T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI
ZTO – YL – 2009 – 0009

GÖRÜNÜR VE YAKINKIZILÖTESİ SPEKTROSKOPİ KULLANARAK TOPRAKLARIN NEM İÇERİKLERİNİN VE BAZI ÖZELLİKLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ

Mustafa HORZUMLU

DANIŞMAN
Prof. Dr. Gönül AYDIN

AYDIN - 2009

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Toprak Anabilim Dalı Yüksek lisans Programı öğrencisi Mustafa HORZUMLU'nun hazırlamış olduğu Yüksek Lisans Tezi aşağıda isimleri bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir. 23.11.2009

ADI SOYADI :	UNİVERSİTESİ ;	İMZA ;
Prof. Dr. Gönül AYDIN	Adnan Menderes Üniversitesi	.....
Doç. Dr. İsmail BÖĞREKÇİ	Adnan Menderes Üniversitesi	.....
Yrd. Doç. Dr. Levent ATATANIR	Adnan Menderes Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nun ..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Serap AÇIKGÖZ
Enstitü Müdürü

Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 09010-**AYDIN**
Santral **(256) 218 20 00** Telefon **(256) 218 20 41** Fax **(256) 215 26 03** e-posta: fenbilimleri@adu.edu.tr

İNTİHAL BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Adı Soyadı : Mustafa HORZUMLU

İmza :

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÖRÜNÜR VE YAKIN KIZILÖTESİ SPEKTROSKOPİ KULLANARAK TOPRAKLARIN NEM İÇERİKLERİNİN VE BAZI ÖZELLİKLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ

Mustafa HORZUMLU

Adnan Menderes Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gönül AYDIN

Son yıllarda bitki gelişimini doğrudan etkileyen bazı toprak özelliklerinin değişimini daha doğru, hızlı ve ekonomik olarak belirlemeye yarayan geleneksel yöntemlere alternatif olarak algılama teknolojileri geliştirilmeye başlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda geliştirilen "Görünür ve yakın kızılötesi spektrometre" tarımsal ve çevresel kullanımlar için topraklar ve bitkiler hakkında yeterli bilgiye ucuz ve hızlı ulaşmayı sağlayan teknolojilerden biridir.

Bu çalışmada, Aydın İli Söke Ovasında yer alan Yuvaca köyü arazilerinde toprakta değişik basınçlarda tutulan nem içeriklerinin NIRS (Near Infrared Spectroscopy) kullanarak belirlenmesi için, yansıma ölçme prensibine dayalı yeni bir yöntem geliştirilmesi ve bu yöntemin laboratuar, arazi ölçümleri ve geleneksel laboratuar analiz sonuçlarının karşılaştırmasında kullanılabilirliği amaçlanmıştır.

Kireç, pH, organik madde, kum, silt, kil ile farklı tansiyonlarda tutulan nem içeriklerinin belirlemeleri için toplam 117 adet toprak örneği kullanılmıştır. Toprak örneklemeleri 1 km^2'lik örnekleme alanında 100x100 m gridleme sistemine göre yapılmıştır. Çalışma alanının bazı toprak özelliklerinin laboratuarda geleneksel yöntemlerle belirlenen değerleri ile yansımalar arasında kalibrasyon eşitliklerini belirlemek için Kısmi En Küçük Kareler (Partial Least Square (PLS)) regresyon analiz yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar çalışma alanında da, kireç (r^2:0.73), OM (r^2:0.79), kum (r^2:0.62) ve kil (r^2:0.72)gibi toprak özelliklerinin başarıyla tahmin edilebildiğini göstermiştir.

Yansımalar ve toprak nem içeriklerinin laboratuarda geleneksel yöntemlerle belirlenen değerleri arasında kalibrasyon eşitliklerini belirlemek için Excel ve Kısmi En Küçük Kareler (Partial Least Square (PLS)) regresyon analiz yöntemi

kullanılmıştır. Excel ile yapılan değerlendirmelerde en yüksek ilişkiler 0 – 2,54 – 4,2 pF ve hava kuru nem içeriği birlikte değerlendirmeye alındığında 1450 nm dalga boyunda r^2=0.71, 1940 nm dalga boyunda r^2=0.75 olarak elde edilmiştir. PLS analiz yöntemi ile farklı tansiyonlarda tutulan nem içeriklerinin tamamı değerlendirmeye alındığında da ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında r^2=0.93 olarak excele göre oldukça yüksek ilişkiler elde edilmiştir. Sonuçlar PLS analiz yönteminin daha elverişli olduğunu ancak excel'in de değerlendirmelerde kullanılabilirliğini göstermiştir. Ayrıca NIRS yansıma tekniğinin pek çok toprak özelliğinin belirlenmesinde kullanılabileceği, hızlı ve oldukça ucuz bir yöntem olduğu ve daha detaylı çalışmalar yapılması gerektiğini göstermiştir.

