T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORGANİK VE GELENEKSEL TARIM YAPILAN ALANLARDAKİ BAZI TOPRAK KALİTE PARAMETRELERİNİN SPEKTRORADYOMETRİK YÖNTEMLERLE KARAKTERİZE EDİLMESİ

Abdulkadir TURAN

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 8
3. MATERYAL ve YÖNTEM 17
3.1. Materyal 17
3.2. Yöntem 18
3.2.1. Toprak analizleri 18
3.2.2. Toprak kalite indeksinin belirlenmesi 20
3.2.2.1. Doğrusal skorlama yöntemi ile toprak kalite indekslerinin belirlenmesi 21
3.2.3. Toprak örneklerinin spektroradyometre okumaları 21
3.2.3.1. VNIRS ile spektroradyometre okumaları 21
3.2.3.2. Kısmi en küçük kareler regrasyonu (PLSR) ile modelleme ve tahmin 23
3.2.3.3. KNN metodu ile spektral sınıflandırma 24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 25
4.1. Organik ve Geleneksel Tarım Yapılan Alanlardan Alınan Toprak Örneklerinin Analiz Sonuçları 25
4.2. Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroradyometre (VNIRS) Tekniği ile Elde Edilen Toprak Yansıma Karakteristikleri 26
4.3. PLSR Tekniği ile Modelleme 28
4.3.1. Organik tarım yapılan topraklar 29
4.3.2. Geleneksel tarım yapılan topraklar 31
4.4. Organik ve Geleneksel Tarım Yapılan Toprakların KNN Yöntemi Kullanılarak Spektral Sınıflandırılması 33
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 37
KAYNAKLAR 38

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ORGANİK VE GELENEKSEL TARIM YAPILAN ALANLARDAKİ BAZI TOPRAK KALİTE PARAMETRELERİNİN SPEKTRORADYOMETRİK YÖNTEMLERLE KARAKTERİZE EDİLMESİ

Abdulkadir TURAN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ
Yıl: 2022, Sayfa: 45

Görülebilir ve Yakın Kızıl Ötesi Dalga Boyu Spektroradyometre (Visible and Near Infrared Reflectance Spectroradiometer; VNIRS) tekniği toprak örneklerinin karakterize edilmesinde ucuz, zamandan tasarruf sağlayan ve kolay bir yaklaşım olarak son zamanlarda yaygın bir biçimde saha çalışmalarında ve laboratuvar ortamında kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmadaki amaç VNIRS tekniğinin aynı ana materyal üzerinde oluşmuş fakat iki farklı amenajman sistemi (organik tarım ve geleneksel tarım) ile yönetilen alanlara ait toprak örneklerinin sınıflandırılması ve toprak parametrelerinin tahmin edilebilirliğinde kullanılabilirliğinin test edilmesidir. Bu kapsamda 2 mm lik elekten elenmiş hava kurusu toprakların 350-2500 nm aralığında VNIRS aletiyle yansımaları toplanmıştır. Toprak örneklerine ait bazı fiziko kimyasal özellikler ile toprak yansımaları arasındaki ilişkiler Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (Partial Least Square Regression; PLSR) tekniği kullanılarak modellenmiştir. Modellerin doğruluğu çapraz doğrulama (cross validation) ile test edilmiştir. Farklı amenajman altındaki topraklar farklı yansıma karakteristikleri göstermiştir. Uzun yıllardır organik tarım yapılan bu nedenle de organik madde birikimi fazla olan organik tarım yapılan alanlardaki toprakların yüzde yansıma oranları geleneksel tarım yapılan alanlardaki toprakların yüzde yansımalarına göre daha düşük bulunmuş, organik tarım topraklarındaki ortalama yansıma değerleri maksimum 10. 9 % oranında bulunurken, geleneksel toprakların ortalama yansımaları maksimum 15.5 % oranında bulunmuştur. Organik tarım yapılan alanlarda PLSR tekniği ile toprak parametreleri arasındaki model kalibrasyonları orta seviyede başarılı bulunmuştur (R^2 0.7 – 0.8 arasında). Modellere ait çapraz doğrulama R^2 değerleri ise sırasıyla 0.32 - 0.49 arasında bulunmuştur. Geleneksel tarım yapılan alanlardaki topraklarda ise model kalibrasyon R^2 değerleri sırasıyla 0.79 - 0.81, çapraz doğrulama R^2 değerleri ise sırasıyla 0.19 - 0.63 arasında bulunmuştur. K En yakın komşuluk (KNN) metodu ile farklı amenajman altındaki toprakların spektral yansımalara bağlı ayırt edilebilirlik doğruluk seviyeleri % 90` ın üzerinde bulunmuştur. RELIEF algoritmasına göre spektral ayrımdaki en önemli bantlar 400-500 nm aralığında yer almıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Organik tarım, VNIRS, PLSR, Çapraz doğrulama, KNN

ABSTRACT

MSc Thesis

CHARACTERIZATION OF SOME SOIL QUALITY PARAMETERS IN ORGANIC AND TRADITIONAL FARMING AREAS BY SPECTRORADIOMETRIC METHODS

Abdulkadir TURAN

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ
Year: 2022, Page: 45

The Visible and Near Infrared Reflectance Spectroradiometer (VNIRS) technique has recently been widely used in field studies and laboratory environments as an inexpensive, time-saving and easy approach to characterize soil samples. The aim of this study is to classify the soil samples from the areas formed on the same parent material but managed with two different management systems (organic agriculture and traditional agriculture) and to test its usability in predicting soil parameters. In this context, reflections of air-dry soils sieved through a 2 mm sieve were collected with a VNIRS instrument in the range of 350-2500 nm. Relationships between some physicochemical properties of soil samples and soil reflections were modeled using Partial Least Square Regression (PLSR) technique. The accuracy of the models was tested by cross validation. Soils under different managements showed different reflection characteristics. The percentage reflection rates of the soils in organic farming areas, where organic farming has been practiced for many years and therefore organic matter accumulation is high, were found to be lower than the percent reflections of the soils in conventional farming areas. While the average reflectance values in organic farming soils were maximum 10.9 %, the average reflection rates of traditional soils were found to be at a maximum rate of 15.5%. Model calibrations between PLSR technique and soil parameters in organic farming areas were found to be moderately successful (R2 between 0.7 and 0.8). Cross validation R2 values of the models were found to be between 0.32 and 0.49, respectively. Model calibration R2 values were found to be between 0.79 - 0.81, respectively, and cross-validation R2 values were found to be between 0.19 and 0.63, respectively, in the soils in traditional agricultural areas. With the KNN method, the discrimination accuracy levels of the soils under different managements using spectral reflections were found over 90%. According to the RELIEF algorithm, the most important bands in the spectral separation were in the range of 400-500 nm.

KEY WORDS: Organic agriculture, VNIRS, PLSR, cross validation, KNN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında daima yanımda olan, her türlü bilgi ve deneyimiyle bana yol gösteren değerli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ' ye, tez jürimde görev alan desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU ve Dr. Öğr. Üyesi Alper YORULMAZ' a, Tez çalışmamın istatistik kısmının hazırlanmasında sağladığı destek ve katkılarından dolayı değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi. Emin TENEKECİ' ye, Deneysel çalışmalarım sırasında bana her konuda yardım ve destek sağlayan değerli arkadaşlarım Serhat KAZAN ve Erdal YOLCUYA' ya, manevi anlamda her türlü desteği sağlayan ablalarım Emine Betül BAHÇIVAN ve Ayşe Gül İNCE' ye, abim Endüstri Mühendisi Mustafa Said TURAN' a, Bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen Uzm. Kimyager Kübra KÜRÜM' e teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde büyük emeğe sahip, maddi ve manevi desteğini, bilgi ve tecrübesini hiçbir zaman esirgemeyerek öğrettikleriyle her daim yanımda olan, ilk öğretmenim rahmetli babam Sayın Hamza TURAN' a şükranlarımı sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Çalışma yapılan arazi ve toprak numunelerinin alındığı noktalar 17
Şekil 3.2. Yansıma spektroradyometre çalışma prensibi ve dalga boyları 22
Şekil 3.3. Spektroradyometre düzeneği (Harran Üniversitesi spektroradyometre ve EM 38 laboratuvarı) 23
Şekil 4.1. Organik tarım yapılan topraklara ait ham yansımalar (350-250 nm) 27
Şekil 4.2.Geleneksel tarım yapılan topraklara ait ham yansımalar (350-2500 nm)..... 27
Şekil 4.3. Organik madde için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini 29
Şekil 4.4. Kireç ($CaCO_3$) için Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini 29
Şekil 4.5. KDK için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini 30
Şekil 4.6. Toprak kalite indeksi (SQI) için laboratuar ölçümü ve VNIRS tahmini 30
Şekil 4.7. Organik madde için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini 31
Şekil 4.8. Kireç ($CaCO_3$) için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini 31
Şekil 4.9. KDK için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini 32
Şekil 4.10. pH için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini 32
Şekil 4.11. Toprak kalite indeksi (SQI) için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini 33
Şekil 4.12. Bağımsız test seti-KNN tekniği ile yapılan sınıflandırma matrisi 34
Şekil 4.13. Bağımsız test seti PCA-KNN tekniği ile yapılan sınıflandırma matrisi 34
Şekil 4.14. Çapraz doğrulama-KNN tekniği ile yapılan sınıflandırma matrisi..... 35
Şekil 4.15. Çapraz doğrulama-PCA-KNN tekniği ile yapılan sınıflandırma matrisi 36
Şekil 4.16. RELIEF algoritmasına göre sınıflandırmada farklı dalga boylarının etki seviyeleri..... 36

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 4.1. Organik tarım yapılan araziye ait toprak parametrelerinin tanıtıcı istatistikleri 26
Çizelge 4.2. Geleneksel tarım yapılan araziye ait toprak parametrelerinin tanıtıcı istatistikleri 26
Çizelge 4.3. Farklı toprak parametreleri için PLSR modeli kalibrasyon ve çapraz doğrulama R^2 değerleri 28

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

EC	Elektriksel İletkenlik
g	Gram
ml	Mililitre
NIRS	Yakın İnfrared Spektroskopi (Near Infrared Reflectance Spectroscopy)
nm	Nanometre
PCA	Temel Bileşenlerin Analizi (Principal Component Analysis)
pH	Hidrojen İyonu Derişiminin Eksi Logaritması
PLSR	Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu (Partial Least Square Regression)
R^2	Regresyon Katsayısı
VNIRS	Görülebilir ve Yakın İnfrared Sprektroskopisi

1. GİRİŞ

Toprak, yeryüzünü bir nevi örtü şeklinde kaplayan önemli doğal kaynaklardan birisi olup, ayrıca insanlığın devamlılığı ve insanların beslenme ihtiyaçlarını karşılaması konusunda üretim yapılabilmesi için en önemli faktördür. 1 cm toprak, ortalama 150-350 yıl arasında oluşmaktadır. Tarım için gerekli olan en az toprak miktarı ise 60 cm' dir. Bu durumda, en uygun şartlarda tarım için gerekli olan toprak miktarı ortalama 20.000 yılda oluşmaktadır. Canlı hayatının sürekliliği toprağa bağlıdır. Bu sebeple özellikle canlı hayatının sürekliliğini sağlamak için toprağın muhafazası, toprak verimliliğinin korunması ve arttırılması, toprağın uygun yöntemlerle minimum düzeyde işlenmesi, üretimin ve verimin arttırılması, ürün kalitesinin arttırılması, üretim giderlerinin azaltılması, canlı ve çevre sağlığının korunması ve doğal kaynaklara zarar verecek etkilerden kaçınılması tarımsal faaliyetlerde gereklilik haline gelmiştir. Bütün bu gereklilikler organik tarım ve geleneksel tarım kavramlarını ortaya çıkarmıştır.

Organik tarım; ekosistemde, özellikle canlı ve çevreye zarar verecek şekilde yanlış uygulamalarda bulunulması sonucu bozulan doğal dengenin düzeltilmesine yönelik, canlı ve çevre dostu üretim proseslerini ihtiva eden, esas anlamda yapay kimyasal tarım ilaçlarının ve kimyasal gübrelerin uygulanmasının yasaklanmasıyla beraber, doğal ve yeşil gübrelemeyi, toprağın korunmasını, bitki direncinin arttırılmasını ve doğal parazitlerden faydalanmayı öneren, bütün bu imkânların çok yönlü olarak meydana getirilmesini sağlayan, yüksek oranda mahsul elde etmeyi değil, elde edilen mahsulün niteliğinin arttırılmasını hedefleyen bir tarımsal üretim sistemidir (Rehber, 1991; Gökçe, 1992; Altındişli ve İlter, 1999; Bülbül ve Tanrıvermiş, 1999). Organik tarımda temel amaç, her türlü gıda ve besinin insan sağlığında zarara sebep olmayacak veya en az zarara sebep olacak türde ve sürekli bir biçimde imal edilmesidir (Gündüz ve Kaya, 2007).

Geleneksel tarım ise; klasik tarım, ya da önceden bilinen, uygulanan yöntemleri içeren tarımsal faaliyetler, günümüzde sık görülen tarımsal sistemdir. Kalıtsal özellikleri değiştirilmiş, verimi yüksek bitki çeşitlerinin var olduğu, tek

ürünlü tarım, kimyasal ilaç ve gübrelerin çok fazla bir şekilde kullanılması ile sürdürülmektedir. Bu tarz tarımsal uygulamalarda toprak işlenmesi çok sık aralıklarla ve yoğun olarak yapıldığından dolayı toprak hasarı oluşmaktadır. Ayrıca birçok yerde sulama faaliyetlerinin aşırı ve uygunsuz bir şekilde yapılmasından dolayı da tuzlulaşma ve sodikleşme (sodyum birikimi-çoraklaşma) sorunları meydana gelmektedir. Geleneksel tarımın amacı üretimden en yüksek verimi elde etmektir. Bundan dolayı üretim için yapılan tüm çalışmalar ve araştırmalar, üretimi ve verimi arttırmaya yönelik olmuştur.

Organik tarım ile geleneksel tarım arasında en fazla bilinen farklılıklar, organik tarımda bitkiye zarar veren mikroorganizmalarla mücadelede mikrobiyal ilaçların, doğal yöntemlerin ve yararlı parazitlerin kullanımı, hastalıklara karşı dirençli türlerin tercih edilmesi, yeşil gübre ve azot kaynağı olan türlerin değişen sıra ile ekimi, geliştirilmiş ve toprağı muhafaza eden toprak sürümü, çapalama, ekim ve hasat ekipmanı, kompost ve biyogübre kullanımıdır.

Tarım topraklarının değişebilir bir yapıda olduğu çok eski zamanlardan beri bilinmektedir. Ancak 1990' lı yıllara kadar gerekli teknoloji olmadığı için değişkenlik dikkate alınmadan tarım arazileri genellikle homojen yapıya sahipmiş gibi girdiler tekdüze biçimde uygulanmıştır. Sürdürülebilir bir tarım için öncelikle tarımsal üretim yapılacak olan toprakların temel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Toprak özelliklerine uygun kullanım modelinin tahmini ve değerlendirilmesi modern tarımın vazgeçilmezidir. Yapılan değerlendirme ve tahminler ışığında ideal bir arazi kullanımı ve araziyi yönetme metodları geliştirilebilmekte, yapılan yoğun tarımdan dolayı oluşabilecek sorunlar minimum düzeye indirgenirken sağlanacak verim önemli düzeyde arttırılabilmektedir (Akgül ve Başayiğit, 2005).

