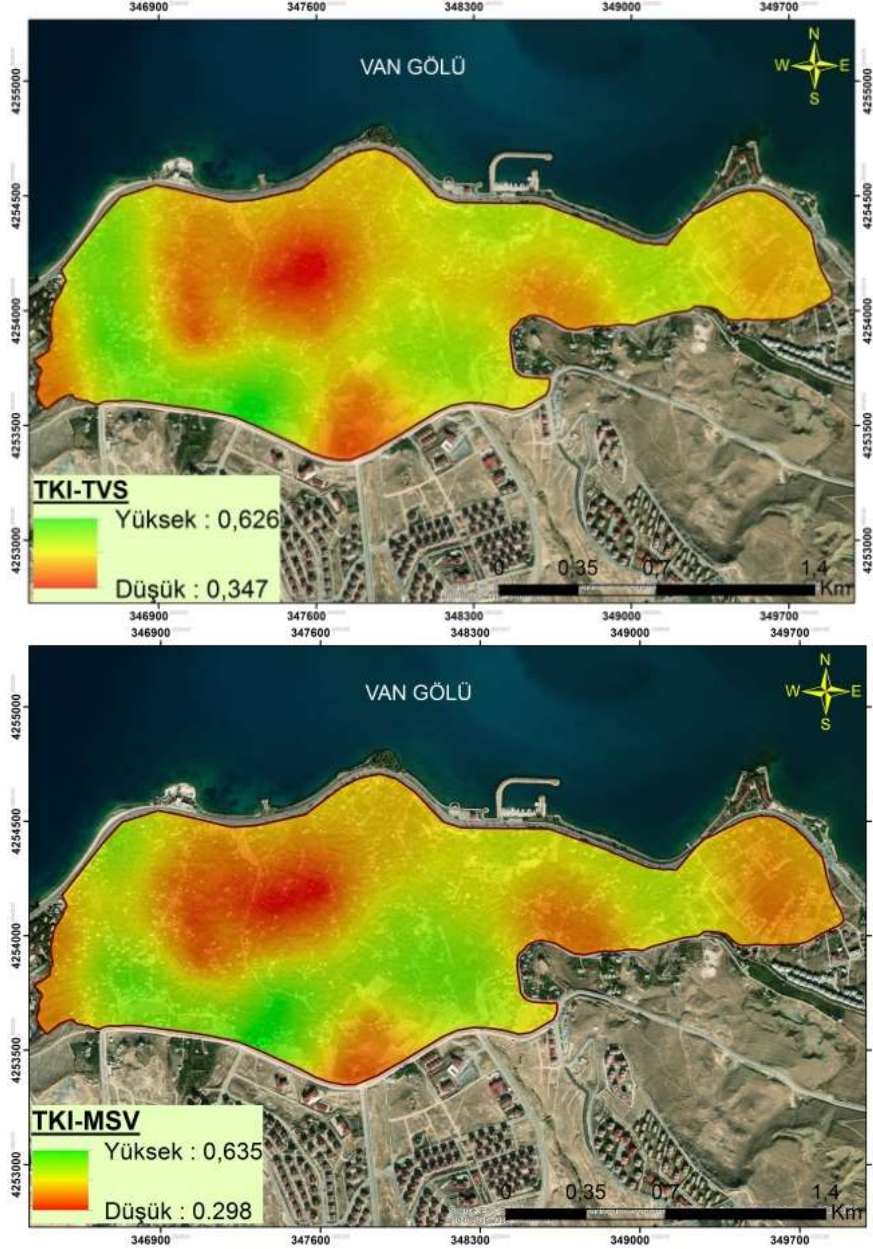
Ayrıca, incelenen 29 adet toprak kalite indikatörü içerisinde temel bileşenler analizi ile minimum veri seti oluşturulmuş etkisi yüksek 10 indikatör seçilmiştir. Böylece benzer bir çalışmanın yörede yapılmasına yönelik olarak zaman, masraf ve iş gücü gibi önemli faktörlerin azaltılmasına önemli bir katkı sunulmuştur. Gerek toplam veri seti gerekse de minimum veri setine ait kalite indekslerinin alan içerisinde konumsal dağılım haritalarının üretilmesi amacıyla 15 enterpolasyon modeli uygulanmış olup, bu modeller içerisinde en düşük RMSE değerleri olarak, Kriking'in Simple Semivariogramına ait Spherical modeli belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde toprakların kalite indeksi 0.334-0.634 arasında değişkenlik sergilemiş, kalite çok düşük ve orta olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada; toprak kalite indekslerinin değerlendirilmesinde genetik