2009, 38 sayfa

Anahtar Sözcükler

Görünür ve yakın kızılötesi spektrometre, kil, kum, nem içeriği, organik karbon, pH, silt,.

ABSTRACT

M. Sc. Thesis
Mustafa HORZUMLU

Adnan Menderes University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science

Supervisor: Prof. Dr. Gönül AYDIN

ABSTRACT

New technologies have been developed as alternatives to determine the soil properties, which affect the plant growth accurately and economically. Visible and Near-Infrared Spectroscopy (NIRS, 760-2500 nm), which was developed for that aim, is one of these techniques for obtaining cheap and rapid soil data for agricultural and environmental usage.

Objectives of this research includes : 1) develop a new methodology for characterization of the moisture capacity of the soil moisture contents at different tension levels at Yuvaca location in Söke Plain in Aydın province using NIRS method, 2) use this technique to compare traditional laboratory analysis results with NIRS measurement carried out both in the field and laboratory.

Totally 117 soil samples were used in order to determine moisture capacity of the soils soil moisture contents at different tension levels, and also $CaCO_3$, pH, organic matter, sand, silt, clay contents of the experimental area. Soil sampling was carried out according to 100x100 grid system in the sampling area covering 1 km^2. The Partial Least Square regression analysis method (PLS) was used for some obtained soil sample properties in order to compare the calibration equalities by using the traditional and the reflection laboratory methods. The results showed that the $CaCO_3$ (r^2: 0.73), soil organic material (r^2: 0.79) and clay (r^2: 0.72) soil properties were obtained with success at the Yuvaca study area.

In order to compare the calibration equalities from the obtained traditional method of the reflection values and the the soil moisture contents in laboratory, there was used Excel and the Partial Least Square (PLS) regression analysis as two different statistical methods. The highest relationship by Excel was obtained at the 0, 2.54 and 4.2 pF levels and by including the air-dried soil samples at a 1450 nm and 1940 nm wave length the r^2 results were 0.71 and 0.75 respectively. By using the PLS method there was obtained between the measured and the estimated soil moisture contents at different tension levels higher r^2 values (0.93) in contrast to the Excel statistical method. The results showed that the PLS analysis method was more effectively however using the Excel statistical method was reliable too. Moreover the NIRS reflection technique can be used for determining many soil properties since it is a rapid and cheap method but there is a need for more detailed studies in the future.

2009, 38 pages.

Keywords

Clay, Loam, Moisture content, Near-Infrared Spectrophotometre, Organic carbon soil, pH, Sand,

ÖNSÖZ

Toprak karakteristiklerindeki farklılıkların niceliği, dünyadaki toprak kaynaklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen sık değişiklikler, toprağa dayalı olarak yapılan araştırmalardaki artışlar toprakları karakterize edebilmek için daha iyi ve daha hızlı yöntemleri kullanma gereğini ortaya koymuştur.

Standart toprak analizleri karmaşık ve çok zaman alıcı, pahalı yöntemlerdir. Çiftçiler ve arazi sahipleri daha donanımlı bir şekilde arazi planlamalarını yapmak istemektedirler. Görünür ve yakın kızılötesi spektroskopi sahip olunan yapıyı bozmadan analiz edebilen analitik bir yöntemdir. Yakın kızılötesi basit, hızlı ve çok az örneğe ihtiyaç duyması veya hiç örneğe ihtiyaç duymamasından dolayı sanayi alanında da geniş ölçüde kullanılmaktadır. Yurt dışındaki birçok çalışmada toprak özelliklerini belirlemede görünür ve yakın kızılötesi spektroskopi güvenli bir analiz yöntemi olarak kullanılmaktadır. Materyallerin kimyasal ve fiziksel özellikleri yakın kızılötesi spektroskopi yardımı ile ilişkilendirilebilmektedir. Spektroskopik yöntemlerin avantajları çevreye zarar verebilecek kimyasal maddelere ihtiyaç duymaması ve uzun zaman harcanmasına neden olan ön işlemlere gereksinim duymamasından kaynaklanmaktadır.