Ülkemizde hem yıllardır klasik yöntemlerle yapılmakta olan geleneksel tarım hem de son yıllarda özellikle teknolojinin gelişmesi ile birlikte girdi maliyetlerini azaltarak çevreye duyarlı, kaliteli yüksek verim elde etmeyi amaçlayan organik tarım sistemleri uygulanmaktadır. Her iki tarım sisteminde de kaliteli ürün ve yüksek verim elde etmek için toprağın sahip olduğu nem, pH, elektriksel iletkenlik, organik

madde, demir oksitler, karbonat içerikleri ($CaCO_3$), mineral madde, tuz ile toprak dokusu toprak örgüsü, toprak yapısı, toprak rengi vb. fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin çeşitli ölçüm cihazlarıyla analiz edilmesi, toprağın işlenmesiyle toprağın bu özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin incelenip değerlendirilmesi ve kalite parametrelerinin belirlenip kıyaslanması oldukça önemlidir.

Toprak kalitesi; biyolojik etkinliği arttıran, çevrenin doğal yapısını muhafaza eden ve bu doğal yapının sürekliliğini sağlayan, ekolojik bir düzen çerçevesinde tarımsal üretimi gerçekleştiren başlıca toprak niteliği olarak tanımlanmaktadır (Canbolat, 2006). Toprak kalitesinin belirlenmesinde incelenecek olan toprak özelliklerinin, fazla ön işlem gerektirmeyecek şekilde basit ve zamandan tasarruf sağlayacak şekilde hızlı olarak temin edilebilir ve çeşitli amenajman uygulamalarına karşı duyarlı olması gerekir. Ayrıca fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak niteliklerinin bütünleşmesinden oluşmalıdır (Bilgili ve ark., 2015).

Toprak kalite parametrelerinin en önemlilerinden biri organik maddedir. Organik madde toprak verimliliğinde ve toprak kalitesinin artmasın da büyük rol oynar. Organik madde oranı yüksek olan toprağın su tutma kapasitesi yüksek olur. Buna bağlı olarak bitki kök gelişimi ve su hareketi iyi olur. Bununla birlikte toprağın agregat yapısı iyileşerek erozyona karşı korunur. Organik madde oranının iyi olması topraktaki biyolojik aktiviteyi de iyi yönde etkiler böylece toprakta bulunan canlıların iyi yaşamalarına katkı sağlayarak bitki besin alınımını da artırır. Bu canlılar toprak havalanmasını, organik maddelerin parçalanmasını, toprağın su geçirgenliğini, hidrolik iletkenliği ve KDK artmasını olumlu olarak etkiler, toprağın agregat yapısının iyileşmesine yardımcı olur ve toprak kalitesini artırır.

Toprak kaynakları yoğun ve uygun olmayan tarımsal uygulamalar neticesinde aşırı oranda fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan aşınıma uğramaktadırlar. Özellikle toprak içerisindeki organik kısmın yok olması bu aşınımın ilk belirtileri arasındadır. Organik maddenin kaybı sonrası topraklardaki diğer fiziksel, kimyasal ve biyolojiksel özelliklerde olumsuz etkilenmekte ve toprak kalitesi giderek azalmaktadır. Toprak kalitesindeki azalma ile artan yüzey akışı ve toprak erozyonu, besin elementlerinin yıkanarak taşınımı ve elverişsiz forma dönüşmesi, topraklarda

sıkışma ve toprak biyolojik canlılık çeşitlerinde azalmalar oluşmaktadır. Bu sebeple toprakta oluşan reaksiyonu tanımlamaya imkân sağlayacak farklı türde birçok analiz gerçekleştirmek ve analiz sonuçlarını çevre, toprak ve bitkiye uygunluk bakımından değerlendirmek oldukça önemlidir (Altıkat ve ark., 2009).

Toprak organik maddesi farklı toprak amenajmanlarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Toprak organik maddesinin belirlenmesinde diğer toprak analizlerinde olduğu gibi arazide örnekleme yapmayı gerektiren, zaman alıcı ve kimyasal kullanımına yönelik bir çalışmadır.

Topraktan istenilen düzeyde verim alabilmek için tarih boyunca birçok çalışma düşünülmüş, planlanmış ve uygulanmıştır. Toprak verimini daha fazla arttırmaya yönelik farklı teknikler denenmiştir. Uygulanan bu çalışma ve tekniklerde sayısızca fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış ve insan gücü kullanılmıştır. Özellikle kimyasal analizlerde kullanılan kimyasalların yüksek maliyet gerektirmesi ve bunlarla birlikte harcanan zaman ve insan gücü araştırmacıları kimyasal kullanımı gerektirmeyen, maliyeti düşük, güvenilir, hızlı ve kolay sonuçlar elde edilebilen yeni teknikler geliştirmeye yönlendirmiştir.

Geliştirilen hızlı, güvenilir, maliyeti düşük bu yöntemlerden biri de VNIRS (Visible and Near Infrared Specktroscopy) tekniğidir. Yakın kızılötesi spektroradyometre ile analiz çalışmaları Kaye (1954, 1955) aracılığıyla da bildirildiği gibi 1950’ li yılların ilk çeyreğinde başlanmıştır. Sonrasında yakın kızılötesi spektroradyometre yöntemi 1960’ lar da Karl Norris tarafından geliştirilmiştir. Bu sırada Norris’ in Amerika Tarım Bakanlığında çalıştığı bilinmektedir. Norris Yakın Kızılötesi Spektroradyometre ile ilk olarak tarımsal ürünlerde nem miktarını yeni bir yöntemle tayin etmeyi amaçlamıştır (Pasquini, 2003). Ancak geliştirilen bu tekniğin nicel olarak kullanımı enstrümantal zorluklar nedeniyle dijital kaynakların geliştirilmesi ve yaygın olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte, 1970’ li yıllarda başlamıştır. NIRS metodunun bugünkü şartlarda ulaştığı noktaya gelmesine imkan tanıyan araştırmalar incelendiğinde bu teknolojinin genel anlamda tarım sektörünü ilgilendiren alanlarda tercih edildiği görülmüştür.

Görülebilir ve Yakın Kızılötesi Spektroradyometre (VNIRS) metodu gibi yaklaşımlar toprağın hızlıca ve birden fazla toprak bileşenin eş zamanlı olarak karakterizasyonunda son zamanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemin toprak örneklerinin tahribatsız bir şekilde analiz edilmesine izin vermesi, orijinal toprak yapısının bozulmaması gereken durumlarda orijinal örneğin korunması açısından büyük önem taşır.

Kimyasal kullanımı gerektirmemesi, çok az bir işgücü ile hızlı sonuç alınması nedeniyle Görülebilir ve Yakın Kızıl Ötesi Spektroradyometre (VNIRS) metodları son zamanlarda toprak özelliklerinin karakterize edilmesinde ve tahmin edilmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Dunn ve ark., 2002; Brown ve ark., 2006; Bellinaso ve ark., 2010; Wetterlind, 2013; Oliveira ve ark., 2013; Zhang ve ark., 2018; Lazaar ve ark., 2020).

VNIRS yöntemi analizi yapılacak maddeye zarar vermeyen, tekrar edilebilme özelliği olan, maliyeti düşük ve zamandan tasarruf sağlayan hızlı bir yöntem olup, 350-2500 nm dalga boyu aralığında materyallerin yansıma değerlerinin karakterizasyonunu sağlamaktadır (Viscarra Rossel ve ark., 2006). Yakın Kızılötesi ışınlar bitkilerce yansıtılmakta iken taş, toprak, kaya gibi materyallerde bu ışınların değişik miktarlarda absorpsiyonu söz konusudur (Altınbaş ve ark., 2001).

VNIRS metodu toprak karakterizasyonu, toprak etüdü ve sınıflandırması, minerolojik ölçümler, dijital toprak haritalama, hassas tarım, toprak değişkenlerinin ve farklı kirletici maddelerin sayısallaştırılmasında kullanılmıştır (Bellinaso ve ark., 2010). Son zamanlarda veri madenciliği (data mining) teknikleriyle de birleştirilen spektroradyometrik metodlar farklı kimyasal (Bögrekçi ve Li, 2007; Milos and Bensa, 2017), fiziksel (Şenol ve Akgül, 2013) ve biyolojik (Lazaar ve ark., 2020) toprak özelliklerinin aynı anda tahmin edilmesine de olanak sağlamıştır. (VNIRS) Yakın kızılötesi yansıma spektroradyometre ile yapılan analizler üç boyutlu veri seti ile mekânsal ve spektroradyometre bilgilerinin yanı sıra zamansal analiz imkânlarıyla yakın kızılötesi yansıma spektroradyometre verilerinin davranışı ve kimyasal değişimler hakkında fikir vererek olayların süresi de tahmin edilebilir (Edelman ve ark., 2012).

Spektroradyometre metodları ile toprak özelliklerinin tahmin başarıları toprak örneklerinin sayısı, toprak ana materyali, kalibrasyonda kullanılan gerçek verilerin elde edilmesinde kullanılan laboratuvar analiz metodları, değişkenlerin dağılım aralığı ve kalibrasyon modeli için kullanılan istatistiksel metod gibi faktörlerden etkilenmektedir. Genel olarak aynı ana materyal üzerindeki topraklar için farklı modeller üretilmesi ve sık örneklemeler tahminlerin doğruluğunu artırmaktadır. Spektroradyometre metodları ayrıca toprak yapısından da etkilenmektedir.

Toprağın nicel spektroradyometre ile tayininin görülebilir ve yakın kızılötesi spektroradyometre (VNIRS) metodu ile yapılabilmesi için gelişmiş istatistiksel yöntemlere ihtiyaç vardır. 1980-1990 seneleri arasında meydana gelen kemometrik gelişmeler, görünür ve kızılötesi spektroradyometre yönteminde hem istatiksel tekniklerin kullanılabilirliğini sağlamış hem de bu yöntemi genel anlamda kabul edilebilir hale getirmiştir (Geladi ve Kowalski, 1986). Kemometri, kimya verilerinin işlenmesi için bilgisayar ortamında matematik ve istatistik kullanılmasına yönelik bir disiplindir. Kemometrik programların sağladığı üstünlük sayesinde çok fazla sayıda bileşen içeren kalibrasyonlarda belirlenmek istenen binlerce sayıda örneği katmak olanaklı hale gelmiştir (Shenk ve Westerhaus 1993).

Görünür ve kızılötesi spektrum (VNIRS) ile toprağın kantitatif analizinde kullanılan istatiksel metodlar, spektradyometre karakterizayonunun toprak özellikleri ile bağdaştırılmasına imkan tanımıştır (Chang ve ark., 2001). Spektroradyometre analiz metodları ile ilişkili olarak saptanan bulgular, spektroradyometre sonuçları ve analitik bulgularla ayrılabilir, tayini yapılan maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait yüksek oranda bilgi bulundururlar (Clark, 1999; Ozaki vd., 2007). Günümüzde bu sektörde kullanılan pek çok farklı paket program mevcuttur. Bu paket programlar sayesinde bu ölçümleme eylemi ve tahminler kolaylıkla ve hızlıca gerçekleştirilebilmektedir. Bu programlar sıkça kullanılan matematik uygulamalarını içermektedir. Çoklu regresyon analizi (Ben-Dor ve Banin, 1995), çok değişkenli uyarlanabilir regresyon cetvelleri, VIS ve NIRS kullanılarak topraktaki organik madde (OC), fosfor (P) ve potasyum (K) tahminlerinde yapay sinir ağları (Daniel ve ark., 2003), (PCA) temel bileşen analizi (Chang ve ark., 2001) ve (PLSR) kısmı en küçük kareler regresyonu (McCarty ve ark., 2002) analizleri bu matematiksel

uygulamalara örnek olarak verilebilir.

Bu çalışmadaki amaç VNIRS tekniğinin, aynı ana materyal üzerinde oluşmuş fakat iki farklı amenajman sistemi (organik tarım ve geleneksel tarım) ile yönetilen alanlara ait toprak örneklerinin sınıflandırılması ve toprak parametrelerinin tahmin edilebilirliğinde kullanılabilirliğinin test edilmesidir.

Bu kapsamda 2 mm' lik elekten elenmiş hava kurusu toprakların 350-2500 nm aralığında VNIRS aletiyle yansımaları toplanarak karakterize edilebilme potansiyelleri araştırılmıştır. Toprak örneklerine ait bazı özellikler ile toprak yansımaları arasındaki ilişkiler Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu (Partial Least Square Regression) tekniği kullanılarak sınıflandırma modellemesi yapılmıştır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yeryüzündeki başlıca doğal yapılardan biri olan toprak, nem, mineraller, organik madde, demir oksitler, tuzlar, karbonat muhteviyatı, toprak strüktürü, toprak doku örgüsü, toprak rengi vb. özellikler ile beraber jeolojik yapı ve coğrafi konumdan dolayı yansıma, absorbsiyon, iletme ve dağıtma gibi özelliklere sahiptirler.

Birçok toprak özelliğinin (fiziksel, kimyasal, biyolojik) saptanmasında zamandan tasarruf sağlayan ve maliyeti düşük kızılötesi yansıma spektroskopi yöntemlerinin kullanılmasının doğru olduğu savunulmaktadır (Minasy, 2008; Janik, 1998; Viscarra Rossel, 2006; Brown, 2007; Brunet, 2007). Klasik toprak analiz yöntemlerine karşı farklı bir seçenek olarak düşünülen yansıma spektroskopisi uygulamalarında çok az miktar numune ile tasarruflu, çabuk, güvenli, düşük maliyetli ve numunede hasara sebep olmayacak şekilde analiz yapılabilmektedir. Ayrıca bu yöntem birden fazla toprak bileşenini eş zamanlı olarak tayin edebilme olanağı sağlamaktadır (Batten, 1998).

Yapılan araştırmalarda, Spektroradyometre tekniği ile 0.7-2.5 µm değerleri arasında (NIR) yakın kızılötesi, 0.4-0.7 µm arasında (VIS) görünür kızılötesi spektroskopi ve 2.5-25 µm arasında orta kızılötesi yansıma (MIR), aralıklarında dalga boylarıyla organik karbonu da içeren N, inorganik karbon, pH, KDK, K, Mg, Ca, Zn, Fe vb. toprak kalite parametrelerinin analizinde oldukça yüksek başarı sağlandığı görülmüştür (Baumgardner ve ark., 1985; Dalal ve ark., 1986; Ben-Dor ve Bannin, 1995; Janik ve ark., 1998; Chang ve ark., 2001; Morón ve ark., 2002; Shepherd ve Walsh, 2002; Malley ve ark., 2004; Brown ve ark., 2006; Viscarra Rossel ve ark., 2006; Cécillon ve ark., 2009).

Yakın kızılötesi yansıma spektroradyometre (NIRS), analizi yapılacak maddenin kimyasal yapısı ile birlikte fiziksel özelliklerine karşıda duyarlıdır. NIRS metodu toprak organik maddesi (OM), kuvars, feldspat, mika gibi primer mineralleri,

karbonat, kil gibi sekonder mineralleri, tuzlar ve zayıf kristal şeklindeki anodik kimyasal içeriğine karşı duyarlıdır (Brown ve ark., 2006). Partiküllerin boyutu, yapısı, hacmi, dizilimleri, tanecikler arasındaki boşlukların hacmi gibi materyalin fiziksel özelliklerine karşı da duyarlıdır (Wetzel, 1983).