faktörlerden olan kum ve kil içeriğinin ağırlıkları benzer olarak belirlense de kum içeriğinin "arttıka azalan" skorlama fonksiyonunda kullanılması kum içeriği yüksek alanlarda toprak kalitesinin düşük çıkmasına katkı sağlamıştır. Kum içeriğinin yüksek olması nedeniyle düşük su tutma kapasiteleri, KDK ve yüksek hacim ağırlığının olduğu değerlendirilmektedir. Kum içeriğindeki bu artış diğer özellikleride kombine bir şekilde etkilemiş ve düşük skorlanma sonucu TKİ daha düşük belirlenmiştir. Ayrıca, gerek istatistiksel gerekse de jeoistatistiksel olarak önemli farklılık bulunmayan her iki veri setinde de toprak kalite indeksi birbirine yakın seviyelerde belirlenmiş ve konumsal dağılım haritaları birbirine yakınlık sergilemiştir.

Toprak kalite indeksinin düşük olması üretimi de olumsuz etkilemektedir. Elma ürün verimi ve kalitesinin artırılması toprak kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Toprak kalite indeksinin belirlenmesinde ağırlığı yüksek olan fiziksel indikatörlerin iyileştirilmesi için organik materyel uygulamaları ile kum içeriği yüksek olan elma bahçelerinde hem agregasyonun artışı sağlanırken, hem de su ve besin elementi tutulumu-yarayışlılığı artacaktır. Ayrıca organik materyel uygulamaları ile biyolojik ve kimyasal kalite indikatörleride pozitif yönde etkilenecek toprak kalitesi ve ürün veriminde

artışların olması beklenmektedir. Bölgede azaltılmış toprak işleme gibi kültürel işlemlerin dikkate alınması fiziksel koşullardan kaynaklanacak negatif etkiyi ortadan kaldıracaktır. Bunun yanında zamanında

yapılacak toprak analizleri ve bilinçli gübreleme ile sulamanın elma bahçelerindeki ürün verimi ve toprak kalitesi üzerinde etkili olacağı önerilmektedir.



Şekil 6. Toplam ve minimum veri setlerine ait toprak kalite indekslerinin dağılımı haritaları
Figure 6. Distribution maps of soil quality indices of total and minimum data sets

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

Akça, H., Taban, N., Turan, M. A., Taban, S.,

Ouedraogo, A. R. & Türkmen, N. (2017). Türkiye’de Sarımsak Tarımı Yapılan Toprakların Verimlilik Durumu. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (2), 93-100. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/382141>

Alaboz, P., Dengiz, O. & Demir, S. (2021). Barley Yield Estimation Performed by ANN Integrated with the Soil Quality Index Modified by Biogas Waste Application. *Zemdirbyste-Agriculture*, 108, 217-226. <https://doi.org/10.13080/z-a.2021.108.028>.