Yüksek lisansa başlamamda ve tezimi tamamlayabilmemde maddi ve manevi desteğini hoşgörüsünü, tecrübesini ve bilgisini esirgemeyen danışmanım Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Başkanı Prof. Dr. Gönül AYDIN' a; katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında gerek konuyla ilgili bilgi gerekse yazılım konusunda destek olan ve bu süre boyunca ilgisini, sabrını esirgemeyen Doç. Dr. İsmail BÖĞREKÇİ ile Toprak Bölümü öğretim üyelerinden Yrd. Doç. Dr. Levent ATATANIR, Arş. Gör. Alper YORULMAZ', Arş. Gör. M. Ali KAPTAN ve Arş. Gör. Reşat SUMER e teşekkür ederim. Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine de (Proje No: FBE – 08015) söz konusu katkılarından dolayı teşekkürlerimi bildiririm.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

KABUL ONAY SAYFASI I
İNTİHAL BEYAN SAYFASI II
ÖZET III
ABSTRACT V
ÖNSÖZ VII
İÇİNDEKİLER VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ IX
ÇİZELGELER LİSTESİ XI
EKLER LİSTESİ XII
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 4
3. MATERYAL VE YÖNTEM 10
3.1. Materyal 10
3.1.1. Çalışma Alanına Ait Bilgiler 10
3.1.2. İklim. 12
3.1.3. Toprak özellikleri. 12
3.1.4. Bitki örtüsü. 12
3.2. Yöntem. 13
3.2.1 Örnekleme noktalarının belirlenmesi. 13
3.2.2. Toprak Örneklerinin Alınması. 14
3.2.3. Yansıma Değerlerinin Ölçülmesi ve Analizlerin Yapılması 15
3.2.4. Yansıma Değerlerinin ve Analiz Sonuçlarının Bilgisayara Aktarılması. 17
3.2.5. İstatistiksel Analizler. 17
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 19
4.1. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları. 19
4.2. Yansıma Okumaları 23
4.3. İstatistiksel Analizler 27
4.3.1. Toprak Özelliklerinin Tahmini 27
4.3.2. Toprakta Nem Seviyelerinin Tahmini 29
6. SONUÇ 38
KAYNAKLAR 39
EKLER 43
ÖZ GEÇMİŞ 49

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Şekil 3.1. Çalışma alanın konumu 11

Şekil 3.2. Çalışma alanının genel görünümü 11

Şekil 3.3. Çalışma alanının okuma ve örneklemelerin yapıldığı grid ağı 13

Şekil 3.4. Bozulmamış toprak örneği alınması ve TDR okuması 14

Şekil 3.5. Spektroradyometre aleti 15

Şekil 4.1. Y29 nolu örnekleme noktasının değişik tansiyonlardaki yansıma grafiği 24

Şekil 4.2. Y29 nolu örnekleme noktasının pF eğrisi grafiği 25

Şekil 4.3. Yuvaca'ya ait örnekleme noktalarının pF eğrisi grafikleri 26

Şekil 4.4. 1450 nm dalga boyundaki soğurmanın oluştuğu nokta 29

Şekil 4.5. 1940 nm dalga boyundaki soğurmanın oluştuğu nokta .30

Şekil 4.6. 1450nm dalga boyunda 0pf–1pf-2pf-2,54pf-4,2pf tansiyonlardaki ölçülen ve tahmin edilen nem içerikleri ilişkisi 30

Şekil 4.7. 1450 nm dalga boyunda 0pf–2,54pf–4,2pf-hava kuru topraktaki ölçülen ve tahmin edilen nem içerikleri 31

Şekil 4.8. 1450 nm dalga boyunda 2,54pf–4,2pf-hava kuru topraktaki ölçülen ve tahmin edilen nem içeriklerinin ilişkilendirilmesi 31

Şekil 4.9. 1940 nm dalga boyunda 0pf–1pf-2pf-2,54pf-4,2pf tansiyonlardaki nem içerikleri 32

Şekil 4.10. 1940 nm dalga boyunda 0pf–2,54pf–4,2pf-hava kuru topraktaki tahmin edilen ve ölçülen nem içeriklerinin ilişkilendirilmesi 32

Şekil 4.11. 1940 nm dalga boyunda 2,54pf–4,2pf-hava kuru topraktaki tansiyonlardaki nem içerikleri 33