Mouazen ve ark. (2005) çeşitli toprak tekstür örneklerinden alınan absorbans şekillerinde ayırt edilebilir bir farklılık olduğunu gözlemlemişlerdir. Bogrekci ve Lee (2006) ve Mouazen ve ark. (2006) ise yansıyan ışının toprak nem muteviyatına karşı duyarlı olduğunu ve karbon (C), fosfor (F), azot (N), kalsiyum (Ca), potasyum (K), magnezyum (Mg) gibi besin elementlerinin belirlenebilmesinde doğruluğun arttığını söylemişlerdir. Mouazen ve ark. (2006) yansıma oranındaki yükselmenin veya absorbansdaki düşmenin toprak nem miktarındaki düşüşün etkisi olarak bildirmişlerdir. Lobell ve Asner (2002) ise mineral topraklarda su oranındaki artışla birlikte hem karbon (C) hem de azot (N) için spesifik olan 2200 nm dalga boyunda meydana gelen absorbsiyon niteliğinde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Mouazen ve ark. (2005) yaptıkları başka bir araştırmada ise toprak rengi, partikül boyutu ve organik madde muhteviyatının da elektromanyetik yansımada değişime sebep olduğunu rapor etmişlerdir.

Tarımsal ürünlerde protein miktarının tayin edilmesinde kullanılan Kjheldahl yöntemi yerine yakın kızılötesi yansıma spektroradyometre (NIRS) kullanılması spektroradyometre yöntemi kullanılarak yapılan ilk çalışmalardan en önemlisidir. O-H, C-H, N-H ve C=O gibi fonksiyonel gruplar yakın kızılötesi ışınların organik moleküller tarafından absorbe edilmesini sağlar. Bu fonksiyonel grupların atomları arasındaki bağların esneme ve eğilme hareketleri sonucunda meydana gelen enerji orta-kızılötesi bölgesinde absorbe edilir (Chang ve ark., 2001; Pasquini, 2003; Viscarra Rossel ve ark., 2006). Yüksek frekansa sahip orta kızılötesi ışınlar düzenli bir yapıda değillerdir. Bundan dolayı diğer spektrum alanları gibi doğrudan yorumlanamazlar. Fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin en fazla bilinen sinyalleri orta kızılötesi alanına yani 2500-25000 nm aralığına denk gelmektedir. Yakın kızılötesi yansıma spektroradyometre alanında ise ikinci veya üçüncü

derecedeki sinyaller (orijinal dalga boyunun 1/2 1/3 veya 1/4'ü) veya sinyallerin bileşimleri yer almaktadır (Brown ve ark., 2006).

Dinç ve ark. (1988), yaptıkları toprak analiz araştırmasında; Harran ovasındaki toprakları fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönden incelemişlerdir. Ayrıca bu bölgedeki toprakları mineral bakımından da değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada su ve toprak karakteristikleri, toprakların potasyum içeriği ve fosfor adsorpsiyonu gibi özellikleri seri bazda değerlendirilerek, potansiyel arazi kullanım haritaları hazırlanmıştır. Ovadan alınan 25 toprak örneğinin genel anlamda killi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu topraklarda miktar olarak kirecin fazla olduğu ve çukur bölgelerde toprakların tuz etkisiyle zarar gördüğü tespit edilmiştir. Potasyum ve fosfor açısından bakıldığında potasyumun yeterli düzeyde olduğu, fosforun ise yetersiz kaldığı rapor edilmiştir. Kil oranı fazla ve sıkışmış toraklarda, hidrolik iletkenlik değeri düşük düzeyde tespit edilmiştir. Bu ovadaki topraklarının tarım arazisi olarak kullanılabilecek kısmı %67 olarak belirlenmiştir. 17.000 hektarlık alanın ise tarım dışı kullanılabileceği kaydedilmiştir.

Pierce ve ark. (1991), toprak kalitesini, toprağın ekolojik çevre sınırlarında bir işlev gösterebilme ve etrafındaki ekolojik sistemle etkileşime geçebilme yeteneği olarak ifade etmişlerdir. Ayrıca toprak kalitesini sayısal bir formülle yorumlamışlardır ve şekilde formülsel yorumlamaların toprakların farklı amenajman çalışmalarına nasıl yanıt vereceğini saptamada yararlı olabileceğini açıklamışlardır.

Maktav ve Sunar (1991)' a göre, Kızılötesi yansıma spektroskopisiyle yapılan ölçümde toprak nem miktarındaki artışın yansıma miktarının azalmasına sebep olduğu görülmektedir. Kum içerikli hava kurusu toprakların su soğurma bantlarındaki yansımalarında büyük oranda, su içeren kumlu toprakların ise, 1.4, 1.9 ve 2.7 μm civarındaki soğurma bantlarındaki yansımalarında gözle görülür azalmalar mevcuttur. Bunlar bitki örtüsünün yansımasında tayin edilen su yutma bantlarıdır. Bu bantlarda toprak nem miktarı arttıkça yansıma düşmektedir. Ayrıca toprak yansımasına etki eden diğer etmenler ise; toprağın doku örgüsü, yüzey pürüzlüğü, organik madde içeriği ve demir oksit miktarındaki artıştır. Toprağı oluşturan

taneciklerin boyutları küçüldükçe yansıma artar. Yüzey pürüzlüğünün azalması da yansıma miktarını artırır. Bununla birlikte organik madde ve demir oksit içeriğindeki artma ise yansıma oranında düşüşe sebebiyet vermektedir.

Whiting ve ark. (2004), spektroradyometre tekniğini kullanarak, 400-2500 nm arasında bir spektroradyometre değerinde topraktaki su miktarını tayin etmek için bir çalışma yapmışlardır. Topraktaki su düzeyi arttıkça yansıma miktarında ki düşüşü açık bir şekilde gözlemlemişlerdir.

Brian ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada klasik laboratuvar analiz metodları ile yakın kızılötesi yansıma spektroradyometresi (NIRS) yönteminin geliştirilebilir olup olmadığını araştırmışlardır. 1.6 hektarlık alandan alınan toprak numuneleri 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Daha sonra elenmiş toprak örneklerinin spektroradyometre kullanılarak NIRS spektral ölçümleri (N=300) alınmıştır. Ayrıca klasik analiz teknikleri kullanılarak bu toprak numunelerindeki toplam karbon (C) ve azot (N) miktarları tayin edilmiştir. Klasik analiz ile NIRS metodu arasındaki güçlü ilişkiler not edilmiştir ($P<0.01$, $r^2>0.97$). Organik maddeyi gösteren denklem fosfordan daha düşük sonuç verse de anlamlı bulunmuştur ($r^2= 0.87$, $p<0.01$).

Chang ve ark. (2005), yakın kızılötesi yansıma spektroradyometre yöntemi (NIRS) ile toprak kalite kriterlerini tayin etmede nemin etkisini incelemişlerdir. Bunun için nemli ve hava kurusu olmak üzere iki farklı nem düzeyine sahip 400 toprak örneğinde karbon (C), OC, inorganik karbon, pH, toplam azot (N), toprak nemi, KDK, tekstür gibi toprak kalite parametrelerini tayin etmişlerdir. NIRS spektral ölçümlerinde her iki nem düzeyinde de kabul edilebilir değerler elde edilmiştir (nemli, $r^2>74$; hava kurusu, $r^2>76$). Bu yöntemin hem nemli hem de hava kurusu nem düzeyinde toplam C, organik ve inorganik C, KDK, % kil, toplam N ve nem miktarı gibi belirli toprak kalite kriterlerini tayin etmek için uygun bir yöntem olduğu gözlenmiştir.

Dengiz ve ark. (2005), Kahramanmaraş Tarım İşletmesinde yer alan topraklardaki kalite durumu incelenmiştir. Çalışma alanında değerlendirmeye alınan faktörlerden toprak kalite indeksi belirlendikten sonra her bir Harita Biriminin

uygunluk sınıfı belirlenmiştir. Çalışma alanından alınan verilere göre alan 1994.9 hektardır. Bu alanın %0.51' i yani 10.2 hektarı işletmede yönetim, lojman, garaj olarak kullanıldığı, alanın önemli bir kısmını oluşturan % 55.1' i yani 1099.1 hektarlık kısmı ise tarım faaliyetleri açısından ve kalite parametreleri yönünden çok iyi ve iyi (S1 ve S2), % 16,5' i yani 329.9 hektarı ise orta (S3) düzeyde olduğu ve % 27.9'u da yani 555.6 hektar toprağında tarımsal açıdan kullanıma uygun olmadığı belirlenmiştir.

Song ve ark. (2005), Toplamış oldukları 165 adet toprak örneğinin NIRS ölçümlerini almış, bunlardan 135 tanesinin yansıma değerleri kalibrayonda ve çapraz doğrulama sırasında (set I) geriye kalan 30 örneği ise azot (N), fosfor (P), organik madde (OM) ve potasyum (K) ölçümünde (set II) kullanılmışlardır. Örneklerin NIRS ölçümleri kısmi en küçük kareler regresyonu aracılığıyla karşılaştırılmıştır. Ölçülen değerler ile tahmini değerler arasında yapılan regresyon analizinde, kalibrasyon katsayıları N için 0.92 ve organik madde için 0.93, RMSEP 4.38 ve 0.12, SEP değeri ise 3.28 ve 0.06 olarak hesaplanmıştır. Potasyum (K) ve Fosfor (P) ölçümlerinin R^2 değerleri ise sırasıyla 0.68 ve 0. 48 olarak belirtilmiştir.

Brown ve ark. (2006), X-ışınları (XRD) ile seçilen bazı mineral türlerinin VNIRS yöntemi ile %62'lik bir doğrulama yüzdesi ile tayin edilebildiğini rapora dönüştürmüşlerdir. En yüksek doğrulukla tahmini mümkün olan kil minerallerinin tiplerini belirlemiş sırasıyla en yüksek doğruluk değerinin montmorillonit olduğu ikinci sırada ise vermikulit mineralinin tahmininin yüksek olduğu belirlenmiştir. Daha sonra ise diğer kil mineralleri gelmektedir.

Dematte ve ark. (2006), hava kuru ve doğal nem miktarlı tropikal topraklardaki değişimleri spektrometrik verilerle ilişkilerini belirlemek, topraktaki mineralojik yapıyı tanımlamak için yöntem geliştirmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Aynı zamanda farklı nem koşullarında kil sınıflandırması yapmak ve bulunan kil sınıflarının toprağın minerolojisi ile ilişkilerini belirlemek, spektral yöntem kullanarak toprak nem parametrelerinin dağılımlarını belirtmek ve daha sonra laboratuvar koşullarında 400-2500 nm' de spektral modeller oluşturmayı

hedeflemişlerdir. Fazla kuru yani dehidrasyon nedeniyle 1400 ve 1900 nm değerlerinde sıvı emici tozlar yani absorban noktalar meydana gelmiştir. Kaolinit minerali için 2200 nm' nin karakter özelliği olduğu ve hava kuru ortamlarda daha da belirgin oluşu gözlemlenmiştir. Su ile çevrelenmiş montmorillonit ve kaolinit örnekleri hava kuru örneklere göre daha belirgin sıvı emici toz eğrileri oluşturmuşlardır. Merkez noktası 630 nm' de oluşan absorbsiyon eğrileri kaolinit muhteviyatına daha duyarlı bulunmuştur. Kil minerallerine ait absorbsiyon eğrileri, toprak mineroloji biliminde destekleyici kaynak olarak kullanılabilirliği gözlemlenmiştir. Toprakta bulunan nem içerikleri özellikle 1550–1750 nm aralıklarında testte tutulmuştur. Regresyon modellemeleri ve toprak nem tahminleri 1400, 1900 ve 2200 nm de (R^2=0,98) olumlu ve yeterli sonuçlar gözlemlenmiştir.

Farifteh ve ark. (2007), topraklarda bulunan tuz yoğunluğunun ışık yansıması değerlerinden alınan verilerle tahmininin mümkün olabilmesi nedeniyle PLS regresyon analizi kullanılarak araştırma yapmışlardır. PLRS tahmin modelinin kullanıldığı 6 adet farklı çalışma örneğinin kum yoğunluklu ve diğerlerine göre az tuz içeriklerine sahip olan örneklerde yüksek ilişkili (r^2=0.8 ve RPD=2.2) belirlenmiş, fakat daha tuzlu bünyeli ve tabandaki su seviyesinin daha üst seviyede olduğu nem miktarı ve toprak iç kısmı kumlu tınlı topraktan, tınlı toprağa değin farklılık gösteren 4 adet örnekte ise daha düşük ilişki bulunduğu gözlemlenmiştir.

Jamer ve ark. (2008) ASD FieldSpec-II spektroradyometre yardımıyla 52 toprak numunesinde OC ve N miktarını tayin etmek amacıyla tarama yapmış ve kısmi en küçük kareler regresyonu (PLSR) istatistiksel metoduyla okunan yansıma spektroradyometre değerleri 0.4 - 2.4 μm arasında kaydetmişlerdir. Elde edilen sonuçların sadece azot için güvenilir olduğu gözlenmiştir. Organik karbon için ise orta seviyede doğruluk elde edilmiştir. Buna rağmen hem azot hem de organik karbon için bu yöntemin hızlı tarama sağladığını bu sebeple zaman tasarrufu açısından kullanımının uygun olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca maliyeti düşük ve fazla kimyasal analiz gerektirmemesi bakımından da uygulanması tavsiye edilen bir yöntem olduğu söylenmiştir.

Çullu ve ark. (2009), 1995 yılı itibariyle Harran Ovasının sulamaya başlamasının taban suyu seviyesini arttırdığını bildirmişlerdir. Yapılan araştırmada Ovadan farklı zamanlarda ve derinliklerde taban suyu numuneleri alınarak analiz edilmiştir. Yapılan analiz neticesinde pH değerinin 7.12 - 8.10 arasında değiştiği, EC değerinin 3.0 dS/m - 30.1 dS/m arasında değiştiği, çözülebilir katyonlar ve anyonlardan sodyumun 2 - 337 mmol/cl arasında değiştiği, potasyumun un 0.08 - 0.5 mmol/cl arasında değiştiği, Mg^{2+}' un 4 - 189 mmol/cl arasında değiştiği, $CO3^{-2}$' un 0.60 - 8.80 mmol/cl arasında değiştiği, HCO^{3-} un 1.2 - 4.40 mmol/c1 arasında değiştiği, CI^{-} un 2 - 151 mmol/c1 arasında değiştiği, $SO4^{-2'}$ un 1 - 424 mmol/c1 arasında değiştiği ve SAR' ın ise 1.40 - 36.00 arasında değiştiğini kaydetmişlerdir.

Nduwamungu ve ark. (2009) 15 ha' lık bir alandan alınan 150 toprak numunesiyle organik C, toprak tekstürü, katyon değişim kapasitesi (KDK), pH, toplam C ve N, ve potansiyel olarak mineralize N (Nmin)' un (NIRS) yakın kızılötesi yansıma spektroradyometre metodunun doğruluğu, numunelerin inceliği (0.2, 0.5, 1 ve 2 mm) ve numune kaplarının (taşıma karşısında dönmesi) etkileri incelenmiştir. Kalibrasyon kısmi en küçük kareler regresyonu yöntemi aracılığıyla yapılmıştır. Korelasyon katsayısı (r^2), performans sapma (RPD), ve hata aralığı oranı (RER) (NIRS) yakın kızılötesi yansıma spektroradyometre yönteminin doğruluğu için üç ayrı istatistiksel metodla yorumlanmıştır. Kil, kum ve N için kalibrasyonların başarılı olduğu görülmüştür. Kil, kum ve N için $r^2 \geq 0.90$, RPD ≥ 3, RER ≥ 15, pH için $0.51 \leq r^2 \leq 0.74$ arasında, sapma performansı $1.39 \leq$ RPD ≤ 1.92 arasında ve hata aralığı oranı ise $6.13 \leq$ RER ≤ 8.33 değerleri arasında daha zayıf olarak tespit edilmiştir.