Alaboz, P. (2020). Selecting Soil Properties for

- Assessment of Soil Aggregation Using Principal Component and Clustering Analysis. *Soil Research*, 59, 170-178. <https://doi.org/10.1071/SR20031>.
- Alaboz, P., Işıldar A.A., Müjdecı, M. & Şenol, H. (2017). Farklı Düzeylerde Vermikompost ve Sulama Uygulamalarının Bazı Toprak Özellikleri ve Biber (*Capsicum annuum*) Gelişimi Üzerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (1), 30-36. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.284217>.
- Alaboz, P. & Öz, H. (2020). Biyokömür ve Solarizasyon Uygulamalarının Bazı Toprak Fiziksel Özellikler Üzerine Etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35 (2), 208-214. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.697458>.
- Alpar, R. (2020). *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler*. Detay Yayıncılık.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L. & Mitchell, J.P. (2002). A Comparison of Soil Quality Indexing Methods for Vegetable Production Systems in Northern California. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 90, 25-45. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00174-8) Get rights and content.
- Anonim, (2022). Van İline Ait İstatistik Veriler. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=VAN>. (Alınma Tarihi: 16.05.2022)
- Bilgili, A.V., Akbaş, F. & Van Es, H.M. (2011). Combined use of hyperspectral VNIR reflectance spectroscopy and kriging to predict soil variables spatially. *Precision Agriculture*, 12 (3), 395-420. <https://doi.org/10.1007/s11119-010-9173-6>.
- Blacke, G.R. & Hartge, K.H. (1986). Bulk density. in Klute, A. (ed). *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd ed. *Agronomy*, 9, 363-382.
- Bölük, E. (2016). According to Erinç Climate Classification Turkish Climate, *Ministry of Forestry and Water Management General Directorate of Meteorology*, Ankara.
- Bouyoucos, G.A. (1951). Determination of Particle Size in Soils. *Agronomy Journal*, 42, 438-443.
- Bremner, J. M. (1982). Total nitrogen. *Methods of soil analysis. Am. Soc. Agron. Morgan* 10 (2), 594-624.
- Çelik, H. & Urhan, G. (2020). Keles Yöresi Kiraz Bahçelerinin Beslenme Durumlarının Toprak, Yaprak ve Meyve Analizleri ile Değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34 (1), 185-200. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1101944>
- Coşkun, Y. (2018). *Karaman'da Elma Yetiştiriciliği ve Yerel Elma Çeşitleri*. Karaman'ın Elmalarını ve Üzümlerini Araştırıyoruz Projesi.
- Dengiz, O. & Sarioğlu, F.E. (2013). Parametric Approach with Linear Combination Technique in Land Evaluation Studies. *Journal of Agricultural Sciences*, 19, 101-112. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001234.
- Dengiz, O. (2020). Soil Quality Index for Paddy Fields Based on Standard Scoring Functions and Weight Allocation Method. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66 (3), 301-315. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1610880>
- Doğan, A. & Erdal, İ. (2018). Burdur İli Tahıl Yetiştirilen Toprakların Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6 (1), 39-45. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/494088>
- Doran, J. W. & Parkin, T. B. (1996). Quantitative Indicators of Soil Quality. A minimum data set. In: Doran JW, Jones AJ (ed), *Methods for Assessing Soil Quality SSSA Spec. Publ. 49*, Madison, WI, 25-37.
- Eren, A. (2019). Kızıltepe Yöresinde Buğday Tarımı Yapılan Toprakların Bazı Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(1), 1-9. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/657364>
- Everest, T., Sungur, A. & Özcan, H. (2020). Gelibolu Namaztepe Bölgesindeki Farklı Fizyografyalar Üzerindeki Toprakların Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Sınıflandırılması. *ÇOMÜ LİAR*, 1(1), 1-12. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1172141>
- FAO, (1990). *Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International study*. FAO Soils Bulletin, 63, Rome.
- Follet, R.H. (1969). *Zn. Fe. Mn and Cu in Colorado Soils*. [Ph.D. Dissertation, Colo. State University].
- Güneş, A., Aktaş, M., İnal, A. & Alpaslan, M. (1996). *Konya Kapalı Havzası Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal özellikleri*. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Houskova, B., (2004). Soil compaction as a driving force for changes in soil functions, 12-16 June JRC Ispra.
- Jackson, M.L. (1958). *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 498. 183-204.
- Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (2001). *Trace Elements In Soils And Plants*, CRC Press, Washington, D.C., USA.
- Kalkancı N, Şimşek T, Aslan N, Büyük G. (2021). Tarım Topraklarının Verimlilik Durumlarının Tematik Düzeyde Haritalanarak Sürdürülebilir Yönetiminin Sağlanması: Osmaniye Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* 24(4), 859-870. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.800468>
- Karaca, S., Dengiz, O., Turan, İ.D., Özkan, B., Dedeoğlu, M., Gülser, F., Sargin, B., Demir, S. & Ay, A. (2021). An Assessment of Pasture Soils Quality Based on Multi-Indicator Weighting Approaches in Semi-Arid Ecosystem. *Ecological Indicators*, 121, 107001. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107001>.