Şekil 4.12. 1450 nm dalga boyunda 0 pF'in ölçülen ve tahmin edilen nem içeriklerinin ilişkilendirilmesi 34

Şekil 4.13. 1940 nm dalga boyunda 0 pF'in ölçülen ve tahmin edilen nem içeriklerinin ilişkilendirilmesi 35

Şekil 4.14 1450 nm dalga boyunda 4.2 pF'in ölçülen ve tahmin edilen nem içeriklerinin ilişkilendirilmes 35

Şekil 4.15. 1940 nm dalga boyunda 4.2 pF'in ölçülen ve tahmin edilen nem içeriklerinin ilişkilendirilmesi 36

Şekil 4.16. PLS yöntemi ile farklı tansiyonlardaki nem içeriklerinin değerlendirilmesi 36

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 4.1. Yuvaca deneme alanı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları *20*

Çizelge 4.2. Deneme alanından alınan hava kuru topraklarda kısmi en küçük kareler (PLS) regresyonu modeli kullanılarak kalibrasyon ve validasyon setlerinin tahmini 28

EKLER LİSTESİ

EK I örnekleme alanındaki TDR okumları 44
EK II farklı tansiyonlardaki nem içeriklerinin grafikleri 46
EK III örneklerin su pF eğrileri 47

1. GİRİŞ

Teknoloji her geçen gün kendini yenilemekte ve insanlarda bu yenileme sürecine ayak uydurmaya çalışmaktadır. Teknolojinin ilerlemesiyle bütün bilim dalları sadece yaşanılan günü değil geleceği de en iyi şekilde yaşamaya yönelik çalışmalara ağırlık vermektedir (Öztekin, 2003).

Toprak karakteristiklerindeki farklılıkların niceliği, dünyadaki toprak kaynaklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen sık değişiklikler, toprağa dayalı olarak yapılan araştırmalardaki inanılmaz artışlar toprakları karakterize edebilmek için daha iyi ve daha hızlı yöntemleri kullanma gereğini ortaya koymuştur (Reevles ve ark.,1974).

Ekonomik yapısı yönünden tarım ülkesi olarak nitelendirilen ülkemizin de nüfusu hızla artmaktadır. Günümüzde ülkemiz topraklarının insanların isteklerini yeteri düzeyde karşılayabilmesi için sistemli bir yöntemle incelenerek özelliklerinin belirlenmesi ve en uygun kullanımlarının nasıl olması gerektiği ise oldukça önem kazanmıştır. Artan nüfusun beslenme ihtiyacının karşılanması tarımsal üretim etkinliklerinden sağlanacak net ürün artışı ile mümkün olacaktır. Bu noktada tarımsal üretim artışını sağlayacak temel öğeler olarak tarım alanlarının genişletilmesi ve birim alandan alınan ürün miktarının artırılması gündeme gelmektedir. Ülkemizde tarımsal amaçlı işlenebilir toprak kaynaklarının artırılması mevcut toprak potansiyeline göre mümkün görülmemektedir. Hatta amaç dışı kullanımlarla zaten sınırlı olan tarım alanlarımız daha da azalmakta, özellikle yanlış arazi kullanımı bu arazilerin geri dönüşümsüz bir şekilde elden çıkmasına neden olmaktadır. Birim alandan elde edilecek ürün artışı ise, tarımsal üretimde kullanılan en önemli girdilerden biri olan toprağın iyi tanınması ve yürütülecek tarımsal faaliyetlerde bilginin üretime daha çok sokulması ile sağlanacak bilimsel teknik ve yöntemlerin uygulanmasıyla sağlanabilir (Atatanır, 2004).

Toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi ve onların sürdürülebilir kullanımlarının sağlanması tarımsal verimlilikte çok önemlidir. Toprak özellikleri

yatay ve dikey yönlerde ve oluşum koşullarına bağlı olarak değişiklikler gösterir. Değişimlerin belirlendiği geleneksel yöntemler zaman, işgücü ve özellikle maliyet yönünden önemli güçlükler göstermektedir. Bu nedenle son yıllarda bitki gelişimini doğrudan etkileyen bazı toprak özelliklerinin değişimini daha doğru, hızlı ve ekonomik olarak belirlemeye yarayan geleneksel yöntemlere alternatif olarak algılama teknolojileri geliştirilmeye başlanmıştır.