Mouazen ve ark. (2010), bu çalışmada görünür ve yakın kızılötesi yansıma spektroradyometre metodu ile belirli toprak kriterlerinin analizinin doğruluğunu ölçmek için temel bileşenler, kısmi en küçük kareler ve geri yayılma sinir ağı analizleri istatiksel metodlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Bu 3 farklı kalibrasyon metodunun araştırılması için alınan 168 adet toprak numunesi Fransa ve Belçika' dan toplanmıştır. Bu 168 numunenin %90' ı çapraz doğrulama (cross validation), % 10' u ise tahmin kümesi olarak seçilmiştir. Organik Carbon (R^2pre=0.84 ve RPD=2.54) ve Mg için (R^2pre=0.84 ve RPD=2.54) en iyi sonuçlar geri sayım yapay sinir ağı

(BPNNLVs) modelinde görülmüş ve VIS-NIRS tekniğiyle doğruluğu yüksek bir analiz elde etmek için BPNN-LVs modelleme metodu kullanılması önerilmiştir. K, P ve N tahminleri ise (R^2pre=0.68-0.74 arasında, RPD=1.77-1.94 arasında) iyi olarak rapor edilmiştir.

Bilgili ve ark. (2011), Harran ovasında 150 ayrı bölgeden 0-15 cm ve 15-30 cm derinliklerden toprak numuneleri alarak bir kısmını hava kurusu bir kısmını ise fırında kurutulmuş (105 °C' de 24 saat) olarak, FieldSpec Pro hyperspectral sensor yardımıyla (Analytical Spectral Devices, Inc., Boulder, Colorado: ASD, 1997) spektral ölçümler yapmışlardır ve 1 nm spektral çözünürlükte 350-2500 nm dalga boyu aralıklarında yansıma değerleri kaydetmişlerdir. Topraklarda elektriksel iletkenliği (EC) yüksek olan numuneler ayrıldıktan sonra VNIRS metodu ile numunelerin EC değerleri tahmin edilmiştir. Sonuçta bu tekniğin tuzluluğun ölçülmesi için uygun olduğu, fakat tekstür ve mineral tayini için uygun görülmediği rapor edilmiştir.

Rezapaur ve Samadi (2012), toprağın fiziksel özelliklerini araştırma amaçlı olarak yaptıkları bu çalışmada toprak tekstürü, toprak strüktürü, ağırlığı, yapısı, yoğunluğu, kıvamı, rengi, şekli gibi toprağın morfolojik yani fiziksel özelliklerinin toprak kalitesini nasıl etkilediği incelenmiştir. Toprağa organik madde ilavesi ile toprak kalitesini belirleyen özelliklerin değiştiğini ve organik maddenin toprakta besin elementi tutma kapasitesini arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Şenol ve Akgül (2012), Afyonkarahisar, Denizli, Antalya, Burdur ve Isparta illerinde sıkça görülen toprak gruplarını içeren belirli alanlardan toprak örnekleri alarak spektroradyometre tekniği ile bazı toprak kriterleri arasındaki ilişkilerin tayin edilebilirliği tespit edilmiştir. Görülebilir - yakın ınfrared spektroradyometre ile yapılan tarama sonucu elde edilen değerler kil R^2 = 0.59, Silt R^2 = 0.46, kum R^2 = 0.56, tarla kapasitesi R^2 = 0.74, solma noktası R^2 = 0.67, kütle yoğunluğu R^2 = 0.70, pH (1:1, toprak:su) R^2 = 0.55, pH (1:1, toprak:KCl) R^2 =0.51, kireç R^2 =0.90, organik madde R^2=0.57, KDK (katyon değişim kapasitesi) R^2 = 0.65, değişebilir

Ca+Mg R^2 =0.64, değişebilir K R^2=0.66, değişebilir Na R^2 = 0.58 ve COLE değeri R^2 = 0.50 olarak kaydedilmiştir.

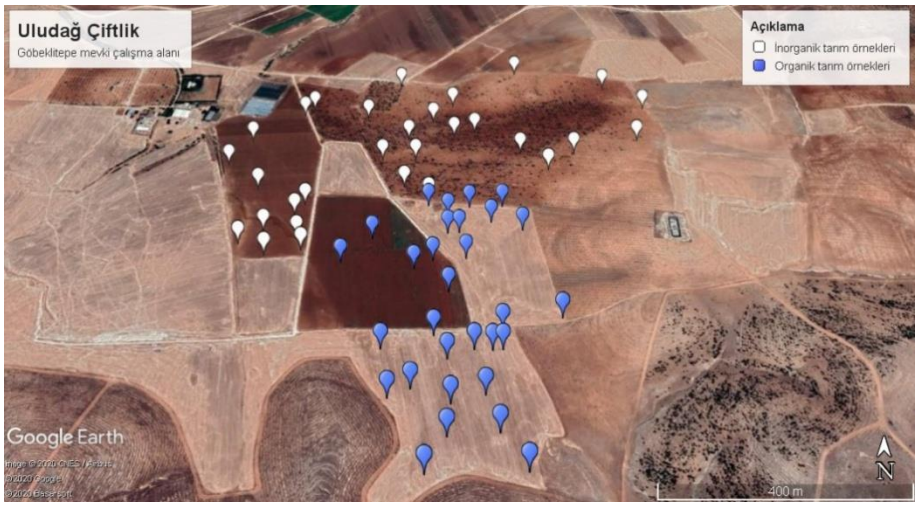
Bilgili ve arkadaşları (2014), Harran ovasında görülebilir ve yakın kızılötesi yansıma spektroradyometre (VNIRS) tekniği ve Elektromanyetik İndüksiyon (EM) metodu ile tuzdan etkilenen 90 noktada toprakların tuzluluk derecelerinin belirlenme potansiyelini araştırmışlardır. EM-38 aleti okumaları tuz oranı yüksek arazilerde yapılmış, VNIRS taramaları ise laboratuvar şartlarında yapılmıştır. Toprak numuneleri VNIRS spektroradyometre yardımıyla incelenmiş, yansıma ve elektriksel iletkenlik (ECe) değerleri arasındaki kalibrasyonlar Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (PLSR) tekniği ile belirlenmiş, her iki teknikte de sonuçların başarı seviyesi orta seviye olarak belirlenmiştir. İstatistiksel regrasyon modellerinin birebir doğrulama (Cross Validation) inceleme sonuçları topraktaki tuz oranının öngörülmesinde bulunan R^2 değerleri 0.80 ve 0.91 arasında, EM tekniğinde ECa ve ECe değerleri arasında yapılan doğrusal olmayan regresyon değerlerine ait R^2 değerleri ise 0.47 ve 0.79 arasında değişim gösterdiği gözlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışma Şanlıurfa ilinde Göbeklitepe mevkisinde aynı ana materyal üzerinde bulunan farklı tarım sistemleri (Geleneksel ve Organik tarım) kullanılarak yönetilen araziler de yürütülmüştür. Bu farklı tarım alanlarından yaklaşık 60 adet (30 + 30) toprak örneği 0-30 cm derinlikten rastgele örnekleme sistemi kullanılarak alınmıştır. Bu örneklerin laboratuvarda EC, Organik madde, pH, Kireç içeriği, Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) gibi özellikleri analiz edilerek, örneklerin Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroradyometre cihazı ile 350-2500 nm aralığında yansımaları toplanmıştır.

Analizlerin yapılmasında rutin laboratuvar analiz yöntemleri kullanılmıştır. Organik madde Walkley Black yöntemi ile (Jackson, 1958), EC ve pH sature haldeki toprak örneğinden alınan süzükte EC ve pH metre probu yardımıyla ölçülmüş, KDK Amonyum asetat yöntemiyle (Bower ark., 1952; Kacar, 2009) ve toprak örneklerinin bünye analizi Bouyoucus metoduyla (Bouyoucos, 1951) yapılmıştır. Toprak Kalite İndeksinin (SQI) belirlenmesinde doğrusal skorlama tekniği kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma yapılan arazi ve toprak numunelerinin alındığı noktalar

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak analizleri

Tekstür

Bu yöntemde öncelikle analizi yapılacak toprak numunelerinde organik madde ve karbonat türevleri uzaklaştırılmıştır. Daha sonra hidrometre yardımıyla kum - silt (40. Saniyede) ve kil (2. Saatte) okumaları yapılarak kil, kum ve silt yüzdeleri belirlenmiştir (Bouyoucus, 1951). Tekstür fraksiyonları tayin edildikten sonra tekstür üçgeni yardımıyla toprak bünye sınıfları tespit edilmiştir.

Katyon değişim kapasitesi (KDK)

Toprak örneklerinin Katyon değişim kapasitesi (KDK) analizi pH' sı 8.2 olan sodyum asetat ve pH' sı 7.0 olan amonyum asetat tampon çözeltileri yardımıyla yapılmıştır (Bower ark., 1952; Kacar, 2009). 100 ml' lik deney tüpüne 4 gram toprak numunesi tartılarak üzerine pH' sı 8.2 olan sodyum asetat tamponundan 33 ml ilave edilmiştir. Daha sonra çalkalayıcıya alınarak 5 dk süreyle çalkalandıktan sonra, santrifüje alınıp 5 dk süreyle santrifüj (4500 devirde) edilmiştir. Santrifüj sonrası üstteki sıvı dökülmüştür. Bu uygulama 3 defa tekrarlandıktan sonra aynı numunelere bu kez etil alkol çözeltisi (%95' lik) ilave edilerek önce 5 dk çakalayıcı da çalkalama işlemi ardından 5 dk santrifüj işlemi uygulanmıştır. Sonrasında üst kısımda oluşan saydam sıvı alınmıştır. Bu işlem de tampon çözeltide olduğu gibi 3 kez tekrarlanmıştır. En son kısımda bu kez numuneler üzerine 33 ml amonyum asetat tamponu ilave edilerek aynı işlemler tekrarlanmış fakat bu sefer üstteki sıvı filtrelenerek 100 ml' lik bir balon jojede biriktirilmiştir ve balon jojedeki sıvı amonyum asetat tamponuyla 100 ml' ye tamamlanmıştır. Daha sonra ICP de Na okuması yapılarak toprak örneklerine ait KDK değerleri hesaplanmıştır.

pH ve elektriksel iletkenlik (EC)

Hava kurusu toprak numuneleri öncelikle öğütülerek 2 mm' lik elekten geçirilmiştir. Daha sonra örneklerin saf su ile saturasyon çamurları hazırlanmıştır ve 1 gün süreyle dinlendirilmiştir. Daha sonra bekletilen bu çamurlar ekstrakte edilerek süzükler elde edilmiştir. Elde edilen bu ekstraktlarda pH ve elektriksel iletkenlik (EC) okumaları yapılmıştır.

Toplam kireç ($CaC0_3$ %)

Her bir toprak numunesinden 1 gram alınarak % 10' luk HCI asit yardımıyla numunelerin kalsimetredeki CO_2 değerleri okunmuştur (Sağlam, 2012).

Kalsimetrede okunan CO_2 değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla toprak numunelerindeki toplam kireç miktarları hesaplanmıştır.

$$\% CaCO_3 = \frac{V_0 X0.004464}{Numune\ ağ.(g)} \times 100$$

$$V_0 = \frac{Vt\ (b-e)x273}{760(273+t)}$$

B = Hava Basıncı

E = Su buharının maksimum basınç değeri

Vt= Kalsimetrede okunan CO_2 (ml) (Çağlar, 1949).

Toprak organik maddesi

Toprakta organik madde içeriğinin tayin edilmesinde birçok farklı yöntemin var olduğu bilinmektedir (Jackson, 1958). Organik maddenin miktarı Potasyum dikromatın ($K_2Cr_2O_7$) Sülfirik asit (H_2SO_4) ile yükseltgenmesi sonucu ortamda

oluşan kromatın ($Cr_2O_7^{-2}$) standart Demir sülfat ($Fe_2SO_4.7H_2O$) çözeltisiyle titre edilmesi esasına dayanmaktadır (Walkley ve Black, 1934).

Öncelikle toprak numuneleri 2 mm' lik çelik elekten geçirilmiştir. Böylece gözle görülebilir canlılar ve canlı atıkları (bitki kök ve parçacıkları, hayvan atıkları, vs.) temizlenmiştir. Elekten geçirilmiş hava kurusu toprak numunesinden 1 g (organik madde içeriğine göre) tartılıp, üzerine 10 ml 1 N $K_2Cr_2O_7$ ve konsantrasyon olarak en az %96 lık 20 ml H_2SO_4 çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra 150 ºC' lik sıcak ocak üzerinde bekletilip soğumaya alınan numune üzerine 200 ml saf su eklenmiş üzerine 3-4 damla baryum difelamin sülfonat damlatılıp karıştırıldıktan sonra $Fe_2SO_4.7H_2O$ ile geri titre edilerek organik madde miktarı bulunmuştur.

$$\%OM = (N_1 * A) - (N_2 * B) / T * 0.58$$

$$\%OK = (N_1 * A) - (N_2 * B) / T$$

$$\%OM = \%OK * 0.58$$

OK: Organik karbon
OM: Organik madde
T: Alınan toprak miktarı (g)
N_1: Potasyum dikromat çözeltisinin normalitesi (1 N)
N_2: Demir sülfat standart çözeltisinin normalitesi (1 N)
0.58: 100 g OM' nin %58'inin karbon olduğu varsayılmaktadır (Van Bemmelen Faktörü) (Kacar, 2009).

3.2.2. Toprak kalite indeksinin belirlenmesi

Toprak kalitesinin değerlendirilmesi için toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalite parametreleri analiz edilerek çıkan sonuçlar doğrusal skorlama yöntemiyle skorlandıktan sonra ortalama skor alınarak toprak kalite indeksi belirlenmiştir.

3.2.2.1. Doğrusal skorlama yöntemi ile toprak kalite indekslerinin belirlenmesi

Doğrusal skorlama için toprağın ölçülen tüm dinamik değişkenleri (toprak kalite parametreleri) kullanılmıştır. Doğrusal skorlamanın hesaplanmasında toprak kalite parametreleri 2 gruba ayrılmıştır. 1.gruptaki parametreler yüksek olması arzulanan olup, örneğin organik madde, 2. gruptaki parametreler ise düşük olması arzulanan parametreler olup örneğin kireç bu gruba dâhil edilmiştir. 1. Grupta yer alan parametrelerin skorlanması için değişkenler büyükten küçüğe doğru sıralanır, her bir parametreye ait sayısal değerler veri setindeki en büyük sayısal değere bölünür, böylece en büyük sayısal değere sahip örnek en büyük skora (1) sahip olur. 2. Grupta yer alan parametreler topraktaki oranı yükseldiğinde toprak kalitesinin azalmasına sebep olan parametrelerdir. 2. Grupta yer alan bu parametrelerin skorlanması için ise değişkenler küçükten büyüğe sıralanır. Yine skorlama her bir parametre için ayrı ayrı yapılır. Her bir değişken için veri setindeki en küçük değer saptanır ve bu en küçük değer diğer tüm değerlerle bölünür, bu durumda en küçük değer en büyük skora (1) sahip olur. Skorlama yapıldıktan sonra her bir örneğe ait skor ortalamaları alınarak toprak örneğine ait toprak kalite indeksi tespit edilmiş olur (Karlen ve ark., 2003).