- Kars, N. & Ekberli, İ. (2020). Çarşamba Ovası'nda Soya Yetiştirilen Tarım Alanlarının Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8 (1), 14-25. <https://doi.org/10.33409/tbbbd.756822>.
- Kaya, T. (2008). Van Merkez, Edremit ve Gevaş İlçeleri Elma Genetik Kaynaklarının Fenolojik, Morfolojik, Pomolojik ve Moleküler Tanımlanması. [Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kloke, A. (1980). Orientierungsdaten Fur Tolerierbare Gesa Mtgehalte Einiger Elemente in Kulturboden. *Mitt. VDLUFA 1* (3), 9-11.
- Klute, A. & Dirksen, C. (1986). *Hydraulic Conductivity and Diffusivity. Laboratory Methods. In: Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*, 687-732. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9 (2nded), Madison.
- Lindsay, W.L. & Norvell, W.A. (1969). Development of a DTPA Micronutrient Soil Test. *Soil Science Society of American Proceeding* 35, 600-602.
- Lindsay, W.L. & Norvell, W.A. (1978). Development of a DTPA Soil Test For Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42 (3), 421-428.
- Maas, E.V. (1986). Salt Tolerance of Plants. *Applied Agricultural Research*, 1, 12-25.
- Masto, R.E, Chhonkar, P.K., Purakayastha, T.J., Patra, A.K. & Singh, D. (2008). Soil Quality Indices for Evaluation of Long-Term Land Use and Soil Management Practices Semi-Arid Sub-Tropical India. *Land Degradation and Development*, 19 (5), 516-529. <https://doi.org/10.1002/ldr.857>
- Olsen, S.R. (1954). *Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate* (No. 939). US Department of Agriculture.
- Ordu, D. (2020). *Bursa ili Karacabey İlçesi Mısır Tarımı Yapılan Toprakların (Yolağzı Bölgesi) Verimlilik Durumunun Belirlenmesi*. [Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü], Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Özbek, S. (1978). *Özel Meyvecilik. Ç.Ü Ziraat Fakültesi Yayınları 128*, Ders Kitabı II, Adana.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E. & İsfendiyaroğlu, M. (2011). *Ilıman iklim meyve türleri. Yumuşak çekirdekli meyveler Cild-II*, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.
- Özkutlu, F., Ete Aydemir, Ö., Akgün, M. & Özcan, B. (2019). Ordu İlinde Fındık (*Corylus Avellana* L.) Tarımı Yapılan Toprakların Çinko (Zn) Beslenme Durumu ve Potansiyel Beslenme Problemlerinin Belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8 (Özel Sayı), 131-140. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/934574>
- Özulu, M., Özaytekin, H.H. & Uyanöz, R. (2006). Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesinde Farklı Yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(40),1-8.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H. & Ünal, E. (2016). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 31 (1), 136-148. <https://doi.org/10.7161/anajas.2016.31.1.136-148>.
- Richards, L.A. (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Lab., (Ed.), United States Department of Agriculture Handbook*, 60:94 California, USA.
- Saaty, T.L. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15 (3), 234-281.
- Saaty, T.L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal Services Sciences*, 1 (1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>.
- Sağlam, M., Dengiz, O. & Saygın, F. (2015). Assessment of Horizontal and Vertical Variabilities of Soil Quality Using Multivariate Statistics and Geostatistical Methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(13), 1677-1697. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1045596>.
- Sarı, H. (2014). *Tekirdağ İlinde Bazi Arazi Karakteristiklerinin Toprağın Hidrolik İletkenliği Üzerine Etkisi*. [Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı], Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Şenol, H., Alaboz, P., Demir, S. & Dengiz, O. (2020). Computational Intelligence Applied to Soil Quality Index Using GIS and Geostatistical Approaches in Semiarid Terrestrial Ecosystem. *Arabian Journal of Geosciences*, 13 (23), 1235. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06214-9>.
- Soil Survey Staff, (1992). *Procedures for Collecting Soil Samples and Methods of Analysis for Soil Survey. Soil Survey Invest. Rep.* I.U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C. USA.
- Soil Survey Staff, (1993). *Soil Survey Manuel*. USDA Handbook. No: 18, Washington D.C.
- SPSS, (2016). IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows. Armonk, NY.
- Tercan, E., Dengiz, O., Özkan, B., Dereli, M.A. & Öztekin, Y.B. (2022). Geographic Information System-Assisted Site Quality Assessment for Hazelnut Cultivation Using Multi-Criteria Decision Analysis in The Black Sea Region, Turkey. *Environ. Sci Pollut. Res.*, 29, 35908–35933. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18127-5>.
- Toprak Kirliliği Yönetmeliği, (2005). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050531-6.html>. (Alınma Tarihi: 16.05.2022)
- TOVEP, (1991). *Türkiye Toprakları Verimlilik Envanteri*. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

- Ülgen, N. & Yurtsever, N. (1995). *Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı)*. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Van Wambeke, A.R. (2000). *The Newhall Simulation Model for Estimating Soil Moisture and Temperature Regimes*. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, Ithaca, NY. The USA.
- Wilding, L.P. (1985). *Spatial Variability: Its Documentation, Accommodation, and Implication to Soil Surveys*, 166-194 . In D.R. Nielsen and J. Bouma (eds.). *Soil Spatial Variability*: Pudoc, Wageningen, Netherlands.