Standart toprak analizleri karmaşık ve çok zaman alıcı, pahalı yöntemlerdir. Çiftçiler ve arazi sahipleri daha donanımlı bir şekilde arazi planlamalarını yapmak istemektedirler. Bundan dolayı daha hızlı sonuç veren ve ekonomik analiz yöntemlerine yönelmektedirler. Yakın kızılötesi spektroskopi sahip olunan yapıyı bozmadan analiz edebilen analitik bir yöntemdir. Yakın kızılötesi basit, hızlı ve çok az örneğe ihtiyaç duyması veya hiç örneğe ihtiyaç duymamasından dolayı sanayi alanında da geniş ölçüde kullanılmaktadır. İlk olarak 30 yıl önce tahılların nem oranlarını tespit edilmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Şimdilerde yiyecek ve içeceklerin kalitesinin belirlenmesinde ve yine tahılların nem oranlarını tahmin edilmesinde geçerli bir analiz tekniği olarak kullanılmaktadır. Yakın kızılötesi spektroskopi sanayinin daha farklı alanlarında da materyallerin farklı özelliklerini tespit etmek içinde kullanılmaktadır.

Toprak özelliklerinin belirlenmesinde son yıllarda yakın kızılötesi spektroskopinin kullanım alanlarının arttığı görülmektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, toprak nemi, pH, organik karbon, elektriksel iletkenlik, toplam azot, katyon değişim kapasitesi, tekstür, makro ve mikro elementlerin belirlenmesinde de kullanılmıştır.

Materyallerin kimyasal ve fiziksel özellikleri yakın kızılötesi spektroskopi yardımı ile ilişkilendirilir. Yakın kızılötesi spektroskopi çok hızlı ve güvenilir bir analitik yöntemdir. Spektroskopik yöntemlerin önemli avantajları çevreye zarar verebilecek kimyasal maddelere ihtiyaç duymaması ve uzun zaman harcanmasına neden olan ön işlemlere gereksinim duymamasıdır (Chang *et al*, 2001).

Toprak tekstürü görünebilir yakın kızılötesi bölgede spektral olarak aktif olmadığından, toprak nemi ile dolaylı olarak ilişkilendirilip tahmin edilebilmektedir (Mouazen *et al*, 2005).

Hidroloji ve toprakla ilgili araştırmalarda çoğu zaman toprakların su içeriklerinin bilinmesine gereksinim duyulur. Bu konudaki bilgiler, toprağın kimyasal, mekaniksel ve hidrolik özelliklerini ve bitkilerin gelişim süreçlerini anlamada yardımcı olur.

Bu çalışmada toprak verimi ile doğrudan ilişkili olan nem parametresinin kısa mesafelerde gösterdiği değişimlerin belirlenebilmesinde geleneksel örnekleme ve analizleme yöntemlerine alternatif yeni teknolojilerden biri olan yakın kızılötesi spektroskopisi ile toprakta farklı tansiyonlarda tutulan su miktarlarının belirlenmesi, yansıma ölçme prensibine dayalı yeni bir yöntem geliştirilmesi ve bu yöntemin laboratuar, ölçümleri ve geleneksel laboratuar analiz sonuçları ile karşılaştırmalarının yapılması amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Toprak özelliklerinin ölçülmesinde kullanılan standart prosedürler karmaşık, çok zaman alıcı ve pahalıdır. Yakın kızıl ötesi yansıma (NIR) spektroskopi, toprakların özelliklerini araştırmak için toprakları bozmadan kullanılan analitik bir tekniktir. Toprak kalitesi değerlendirmesi ve hassas toprak yönetimi için hızlı ve kolay bir analitik tekniktir. Bununla birlikte toprak nem içeriği toprağın ve kalibrasyon eğrilerinin yansımasını doğrudan etkiler (Villaseñor *et al*, 2007).