3.2.3. Toprak örneklerinin spektroradyometre okumaları

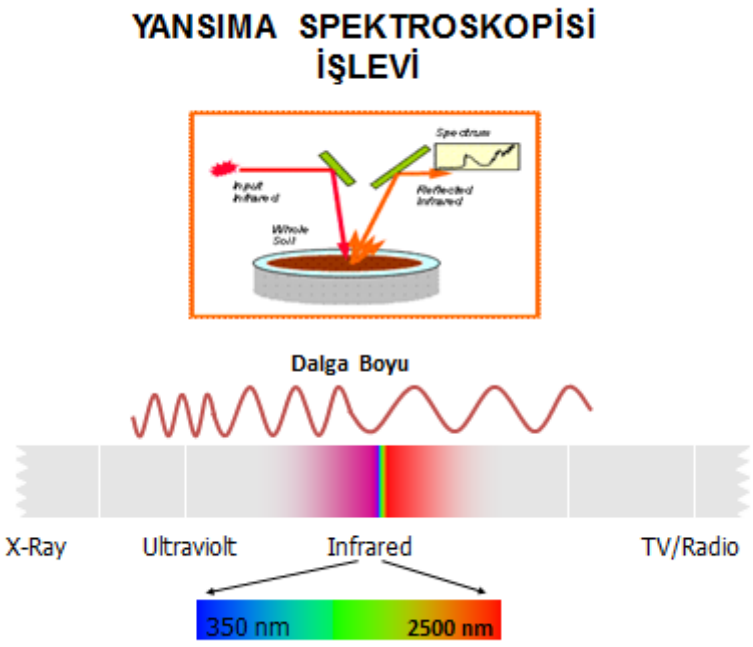
3.2.3.1. VNIRS ile spektroradyometre okumaları

Spektroradyometreler, güneş veya laboratuvardaki yapay ışık kaynağı altında, hedef materyalden (toprak, bitki, su vb.) yansıyan ışınımı algılayıp kaydeden çok yönlü optik uzaktan algılama sistemlerdir. Yakın kızılötesi yansıma Spektroradyometre metodları toprağın yapısına ve içeriğine (tekstür, organik madde, nem, Fe-Al oksitler vb) bağlı olarak iletilen ışıkla etkileşiminden sonra belirli dalga boylarında geri yansıyan ışığın miktarı ve şeklindeki değişimleri dikkate alarak toprakları karakterize eder ve onların karakteristiklerini tahmin eder.

Görünür yakın kızılötesi yansıma (VNIR) bölgesindeki (350-2500 nm) toprak yansıma yoğunluğu ve karakteristikleri toprak kil, organik madde kapsamı, opak minerallerin varlığı, partikül yüzeyi, Fe-Al oksitler, toprak nemi, organik madde muhtevası, $CaCO_3$, toprak tuz içerikleri ve farklı toprak kil mineralleri gibi bileşenlere bağlı olarak değişir (Brown ve ark., 2006) (Şekil 3.3).

Hava kurusu 2 mm lik elekten geçirilmiş toprak örneklerinin yansımaları 350 – 2500 nm aralığında FieldSpec III spektroradyometre cihazı ile Harran Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde yer alan Spektroradyometre ve EM 38 laboratuarında yapay ışık kaynağı (Halojen Lamba) kullanolarak elde edilmiştir (Şekil 3.4). Topraklardan elde edilen yansımalar whitespektralon (beyaz panel) ile elde edilen yansıma ile orantılandıktan sonra nihai yansımaları hesaplanmıştır;

% R = Toprak Yansıması/ White spektralon yansıması



Şekil 3.2. Yansıma spektroradyometre çalışma prensibi ve dalga boyları



Şekil 3.3. Spektroradyometre düzeneği (Harran Üniversitesi spektroradyometre ve EM 38 laboratuvarı)

3.2.3.2. Kısmi en küçük kareler regrasyonu (PLSR) ile modelleme ve tahmin

Toprak yansımaları ile toprak parametreleri arasındaki ilişki kısmi en küçük kareler regresyon (PLSR) metodu kullanılarak analiz edilmiştir. PLSR modeli X girdiler (350-2500 nm dalgaboyu aralığındaki spektral yansımalar) ve Y çıktılar (Toprak özellikleri – Lab ölçümleri) matrisleri arasındaki ilişkiyi doğrusal çok değişkenli bir modelle açıklar (Esbensen, 2010). PLSR kalibrasyon modellerinin validasyonu örnek sayısı göz önünde bulundurularak çapraz doğrulama (Cross Validation) yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşımda her seferinde bir örnek veri setinden çıkarılıp model kalan verilerle kurulur, çıkarılan örnek tahmin edilir, bu işlem tüm örnekler aynı işleme tabi tutuluncaya kadar devam eder (Milos ve Bensa, 2018). PLSR modelleri Unscrumbler programında yürütülmüştür.

Kalibrasyon modelleri ve çapraz doğrulama ile oluşturulan tahminlerin doğruluğu, tahmin edilen değerler ile gerçek gözlemler (Laboratuvar ölçümleri) arasındaki regresyondan elde edilen açıklama katsayısı olan R^2 parametresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.3. KNN metodu ile spektral sınıflandırma

Farklı amenajman sistemleri (Geleneksel ve Organik tarım) altındaki toprakların, elde edilen yansımalar kullanılarak ayırt edilebilirliği K Nearest Neighbor (KNN) tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Karadag ve ark. 2019). Toprakların ayrımında etkili olan spektral bantların tespiti ise RELIEF metodu kullanılarak yapılmıştır. KNN metodu ile sınıflandırma ve RELIEF algoritması MATLAB (matrix laboratory) programı kullanılarak çalıştırılmıştır. .

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Şanlıurfa ili Haliliye ilçesi Göbeklitepe mevkii Uludağ çiftliği arazisinde, aynı ana materyal üzerinde bulunan farklı tarım sistemleri (Geleneksel tarım ve Organik tarım) kullanılarak yürütülen çiftlik arazisi orta eğimli, taşlıklı ve kalker ana materyal üzerinde meydana gelmiştir. Eğimli kısımlarda çok yıllık bitki deseni olan fıstık, az eğimli kısımlarda ise geleneksel tarımla yapılan pamuk ekim alanları var olup, daha düz olan kısımlarda ise limon otu, nane ekim alanı olarak bulunan bitki deseni bulunmaktadır.

Geleneksel ve organik tarım arazilerinden ayrı ayrı 30 adet toplamda 60 adet örnek rastgele örnekleme sistemine göre 0-30 cm derinlikten alınarak toprakların bazı kalite parametreleri belirlenmiştir. Daha sonra toprakların spektroradyometre cihazı ile 350-2500 nm dalga boyu değerleri arasında yansımaları alınmıştır.

4.1. Organik ve Geleneksel Tarım Yapılan Alanlardan Alınan Toprak Örneklerinin Analiz Sonuçları

Farklı tarım sisteminde (geleneksel ve organik tarım) bulunan toprak örneklerine ait tanıtıcı istatistikler çizelgelerde verilmiştir. Organik tarım altında yer alan toprak örneklerine ait organik madde oranları ortalama %3.13 bulunurken, geleneksel tarımda bu oran %1.84 civarında bulunmuştur. İncelenen diğer parametreler arasında önemli bir farklılık olmayıp kireç, pH, EC ve KDK değerleri sırasıyla ortalama %19.59 ve 18.08, 8.02 ve 8.06, 2.38 ve 2.49 ile 39.39 ve 39.84 cmol\kg olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Organik tarım yapılan araziye ait toprak parametrelerinin tanıtıcı istatistikleri

Toprak Değişkeni	Birim	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	Min.	Maks.	VK*
Kireç	%	19,59	5,97	0,5	-1,24	12,8	30,0	30,47
Org. Madde	%	3,13	0,47	-0,72	1,08	1,83	3,92	15,01
pH	-	8,02	0,08	-0,6	0,06	7,85	8,17	0,99
EC	dS\m	2,38	0,81	1,07	-0,69	1,8	3,9	34,03
KDK	cmol\kg	39,39	2,79	-0,24	0,42	32,3	45,2	7,09

* Varyasyon Katsayısı (standart sapma/ortalama*100)

Çizelge 4.2. Geleneksel tarım yapılan araziye ait toprak parametrelerinin tanıtıcı istatistikleri

Toprak Değişkeni	Birim	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	Min.	Maks.	VK*
Kireç	%	18,08	4,23	-0,14	-0,96	8,8	23,0	23,39
Org. Madde	%	1,84	0,36	-0,38	-0,4	1,06	2,49	19,56
pH	-	8,06	0,13	-0,26	0,96	7,82	8,25	1,61
EC	dS\m	2,49	0,93	1,17	0,13	1,4	4,6	37,34
KDK	cmol\kg	39,84	3,47	0,33	0,08	34,4	48,2	8,7

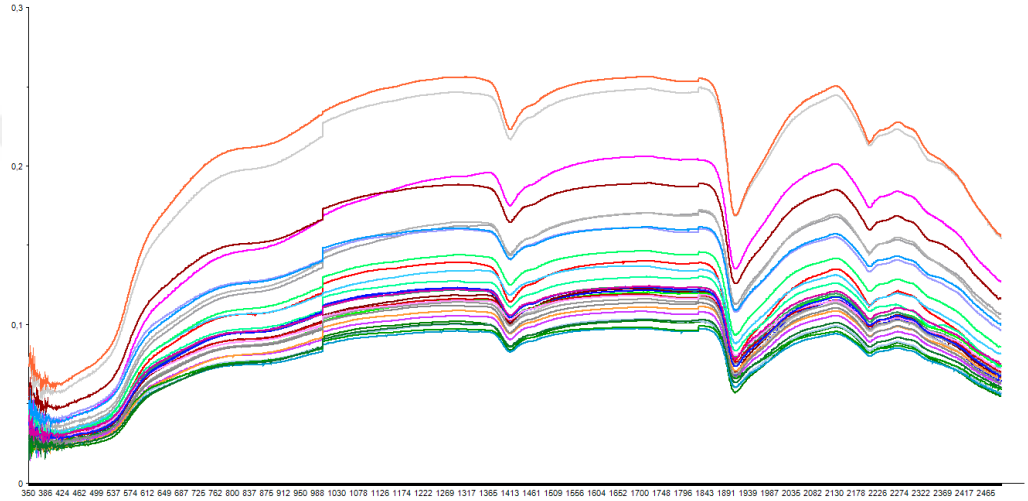
* Varyasyon Katsayısı (standart sapma/ortalama*100)

4.2. Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroradyometre (VNIRS) Tekniği ile Elde Edilen Toprak Yansıma Karakteristikleri

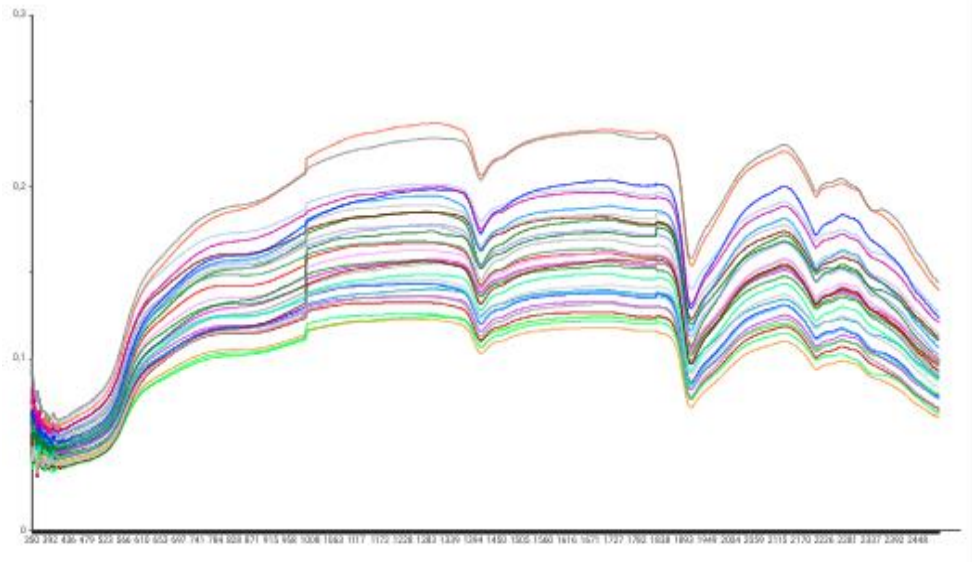
Toprak örneklerinin yansımaları incelendiğinde yaklaşık 900-1400-1900 ve 2200 nm dalga boyları civarında adsorpsiyon bölgeleri görülmektedir (Şekil 4). Bu dalga boylarındaki adsorpsiyon piklerinin toprak içerisindeki nem ile ilgili olduğu bilinmektedir.

Organik tarım altında yer alan toprak örneklerinin yansıma yüzdeleri geleneksel tarım altındaki topraklara oranla daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeninin organik tarım altında yer alan topraklardaki nispeten yüksek orandaki

organik madde içerikleridir. Organik tarımda yer alan topraklarda ortalama % 3.13 bulunurken, geleneksel tarımda bu oran % 1. 84 olarak bulunmuştur. Organik madde içeriği arttıkça toprakların rengi koyulaşacağından meydana gelen yansımalarda azalacaktır. Bu sonuçlar yansıma tekniği sonuçları ile doğrulanmaktadır. Öteki taraftan topraklardan meydana gelen yansımalarda organik madde kapsamının yanı sıra toprak bünyesi, demir içeriği ve azot içeriklerinin de etkili olduğu önceki çalışmalarda belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Organik tarım yapılan topraklara ait ham yansımalar (350-250 nm)



Şekil 4.2.Geleneksel tarım yapılan topraklara ait ham yansımalar (350-2500 nm)

4.3. PLSR Tekniği ile Modelleme

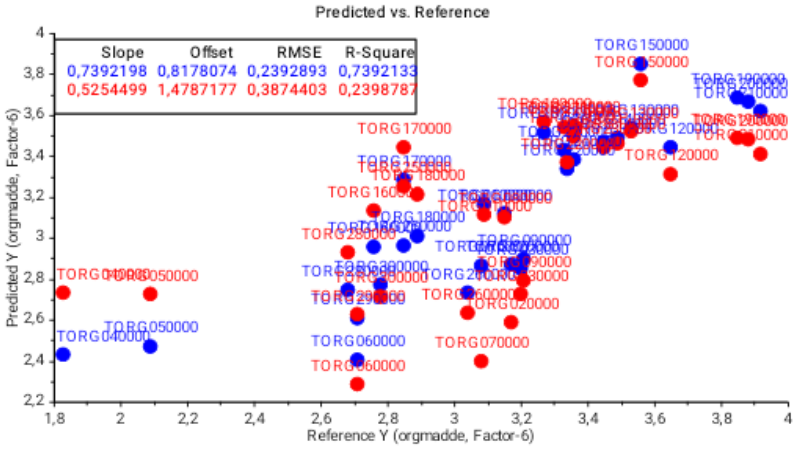
Topraklara ait bazı değişkenler ve toprak kalite indeksleri (SQI) PLSR tekniği kullanılarak toprak yansımaları ile modellenmiş ve tahmin edilmiştir. Çapraz doğrulama yaklaşımına göre (cross validation) elde edilen tahmin sonuçlarını gösteren tablo ve grafikler her bir toprak parametresi ve toprak kalite indeksi için ayrı ayrı organik ve geleneksel tarım yapılan alanlar için aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı toprak parametreleri için PLSR modeli kalibrasyon ve çapraz doğrulama R^2 değerleri