Dalal ve Henry (1986), 1100 ile 2500 nm dalga boyu aralığında yakın kızılötesi yansımayı, hava kuru toprakların nemi, organik C ve toplam N içeriklerinin eş zamanlı tahminlerinde kullanımını araştırmışlardır. Bir infraAlyzer 500 ^{0}C (Technicon Instruments Corp.) tarama spektrofotometresi toprakların 2-nm aralıklarında yakın kızılötesi yansımalarını elde etmek için kullanılmıştır. Nem, organik C ve toplam N için seçilen dalga boyları sırasıyla, 1926, 1954 ve 2150 nm, 1744, 1870 ve 2052 nm ve 1702, 1870 ve 2052 nm şeklinde belirtilmiştir. Üst katmanlardan (0-0.1, 0.1-0.2, 0.2-0.3, 0.3-0.6 m) ince zemin örneklerinin (<0.25 mm) tahminindeki standart sapmalar nem, organik C ve toplam N için sırasıyla % 0.58, 0.16, ve 0.014 şeklinde bulunmuştur. Ancak, tahminin standart sapması kaba zemin toprakları (<2 mm), düşük miktarda organik C (<0.3%) ve toplam N (<0.03%) içeren topraklar ve geniş renk yelpazesinde olanlar için daha büyük olarak tespit edilmiştir. Toprak renginde düşük bir aralıkta ve organik maddenin ortalama miktarlarında (% 0.3–2.5 C), yakın kızıl ötesi yansıma tekniğinin nem, organik C ve toplam N ölçümünü hızlı ve eş zamanlı olarak gerçekleştirebildiğini belirtmişlerdir.

Whalley ve ark. (1991), toprağın su içeriğini tahmin etmek için prototip yakın kızıl ötesi yansıtma ölçerin kullanımını gerçekleştirmiştir. Cihaz, güçlü su soğurma bandı (1450 nm) ve zayıf su soğurma bandı (1300 nm) dalga boylarında yayılan kızıl ötesi ışığının yansımasının ölçümüne dayanmaktadır. Yansımanın kalibrasyon eğrileri ve yansıma oranı ile saf kumlar ve kum/kil karışımları için nem içeriği karşılaştırmalarını gerçekleştirmiştir. Şişen topraklarda bu tekniğin kullanılmasıyla nem içeriğinin ölçümü ile ilgili problemler vurgulanmıştır. Alandaki toprak nemi

durumunu tahmin etmek için bu cihazın modifiye edilen biçiminin kullanımı ele alınmıştır.

Chang *et al* (2001), toprak kalitesi değerlendirmesi ve hassas toprak yönetimi için hızlı ve kolay bir toprak analiz tekniğinin gerekli olduğunu bildirmişlerdir. Yürütmüş oldukları çalışmada, farklı toprak özelliklerini tahmin edebilmek için yakın-kızıl ötesi yansıtma spektroskopisinin (NIRS) yeteneğini değerlendirmişlerdir. Bir Perstrop NIR Sistemleri 6500 tarama monokromatöründen (Foss NIRSystems, Silver Spring, MD) elde edilen yakın-kızıl ötesi yansıtma spektrumları ve 33 kimyasal, fiziksel ve biyokimyasal özellikleri dört Ana Toprak Kaynağı Alanından (MLRAs) toplanan 802 toprak örneği için ele almışlardır. Kalibrasyonlar 1300 ile 2500 nm spektrum aralığı için optik yoğunluğun birinci türevlerini [log(1/R)] kullanarak asal bileşen regresyonuna (PCR) dayanmaktadır. Toplam C, toplam N, nem, katyon değişim kapasitesi (CEC), 1.5 Mpa su, bazal respirasyon oranı, kum, silt ve Mehlich III çıkartılabilir NIRS tarafından Ca başarıyla tahmin edilmiştir ($r^2 > 0.80$). Bazı Mehlich III çıkartılabilir metaller (Fe, K, Mg, Mn) ve değiştirilebilir katyonlar (Ca, Mg ve K), değiştirilebilir bazlarının toplamı, değiştirilebilir asitlik, kil, potansiyel olarak mineralleştirilebilir N, toplam respirasyon oranı, biyokütle C ve pH NIRS tarafında da tahmin edilmiş ancak kesinliği daha az olarak belirlenmiştir ($r^2 = 0.80$~ 0.50). Agregasyon için tahmin edilen sonuçlar (wt% > 2, 1, 0.5, 0.25 mm, ve makroagregasyon) güvenilir değildir ($r^2 = 0.46$~0.60). Mehlich III ektrakte edilebilir Cu, P ve Zn ve değiştirilebilir Na NIRS-PCR tekniği kullanılarak tahmin edilemez ($r^2 < 0.50$) olarak bulunmuştur. Sonuçlar NIRS'nin çok kısa bir sürede kabul edilebilen kesinlikle çeşitli toprak özelliklerini eş zamanlı olarak hızlı analiz tekniği olarak kullanılabildiğini göstermiştir.

Elektomanyetik spektrumun görünür kırmızı bölgeden sonra gelen ve insan gözünün ayırt edemediği dalga boylarına kızılötesi bölge denilmektedir. Bu bölge iki önemli kategoriye ayrılır. İlki yakın kızılötesi (NIR) ve diğeri orta kızılötesidir (MIR). NIR (700-2500nm) ve MIR (2500-25000nm) her ikisi de çeşitli toprak özelliklerini belirlemede kullanılmaktadır. NIR pH, EC (elektriksel iletkenlik), toprak nemi, organik karbon içeriği, toplam azot, katyon değişim kapasitesi gibi toprak

özelliklerini belirlemede başarı ile kullanılmaktadır (Dalal *et al*,1986, Mora *et al*, 1999, Ben-Dor ve Bonin, 2001).

Cozzolino ve Moron (2003), toprak örneklerindeki silt, kum, kil, kalsiyum(Ca), potasyum (K), sodyum(Na), magnezyum (Mg), bakır (Cu) ve demir (Fe) yakın kızılötesi yansıma kullanarak analiz etmişlerdir. Uruguay da toplam 332 farklı toprak örneğinde yapılan bu çalışmada; örneklerin tamamı NIRS 6500 ile taranmıştır. Bu çalışmanın sonunda NIRS' in hızlı ve düşük fiyatla rutin toprak analizlerinin yapılabileceği iyi bir analitik yöntem olduğunu göstermiştir.

Moron ve Cozzolino (2003) toprakların silt, kum, kil, demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn), ve çinko (Zn) içeriklerini belirlemek için NIRS tekniğinden faydalanmışlardır. Bu amaçla 0-15 cm toprak derinliğinden alınan toplam 332 toprak örneğinde tekstür, Fe, Cu, Mn; ve Zn içeriğini belirleme gibi rutin analizlerde NIRS'in kullanımının hızlı ve ucuz bir metot olduğunu belirlemişlerdir.

Velasquez *et al*, (2004), toprak yönetimi ve toprak koruma ile ilişkili olarak NIRS'ın toprağın kalitesi ile ilgili verilerin elde edilmesinde büyük alanlarda hızlı, güvenilir ve ekonomik olarak yüksek bir potansiyele sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Bogrekci ve Lee (2004), morötesi, görünebilir ve yakın-kızılötesi soğurma spektroskopisi kullanılarak farklı fosfor konsantrasyonları ile kumlu toprakların soğurma spektrumlarındaki toprak nem içeriğinin etkisini araştırmışlardır. İnce, orta ve kaba için elek boyutları, sırasıyla 125, 250 ve 600 μm şeklinde belirlemiştir. Çalışma için orta boyutlu örnekler kullanılmıştır. Araştırma 0, 12.5, 62.5, 175, 375, 750, ve 1000 mg kg^{-1} P uygulama oranlarında gerçekleştirilmiştir. Üç toprak nem içeriği (4%, 8% ve 12%) incelenmiştir. Toprak örneklerinin P konsantrasyonları analiz edilmiş ve örneklerin yansıması 1 nm aralık ile 225 ve 2550 nm (nano metre) arasında ölçülmüştür. Kuru toprak örnekleri, 225-2550 nm aralığında ıslak topraktan daha fazla ışık yansıtmıştır. Toprakların nem içeriği arttıkça, kumlu topraklarda güçlü ışık soğurucusu olan su toprak örneğinden olan yansımayı azaltmıştır. Kuru toprak spektrumları, nem içeriği etkisini ortadan kaldırarak ıslak toprak spektrumundan yeniden oluşturulur ve aynı toprak örneğinin kuru spektrumuyla

karşılaştırılır. Soğurma ve yeniden oluşturulan soğurma verisi, soğurma spektrumlarındaki nem içeriği etkisini ortadan kaldırmak için kullanılan spektral sinyal işleme performansını ölçmek için kalibrasyon ve doğrulama veri kümeleri olarak hazırlanmıştır. Bir kısmi en küçük kareler (PLS) analizi, spektrumların işlenmesinden önce ve sonra P konsantrasyonunu tahmin etmek için veriye uygulanmıştır. Sonuçlar spektral sinyal işleme ile nem etkisinin ortadan kaldırılmasının topraklarda P tahminini önemli düzeyde iyileştirmiştir.

NIRS ile yapılan çalışmalarda toprakta nem artınca yansıma miktarının azaldığı, topraktan nemin uzaklaştırılması ile toprakta fosforun NIRS ile belirlenebirliğinin daha iyi bir hale geldiği görülmüştür (Bogrekci ve Lee, 2006).