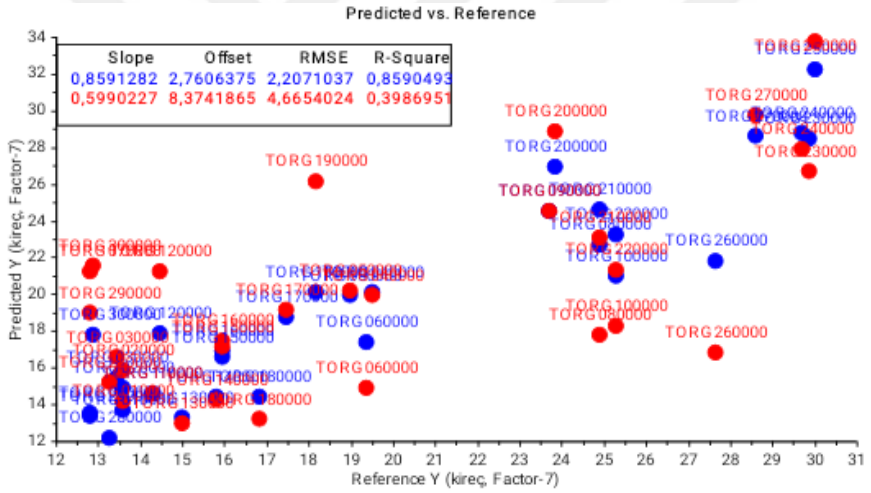
	Organik Tarımdaki Topraklar		Geleneksel Tarımdaki Topraklar	
Parametreler	Kalibrasyon	Çapraz Doğrulama	Kalibrasyon	Çapraz Doğrulama
KDK	0.01	-	0.24	0.12
Kireç	0.86	0.39	0.78	0.53
Organik Madde	0.74	0.23	0.81	0.23
Toprak Kalite İndeksi	0.83	0.46	0.63	0.20

Elde edilen kalibrasyon modeli R^2 değerleri organik tarımdaki toprak parametreleri için 0.01-0.86 arasında, geleneksel tarımdaki topraklar için ise 0.24-0.81 aralığında değişmiştir. Çapraz doğrulama R^2 değerleri ise sırasıyla 0.23-0.46 ve 0.12-0.53 aralığında değişmiştir. Buna göre kalibrasyon modelleri orta derecede başarılı iken, çapraz doğrulama ile elde edilen tahminler Kireç içeriği hariç başarısız bulunmuştur.

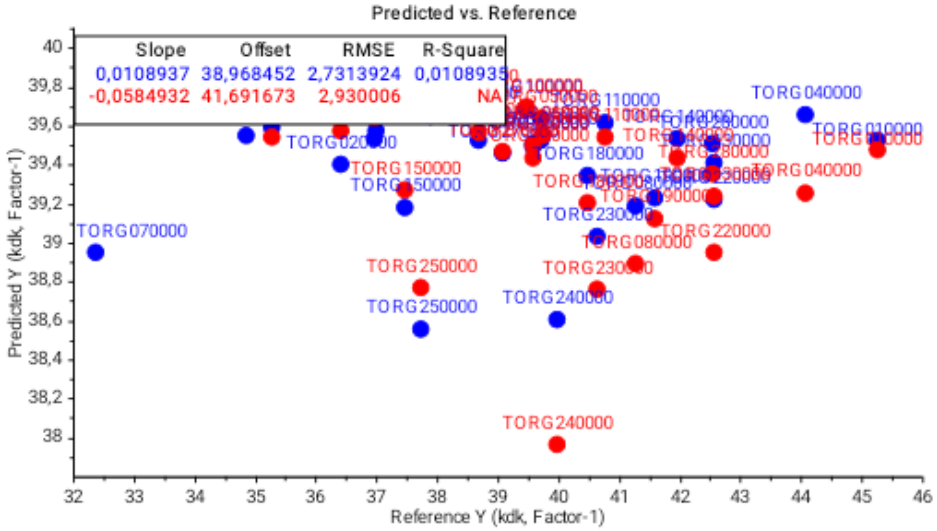
4.3.1. Organik tarım yapılan topraklar



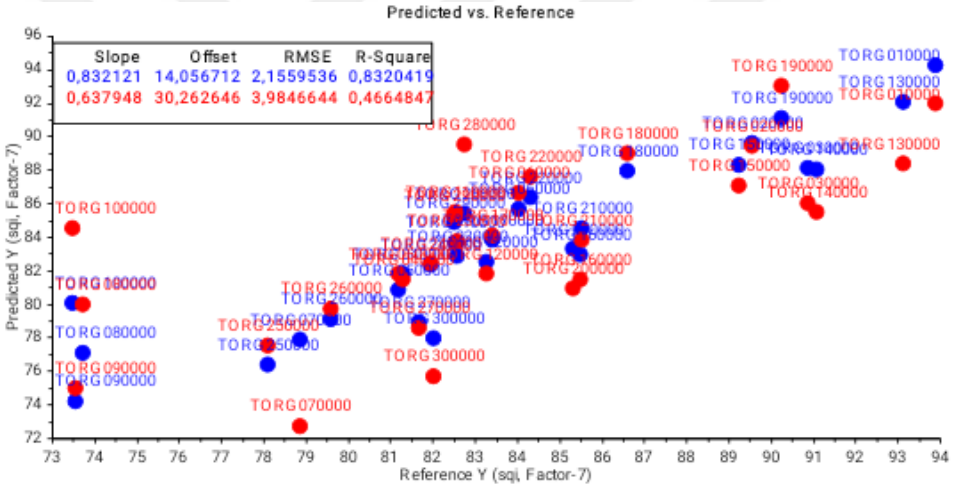
Şekil 4.3. Organik madde için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



Şekil 4.4. Kireç ($CaCO_3$) için Laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini

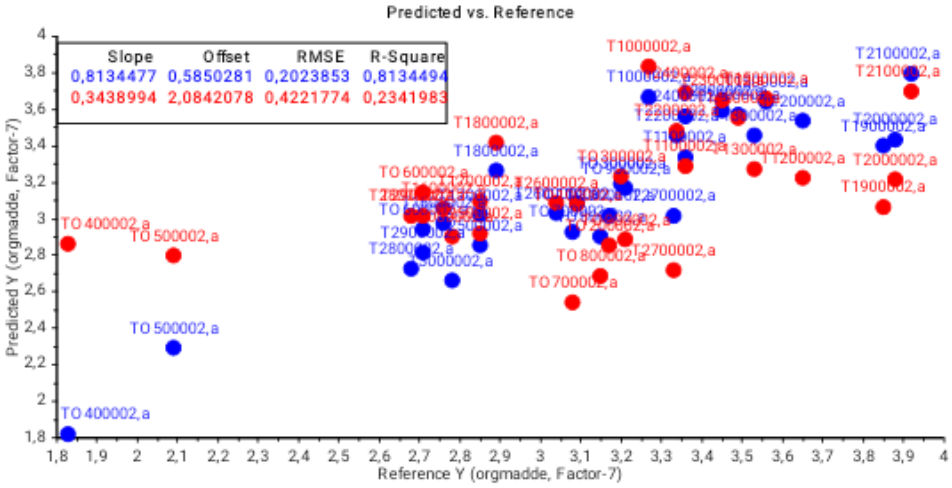


Şekil 4.5. KDK için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini

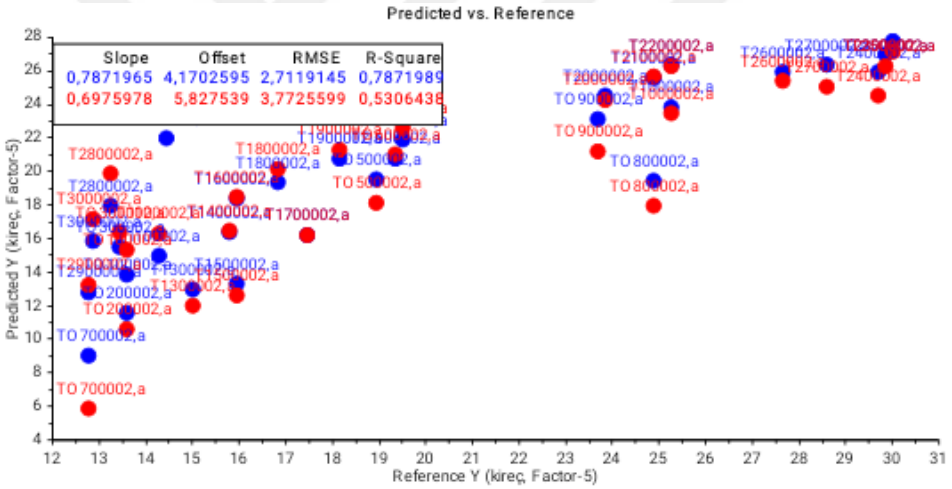


Şekil 4.6. Toprak kalite indeksi (SQI) için laboratuar ölçümü ve VNIRS tahmini

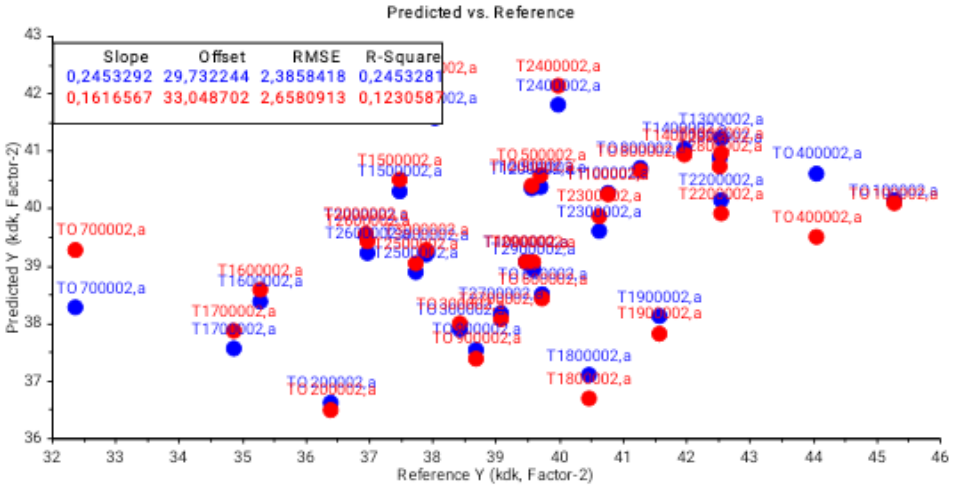
4.3.2. Geleneksel tarım yapılan topraklar



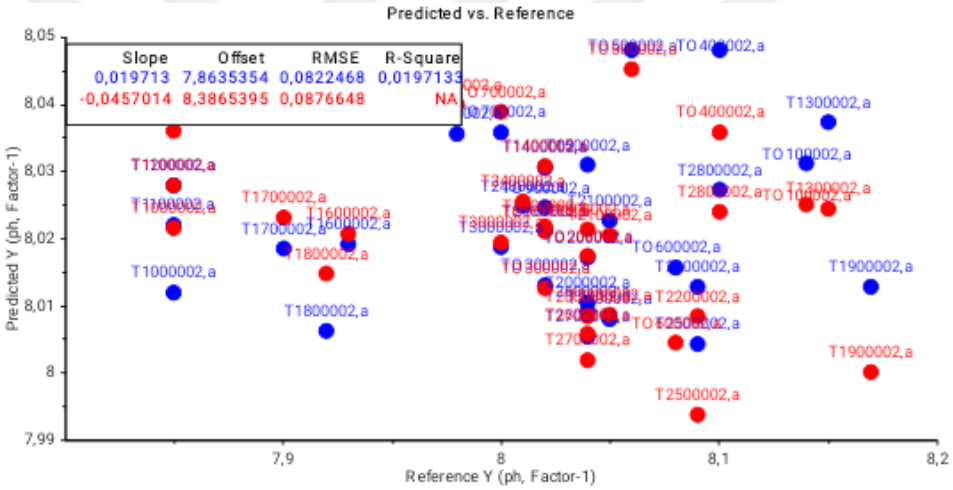
Şekil 4.7. Organik madde için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



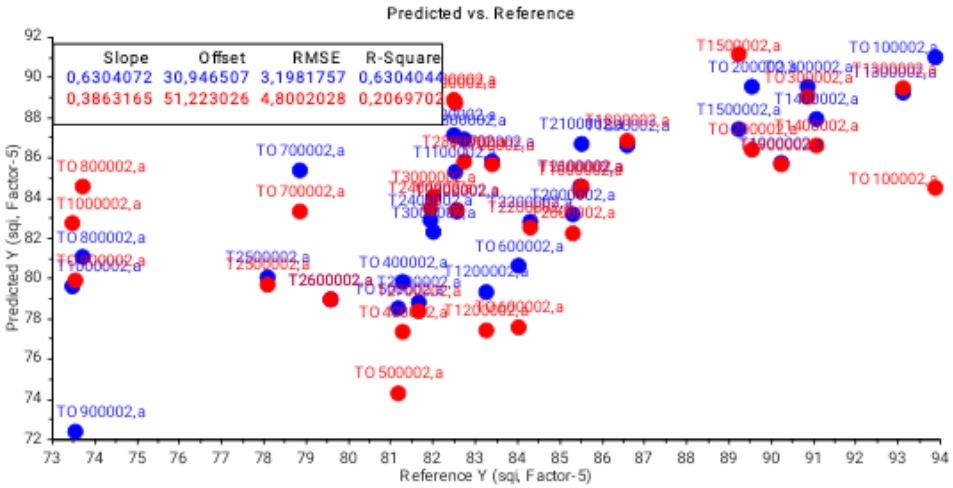
Şekil 4.8. Kireç ($CaCO_3$) için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



Şekil 4.9. KDK için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini



Şekil 4.10. pH için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini

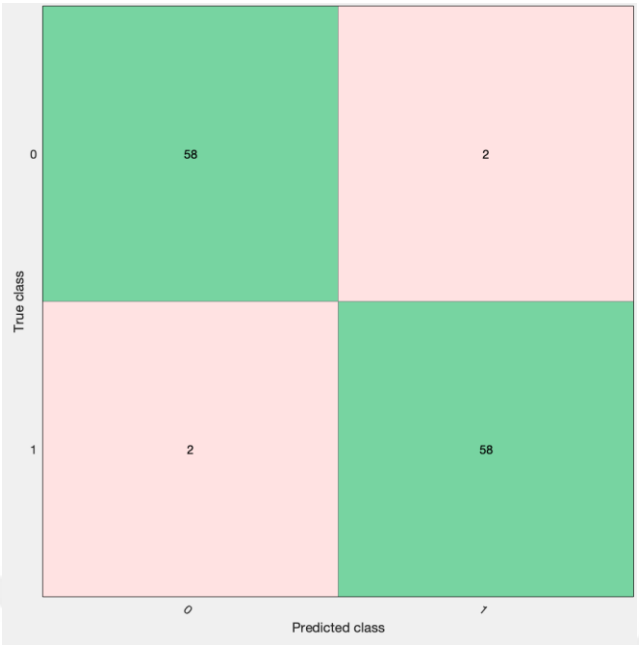


Şekil 4.11. Toprak kalite indeksi (SQI) için laboratuvar ölçümü ve VNIRS tahmini

4.4. Organik ve Geleneksel Tarım Yapılan Toprakların KNN Yöntemi Kullanılarak Spektral Sınıflandırılması

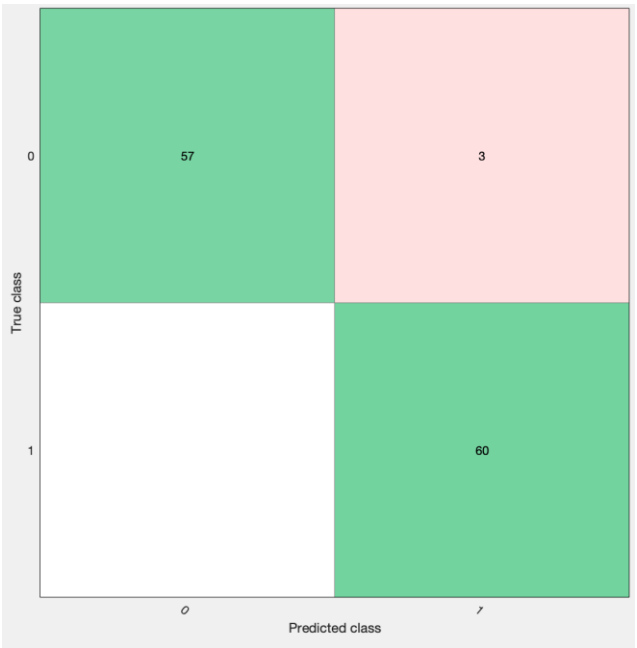
Data seti içerisinde organik ve geleneksel tarım olmak üzere 2 farklı toprak sınıfı mevcuttur. Toprak örneklerinden 5 tekrarlı yansımalar alınmıştır. 60 (30 organik ve 30 geleneksel) örneğe ait yansımlar hem üstten hem de alttan olmak üzere iki farklı şekilde alınmıştır. Bu durumda toplam 60x5x2=600 adet yansıma üzerinden sınıflandırma işlemleri yapılmıştır. Sınıflandırma doğrulukları da çapraz doğrulama yaklaşımına göre (Fold Cross Validation) yapılarak sınıflandırma doğruluk değerleri bulunmuştur.

Veri seti %20 kalibrasyon ve % 80 test olarak ayrılarak sınıflandırma yapıldığında; Tüm yansımalar kullanılarak KNN (K En yakın komşuluk) yöntemi ile % 96.7 oranında doğruluk değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.12. Bağımsız test seti-KNN tekniği ile yapılan sınıflandırma matrisi

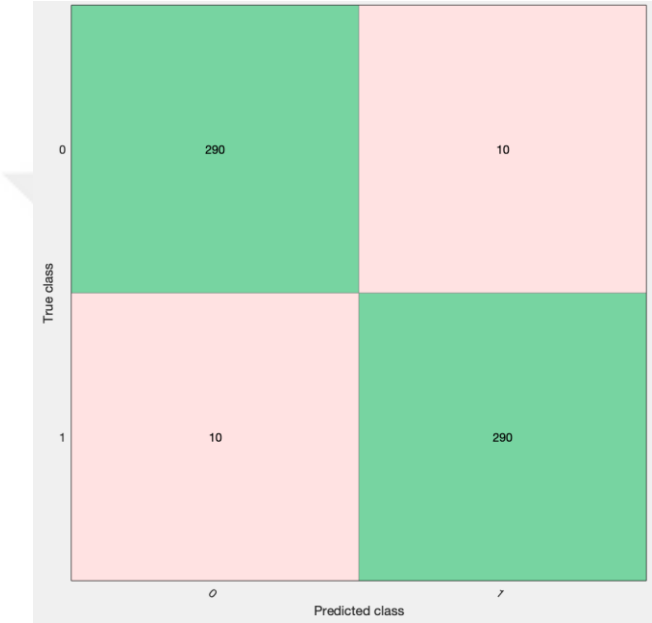
PCA (Principle Component Analysis – Temel bileşen analizi) uygulanmış ve 3 PC (%99 bilgiyi içerecek şekilde) ile KNN sınıflandırması ile % 97.5 oranında doğruluk elde edilmiştir.



Şekil 4.13. Bağımsız test seti PCA-KNN tekniği ile yapılan sınıflandırma matrisi

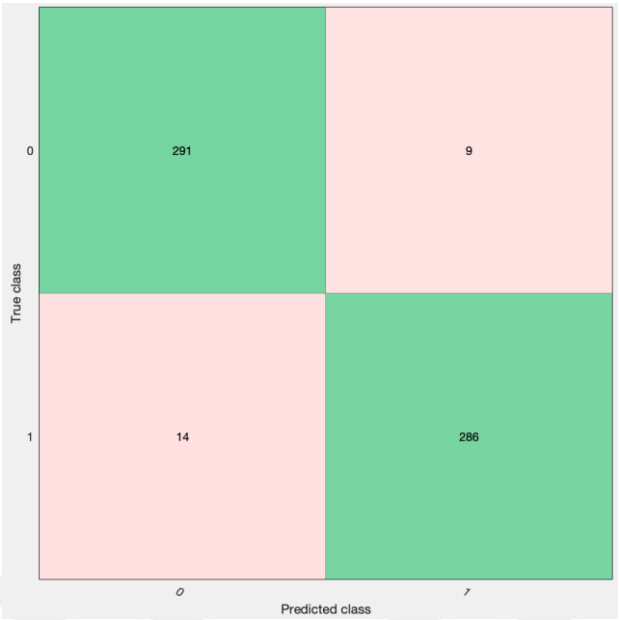
KNN metodunun sınıflandırma başarısı bağımsız veri setleri kullanılarak yapılmasının yanı sıra n fold cross validation (çapraz doğrulama) yaklaşımı kullanılarak da test edilmiştir.

Tüm yansımalar kullanılarak KNN yöntemi ile % 96.7 doğruluk değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.14. Çapraz doğrulama-KNN tekniği ile yapılan sınıflandırma matrisi

PCA analizi uygulanmış ve 3 PC (%99 bilgiyi içerecek şekilde) ile sınıflandırma ile %96.2 oranında doğruluk elde edilmiştir.



Şekil 4.15. Çapraz doğrulama-PCA-KNN tekniği ile yapılan sınıflandırma matrisi

RELIEF algoritması ile sınıflandırma da en etkili olan yansımaları gösteren grafik aşağıda verilmektedir. Buna göre sınıflandırma da en etkili bantlar 400-500 nm aralığında yer almıştır.



Şekil 4.16. RELIEF algoritmasına göre sınıflandırmada farklı dalga boylarının etki seviyeleri

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Organik tarım ve geleneksel tarım yapılan alanlardan alınan örneklerin spektral verileri toplanarak farklı amenajman altındaki toprakların ayırt edilebilirliği gözlemlenmiştir.

Organik tarım sisteminde yer alan toprak örneklerine ait ortalama yansımalar geleneksel tarım altındaki toprak örneklerine ait yansımalara oranla yüksek organik madde içeriğine bağlı olarak daha düşük bulunmuştur.

Spektral veriler kullanılarak farklı toprak özelliklerinin PLSR metodu ile tahmin edilebilirliği kalibrasyon modellerinde orta seviyede başarılı bulunurken, tahminde kireç içeriği hariç başarısız bulunmuştur. Model ve tahminlerdeki zayıf başarı oranları topraklardaki yüksek kireç içeriğine dayandırılmaktadır.

KNN yöntemi ile yansımalar kullanılarak farklı iki amenajman (organik ve geleneksel) tarım altındaki toprakları %97.5 başarı oranı ile sınıflanmıştır.

RELIEF algoritması kullanılarak farklı amenajman altındaki toprakların ayırt edilmesinde en etkili olan dalga boyları incelendiğinde dalga boylarının 400-500 nm aralığında toplandığı görülmüştür.

Toprak parametreleri ve yansımalara ait modellerin doğrusal olmayan yapay sinir ağları vb. farklı modeller ile test edilmesi. Toprak örneklerindeki yüksek kireç içerikleri giderilerek yansımaların modellenmesi.

KAYNAKLAR

AKGÜL, M., BAŞAYİĞİT, L., 2005. Süleyman Demirel Üniversitesi Çiftlik Arazisinin Detaylı Toprak Etüdü ve Haritalanması. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 9, sayı:3, Isparta.

ALTIKAT, S., ve ÇELİK, A., 2009. Toprak İsleme Sistemlerinin Önemli Bazı Toprak Kalite Kriterlerine Olan Etkileri. Alınteri Zirai Bilimler Dergisi, 16(1):33-41.

ALTINBAŞ, Ü., KURUCU, Y., and BOLCA, M., 2001. Ege Bölgesi ve Çevresinin 2000 Yılına Ait Pamuk Ekili Alanları ve Pamuk Ürün Rekoltesinin Uzaktan Algılama Tekniği - Uydu Verileri ile Saptanması Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi, Proje No:2000/BİL/030, Bornova, İzmir.

ALTINDİŞLİ, A., ve İLTER, E., 1999. Eko-Tarımda İlke ve Kavramlar. Ekolojik Tarım Ders Notları, ETO, İzmir.

ATASEVEN, Y., ve GÜNEŞ, E., 2008. Türkiye' de İşlenmiş Organik Tarım Ürünleri Üretimi ve Ticaretindeki Gelişmeler. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(2):25-33.

AWITI, A. O., WALSH, M. G., SHEPHERD, K. D., and KİNYAMARİO, J., 2008. Soil Condition Classification Using Infrared Spectroscopy: A Proposition for Assessment of Soil Condition Along a Tropical Forest-Cropland Chronosequence. Geoderma, 143:73-84.

BAUMGARDNER, M. F., KRİSTOF, S. J., JOHANNSEN, C. J., and ZACHARY, A. L., 1970. Effects of Organic Matter on Multispectral Properties of Soils. Proceedings of the Indian Academy of Science, 79:413-422.

BAUMGARDNER, M. F., SİLVA, L. R. F., BİEHL, L. L., STONER, E. R., 1985. Reflectance Properties of Soils. Advances in Agronomy, 38:1-44.

BATTEN, G. D., 1998. Plant Analysis Using Near Infrared Reflectance Spectroscopy: The Potential and Limitations. Australian Journal Experimental Agriculture, 38:697-706.

BEDİDİ, A., CERVELLE, B., MADEİRA, J., and POUGET, M., 1992. Moisture Effects on Visible Spectral Characteristics of Lateritic Soils. Soil Science, 153(2):129-141.

BELLİNASO, H., DEMATTÊ, J. A. M., and ROMEİRO, S. A., 2010. Soil Spectral Library and İts Use in Soil Classification. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34(3):861-870.

BEN-DOR, E., and BANİN, A., 1995. Near İnfrared Analysis (NIRA) as a Rapid Method to Simultaneously Evaluate Several Soil Properties. Soil Science Society of American Journal, 59(2):364-372.

BEN-DOR, E., INBAR, Y., and CHEN, Y., 1997. The Reflectance Spectra of Organic Matter in the Visible Near-İnfrared and Short Wave İnfrared Region (400-2500 nm) during a Controlled Decomposition Process. Remote Sensing of Environment, USA, 61(1):1-15.

BİLGİLİ, A.V., ÇULLU, M. A., ES, H.V., AYDEMİR, A., and AYDEMİR, S. 2011. The Use of Hyperspectral Visible and Near Infrared Reflectance Spectroscopy for the Characterization of Salt-Affected Soils in the Harran Plain, Turkey. Arid Land Research and Management, 25:19-37.

BİLGİLİ, A. V., ÇULLU, M. A., and AYDEMİR, S., 2014. Tuzdan Etkilenmiş Toprakların Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroradyometre ve Elektromanyetik İndüksiyon Tekniği Yardımıyla Karakterize Edilebilme Potansiyelinin Araştırılması. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 18(1):33-46

BİLGİLİ, A.V., ÇULLU, M. A., KÜÇÜK, Ç., ALMACA, A. ve ÖZTÜRKMEN, A. R., 2015. Harran Ovası Farklı Toprak Serilerinde Toprak Kalite İndeksi (skor fonksiyonu) Kullanarak Toprakların Kalitelerinin Değerlendirilmesi ve Takip Edilme Potansiyelinin Araştırılması. TÜBİTAK TOVAG Proje 1110706, 1-69.

BOGREKCİ, İ., LEE, W. S.,and HERRERA, J., 2003. Assessment of P-Concentration in the Lake Okeechobee Drainage Basins with Spectroscopic Reflectance oF VIS and NIR. 2003 ASAE Annual Meeting,1, No:031139.

BOGREKCİ, İ., and LEE, W. S., 2006. Effects of Soil Moisture Content on Absorbance Spectra of Sandy Soil in Sensing Phosphorus Concentrations Using UV-VIS-NIR Spectroscopy. Transactions of the ASABE, 49(4):1175-1180.

BOGREKCİ, İ., and LEE, W. S., 2007. Comparison of Ultraviolet, Visible, and Near Infrared Sensing for Soil Phosphorus. Biosystem Engineering, 96(2):293-299.

BOUYOUCOS, G. J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soil. Agronomy Journal, 43:434-438.

BOWER, C. A., REİTEMEİER R. F., and FİREMAN, M., 1952. Exchangeable Cation Analysis of Saline and Alkali Soils. Soil Science, 73:251-261.

BRIAN, N., and DANIEL, J., LESLEY, C., 2005. Predicting Soil Characteristics of Oklahoma Pasture with Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS). Society for Range Management, 58th Annual Meeting and Trade Show, (February 5-11, 2005), Fort Worth, Texas.

BROWN, D. J., SHEPHERD, K. D., WALSH, M. G., MAYS, M. D., and REİNSCH, T. G., 2006. Global Soil Characterization with VNIR Diffuse Reflectance Spectroscopy. Geoderma, 132:273–290.

BROWN D. J., 2007. Using a Global VNIR Soil-Spectral Library for Local Soil Characterization and Landscape Modeling in a 2nd-order Uganda Watershed. Geoderma, 140(4):444-453.

BRUNET, D., BARTHÈS, B. G., CHOTTE, J. L., FELLER, C., 2007. Determination of carbon and nitrogen contents in Alfisols, Oxisols and Ultisols from Africa and Brazil Using NİRS Analysis: Effects of Sample Grinding and Set Heterogeneity. Geoderma, 139(1-2):106-117.

BÜLBÜL, M., TANRIVERMİŞ, H., 1999. Türkiye'de Ekolojik ve Geleneksel Fındık Üretim Ekonomisi ve Pazarlama Yapısı. Türkiye 1. Ekolojik Tarım Sempozyumu, 21-23 Haziran 1999, İzmir.

CANBOLAT, M., 2006. Toprak kalite yönetimi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Basılmamış Ders Notu.

CÉCİLLON, L., BARTHÈS, G., GOMEZ, C., ERTLEN, D., GENOT, V., HEDDE, M., STEVENS, A., and BRUN, J. J., 2009. Special Issue:Soil İnventory and Monitoring. Europen Journal of Soil Science, 60(5):770-784.

CHANG, C. W., LAİRD, D. A., MAUSBACH, M. J., HURBURGH, Jr. C. R., 2001. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy- Principal Components Regression Analysis of Soil Properties. Soil Science Society of America Journal, 65:480-490.

CHANG, C.W., LAİRD, D., HURBURGH, C.R. 2005. Influence of Soil Moisture on Near-Infrared Reflectance Spectroscopic Measurement of Soil Properties. Soil Science, 170(4):244-255.

CLARK, R. N., 1999. Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy. Remote Sensing for the Earth Sciences, Manual of Remote Sensing, In N. Rencz (John Wiley and Sons, Eds.), New York, 3:3-52.

ÇAĞLAR, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:10, Ankara.

ÇİNİ, H. K., 2014. Toprak Tuzluluğunun Yüksek Çözünürlükte Görülebilir Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroradyometre Tekniği ve Yapay Sinir Ağları Metodu ile Karakterize Edilmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 73s.

ÇULLU. M. A., AYDEMİR, S., QADİR, M., ALMACA, A., ÖZTÜRKMEN, A. R., BİLGİÇ, A., and AĞCA, N., 2009.Implication of Groundwater Flutuation on Theseasonal Saltdynamic in the Harran Plain, South-Eastern Turkey. Published Online 1 June in Wily Online library (wileyonlinelibrary.com), 507.

DALAL, R.C., HENRY, R.J. 1986. Simultaneous Determination of Moisture, Organic Carbon and Total Nitrogen by Near Infrared Reflectance Spectrophotometry. Soil Science Society of America Journal, 50:120-123.

DANİEL, K. W., TRİPATHİ, N. K., HONDA, K., 2003. Artificial Neural Network Analysis of Laboratory and in Situ Spectra for The Estimation of Macronutrients in Soils of Lop Buri (Thailand). Australian Journal of Soil Research, 41:47-59.

DEMATTE, J. A. M., SOUSA, A. A., ALVES, M. C., NANNİ, M. R., FİORİO, P. R. and CAMPOS, R. C., 2006. Determining Soil Water Status and Other Soil Characteristics by Spectral Proximal Sensing. Geoderma, 135:179-195.

DENGİZ, O., BAYRAMİN, İ., USUL, M., 2005. Kahramanmaraş Tarım İşletmesi Topraklarının Parametrik Yöntemle Kalite Durumlarının Belirlenmesi. Ankara üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 11(1):45-50.

DİNÇ, U., ŞENOL, S., SAYIN, M., KAPUR, S., GÜZEL, N., DERİCİ, R., YEŞİLSOY, M. Ş., YEGİNGİL, I., SARI, M., KAYA, Z., AYDIN, M., KETTAŞ, F., BERKMA, A., ÇOLAK, A. K., YILMAZ, K., TUNÇGÖĞÜS, B., ÇAVUŞGİL, V., ÖZBEK, H., GÜLÜT, K. Y., KARAMAN , C., DİNÇ, O., ÖZTÜRK, N., ve KARA, E., 1988. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT) 1. Harran Ovası. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Grubu Güdümlü Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu. Proje No: TOAG-534.

DUNN, A. J., 2002. Survey of Legislation. Agricultural Law, University of Arkansas at Little Rock, Law Review.

EDELMAN, G. J., GASTON, E., VAN LEEUWEN, T. G., CULLEN P. J., and AALDERS, M. C. G., 2012. Hyperspectral İmaging for Noncontact Analysis of Forensic Traces. Forensic Science İnternational, 223(1-3):28-39.

ESBENSEN, K.H., 2010. Multivariate data analysis-İn practice. CAMO Softwares AS, Cilt:5.

FARİFTEH, J., VAN DER MEER, F., ATZBERGER, C., CARRANZA, E. J. M., 2007. Quantitative Analysis of Salt-Affected Soil Reflectance Spectra: A Comparison of Two Adaptive Methods (PLSR and ANN). Remote Sensing of Environment, 110:59-78.

GELADİ, P., KOWALSKİ, B., 1986. Partial Leastsquares Regression:A tutorial. Analytica Chimica Acta, 185:1-17.

GÖKÇE, O., 1992. Çevre Sorunları Karşısında Gelişmiş Ülkelerin Tarım Politikalarındaki Yeni Yönelimler ve Türkiye. MPM Verimlilik Dergisi, Sayı:1992/1, Ankara.

GÜNAL, H., ERŞAHİN, S., AKBAŞ, F., ve BUDAK, M., 2007. Toprak Biliminde Kızıl Ötesi Spektrometrenin Potansiyel Kullanımı. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(2):219-226.

GÜNDÜZ, A. Y., ve KAYA, M., 2007. Avrupa Birliği Tarım politikası ve Türkiye'de Organik Tarımın Gelişmesi Üzerine Olası Etkisi. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi. 6:305-330.

INGLEBY, H. R., and CROWE, T. G., 2000. Reflectance Models for Predicting Organic Carbon in Saskatchewan Soils. Canadian Agricultural Engineering, 42(2):57-64.

İNCİ, Y., BİLGİLİ, A. V., and GÜNDOĞAN, R., 2021. Farklı Ana Materyal Üzerinde Oluşmuş Toprakların Adli Tıp için VNIRS Tekniği ile Spektral Karakterizasyonu ve Özelliklerinin Tahmin Edilmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(4):497-513.

JACKSON, M. L., 1958. Soil Chemical Analysis Prentice Hall. Inc, Englewood Cliffs, NJ 498, 183-204.

JANİK, L. J., MERRY, R. H., and SKJEMSTAD, J. O., 1998. Can Mid Infrared Diffuse Reflectance Analysis Replace Soil Extractions?. Aust. J. Exp. Agric, 38(7):681-696.

JARMER, T., VOHLAND, M., LİLİENTHAL, H., and SCHNUG, E., 2008. Estimation of Some Chemical Properties of an Agricultural Soil by Spectroradiometric Measurements. Journal of Pedosphere, 18(2):163-170.

KACAR, B., 2009. Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 466s.

KAPLAN, Y., 2018. Harran Ovasında Toprak Kalite Parametreleri ve Toprak Kalite İndeksi Dağılımının Jeoistatistiksel Metodla Haritalanması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 66s.

KARLEN, D. L., DİTZLER, C. A., ANDREWS, S. S., 2003. Soil Quality: Why and How?. Geoderma, 114:145-156.

KAYE, W., 1954. Near-Infrared Spectroscopy I. Spectral İdentification and Analytical Applications. Spectrochimia Acta, 6:257-287.

KAYE, W., 1955. Near-Infrared Spectroscopy II. Instrumentation and Technique. Spectrochimia Acta, 7:181-204.

KESEN, H. K., 2018. Hassas Tarımda Jeoistatistik Yöntemler Kullanılarak Toprak Özelliklerinin Tahmin Edilmesi ve Haritalanması; Harran Ovası Cullap

Sulama Birliği Alanı Örneği. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 50s.

KESKİN, M., 2007. Spektroradyometreler ve Tarımda Kullanım Alanları. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi, 5-6 Eylül, Kahramanmaraş, s.326-329.

KURTAR, E. S., ve AYAN, A. K., 2004. Organik Tarım ve Türkiye' deki Durumu. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi,19(1):56-64.

LOBELL, D. B., and ASNER, G. P., 2002. Moisture Effects on Soil Reflectance. Soil Science Society of America Journal, 66(3):722-727.

LAZAAR, A., MOUAZEN, A. M., HAMMOUTİ, K. E., FULLEN, M., PRADHAN, B., MEMON, M. S., and MONİR, A., 2020. The Application of Proximal Visible and Near-İnfrared Spectroscopy to Estimate Soil Organic Matter on the Triffa Plain of Morocco. International Soil and Water Conservation Research, 8(2):195-204.

MAKTAV, D., ve SUNAR, F., 1991. Uzaktan Algılama Kantitatif Yaklaşım. Hürriyet Ofset, İstanbul.

MALLEY, D.F., MARTİN, P.D., and BEN-DOR, E., 2004. Application in Analysis of Soils. Chapter 26, p. 729-784. In C. A. Roberts, J. Workman, Jr., and J. B. Reeves III (eds). Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture. Agronomy 44. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc. Publishers, Madison WI, USA.

MCCARTY, G. W., REEVES, J. B., REEVES, V. B., FOLLET R. F.,and KİMBLE, J. M., 2002. Mid-Infrared and Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy for Soil Carbon Measurement. Soil Science Society of America Journal 66(2):640-646.

MELVİLLE, M. D., and ATKİNSON, G., 1985. Soil Color: Its Measurement and İts Destination in Models of Uniform Color Space. Journal of Soil Science, 36(4):495-512.

MİLOS, B., and BENSA, A., 2017. VIS-NIR Spektroskopisi Kullanılarak Toprak Organik Karbonunun Tahmini: Hırvatistan'dan Kırmızı Akdeniz topraklarına uygulama. Eurasian Journal of Soil Science, 6(4):365-373.

MİLOS, B., and BENSA, A., 2018. Tarımsal Topraklarda Organik Karbon ve Kalsiyum Karbonatların VIS-NIR Spektroskopisi ile Tahmini. Poljoprivreda, 24(1):45-51.

MİNASY, B., MCBRATNEY, A. B., TRANTER, G., MURPHY, B. W., 2008. Using of Soil Knowledge Fort He Evaluation of Mid-Infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy for Prediction Soil Physical and Mechanical Properties. Eu. J. Soil Sci, 59(5):960-971.

MORÓN, A., and COZZOLİNO, D., 2002. Application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy for the Analysis of Organic C, Total N and pH in Soils of Uruguay. Journal of Near-Infrared Spectroscopy, 10:215-221.

MOUAZEN, A. M., KAROUİ, R., DE BAERDEMAEKER, J., and RAMON, H. 2005. Classification of Soil Texture Classes by Using Soil Visual Near Infrared Spectroscopy and factorial discriminate analysis techniques. Journal of Near-Infrared Spectroscopy, 13:231-240.

MOUAZEN, A. M., KAROUİ, R., DE BAERDEMAEKER, J., and RAMON, H. 2006. Characterization of Soil Water Content Using Measured Visible and Near Infrared Spectra. Soil Science Society of America Journal, 70(4):1295-1302.

MOUAZEN, A. M., KUANG, B., DE BAERDEMAEKER, J., and RAMON, H., 2010. Comparison Among Principal Component, Partial Least Squares and Back Propagation Neural Network Analyses for Accuracy of Measurement of Selected Soil Properties with Visible and Near Infrared Spectroscopy. Geoderma, 158:23-31.

NDUWAMUNGU, C., ZİADİ, N., TREMBLAY, G. F., and PARENT, L. É., 2009. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy Prediction of Soil Properties: Effects of Sample Cups and preparation. Soil Science Society of America Journal, 73:1896-1903.

OLİVEİRA, J. F., BROSSARD, M., VENDRAME, P. R. S., MAYİ, S., CORAZZA, E. J., MARCHAO, L., and GUİMARAES, M. F., 2013. Soil Discrimination Using Diffuse Reflectance Vis-NIR Spectroscopy in a Local Toposequence. Comptes Rendus Geoscience, 345:446-453.

OLİVEİRA, M. N., SANTOS, T. M., VALE, H. M., DELVAUX, J. C., CORDERO, A. P., FERREİRA, A. B., ... and BORGES, A. C., 2013. Endophytic Microbial Diversity in Coffee Cherries of Coffea Arabica from Southeastern Brazil. Canadian Journal of Microbiology, 59(4):221-230.

OZAKİ, Y., MORİTA, S., DU, Y., 2007. Spectral Analysis in near-Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology. (Eds. Y., Ozaki, W.F., McClure, A.A., Christy). Wiley-Interscience, John Wiley and Sons, Inc.: Hoboken, New Jersey.

ÖZBEK, O., 2018. Spektroradyometre Tekniği ile Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi; Harran Ovası Cullap Sulama Birliği Alanı Örneği. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 45s.

PASQUİNİ, C., 2003. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. J. Braz. Chem. Soc., 14(2):198-219.

PIERCE, F. J., LARSON, W. E., and DOWLY, R. H.,1991. Soil Loss Tolerance: Maintenance of Long-Term Soil Produktivity. Journal of Soil and Water Conservation, 39:136-138.

REHBER, E., 1991. Alternatif Tarım Üzerine Bir Tartışma. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt:8, Bursa.

REZAPOUR, S., and SAMADI, A., 2012. Assessment of İnceptisols Soil Quality Following Long-Term Cropping in a Calcareous Environment. Environ Monit Assess, 184:1311–1323.

SAĞLAM, M. T., 2012. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Namık Kemal Üniversitesi, Yayın No:2, Tekirdağ.

SHENK, J. S., WESTERHAUS, M. O., 1993. Near Infrared Reflectance Analysis with Single and Multiproduct Calibrations. Crop Science, 33:582-584.

SHEPHERD, K. D., WALSH, M. G. 2002. Development of Reflectance Spectral Libraries for Characterization of Soil Properties. Soil Science Society of America Journal, 66**:**988-998.

SONG, H., ANNİA, Y. H., 2005. A New Approach to Detect Soil Nutrient Content Based on NIR Spectroscopy Technique. Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference Shanghai, China.

SUDDUTH, K. A., and HUMMEL, J. W., 1991. Evaluation of Reflectance Methods for Soil Organic Matter Sensing. Transactions of the ASAE, 34(4):1900-1909.

ŞENOL, H., ve AKGÜL, M., 2012. Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroskopisi (NIRS) ile Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 18:197-213.

ŞENOL, H., ve AKGÜL, M., 2013. Farklı Sıcaklık ve Nem Rejimleri ile Farklı Jeolojik Ana Materyal Üzerindeki Toprakların Oluşumu ve Mineralojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(1):41-52.

THOMASSON, J. A., SUİ, R., COX, M. S., and AL-RAJEHY, A., 2001. Soil Reflectance Sensing for Determining Soil Properties in Precision Agriculure. Transactions of the ASAE, 44(6):1445-1453.

TURAN, A., ve BİLGİLİ, A. V., 2021. Organik ve Geleneksel Tarım Yapılan Alanlardaki Toprak Kalite Parametrelerinin Spektroradyometrik Yöntemlerle Karakterize Edilmesi. Cumhuriyet Zirvesi 4. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 22-24 Ocak, Afyonkarahisar.

USUL, M., 2010. Arazi Kalite Parametrelerinin Buğday Ürün Rekoltesi Üzerine Etkilerinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi bilgi Sistemi Kullanılarak Belirlenmesi; Altınova Tarım İşletmesi Örneği. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 140s.

ÜNSAL, B., 2019. Harran Ovasından Alınan Bazı Toprak Örneklerinin X-Ray ve Spektroradyometre ile Kil Minerallerinin Araştırılıp Karşılaştırılması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 89s.

VİSCARRA ROSSEL, R. A., WALVOORT, D. J. J., MCBRATNEY, A. B., JANİK, L. J., and SKJEMSTAD, J.O., 2006. Visible, Near İnfrared, Mid İnfrared or Combined Diffuse Reflectance Spectroscopy for Simultaneous Assessment of Various Soil Properties. Geoderma, 131(1-2):59-75.

WALKLEY, A., and BLACK, I. A., 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. Soil Science, 37(1): 29-38.

WETTERLİND, J., STENBERG, B., and ROSSEL, R. A. V., 2013. Soil Analysis Using Visible and Near İnfrared Spectroscopy. Methods Mol Biol, 953:95-107.

WETZEL, D. L., 1983. Near-Infrared Reflectance Analysis. Analytical Chemistry, 55(12):1165A-1176A.

WHITING, M. L., LIN, L., and USTIN, L. S., 2004. Predicting Water Content Using Gaussian Model on Soil Spectra. Remote Sensing of Environment, 89:535-552.

YORULMAZ, A., 2014. Denizli İli Hanbat Ovası Detaylı Temel Toprak Etüdü, Arazi Değerlendirmesi ve Toprak Özelliklerinin Spektroradyometrik Ölçüm Teknikleriyle Belirlenebilirliği. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Aydın, 351s.

ZHANG, X., SUN, X., SUN, Y., SUN, W., and CEN, Y., 2018. Predicting Nickel Concentration in Soil Using Reflectance Spectroscopy Associated with Organic Matter and Clay minerals. Geoderma, 327:25-35.