Mouazen ve ark., (2006) toprak özelliklerinin, değişen nem içeriğine bağlı olarak görünür ve yakın kızılötesideki yansıma ölçümlerini değiştirdiğini belirlemişlerdir. Toprak nemi, pürüzlülüğü ve yüzey yerkabuğunun toprak yüzeyindeki yansıma miktarına etkisi 450 nm ile 1000 nm dalga boylarında tanımlanmıştır (Dilawari ve Kaleita, 2006).

Sun, *et al* (2006), Kuzey Çin' de alüvyal topraklarda yaptıkları çalışmada buğday tarlasından alınan örneklerde NIR (Near Infrared Reflectance) spektroskopik tekniklerle toprak nemi, organik madde ve toplam azot miktarının hesaplanabilirliğini araştırmışlardır.

Villaseñor *et al* (2007), yürütmüş oldukları çalışmada, %5'den daha az kil içeriğine sahip 100 toprak örneği toplamışlardır. Her bir örnek dört tekrarlı olarak analiz edilmiştir. İşlemde yedi farklı su içeriği kullanılmıştır (30%, 25%, 20%, 15%, 10%, 7% ve 2%). Her örneğin istenen nem içeriğine ulaşmasından sonra, bir NIR spektrofotometre kullanılarak yansıma okuması yapılmıştır. Farklı nem içeriklerine sahip aynı örnek için NIR yansıma eğrilerini karşılaştırmak için istatistiki yazılım kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmelerde kuru toprak örneklerinin ışığı nemli örneklerden daha fazla yansıttığı görülmüştür. Toprak nem içeri arttığında, toprak örneğinden yansıma azalmaktadır.

Haubrock *et al* (2008), solar spektral aralığında (350-2500 mm) yansıtma verisinden yüzey toprak nemini tahmin etmek için Normalleştirilmiş Toprak Nem İndeksi (NSMI) adı verilen yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu yeni indeks için motivasyon, eşdeğişkenlere karşı dayanıklılık, fiziksel sıkıştırılabilirlik ve alanda kolay uygulanabilirlik ve uzaktan algılama platformlarından kriterleri karşılayan spektral özelliklerden faydalanılmıştır. Spektral ölçümler 121 hazır toprak örnekleri yanı sıra linyit madeni kazanma alanından farklı kumları ve killi tabakaları içeren 467 doğal toprak örnekğinde geçekleştirilmiştir. İlk gruptan örnekler üzerinde yapılan hazırlık prosedürü, yansıtma spektrumları üzerindeki eşdeğişken etkisini ortadan kaldırırken, ikinci gruptaki doğal örnekler safsızlık, kabuk ve organik madde gibi etkileyen faktörleri korumuştur. Sistematik bir şekilde, tüm dalga boyları farklı spektral özellik yaklaşımlarında birleştirilmiş olup optimum bantlar ya da bant kombinasyonları toprak nemi ile lineer korelasyon için bulunmuştur. Doğal örnekler için, 1800 ve 2119 nm'de yansıtma değerlerini birleştirerek NSMI 0.61 R^2 ile bu çalışmada en iyi sonuçları elde etmiştir. Önemli linyit oranına sahip örnekler ortadan kaldırıldığında bu değer 0.71'e yükselmiştir.

Zornoza *et al* (2008), Akdeniz topraklarının çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal özelliklerini tahmin etmek amacıyla (NIR) yakın kızılötesi spektroskopinin potansiyeli değerlendirmişlerdir. Üç yıl boyunca (2003-2005 dönemi), 13 bölgeden toprak örnekleri (n=393) almışlardır. Bu örnekler, arazi kullanımı, bitki örtüsü ve spesifik iklim koşullarından dolayı geniş çapta toprak özelliklerine sahiptir. Biyokimyasal özellikler de fosfolipid yağlı asitlerine (PLFA) dayanan mikrobiyal biyo-işaretleyicileri de içermektedir. Çapraz doğrulama ile kısmi en küçük kareler (PLS) regresyonu, fiziksel ve kimyasal analizlerden NIR spektrumlar ve referans veriler arasındaki ilişkileri oluşturmak için kullanılmıştır. Çapraz doğrulamanın ortalama kare hatasının kökünü almak için doğrulama kümesinin standart sapma oranının ve determinasyon katsayısının katsayı değerlerine dayanarak (r^2), öngörülen sonuçlar, toprak organik karbon, Kjeldahl nitrojen, toprak nemi, katyon değişim kapasitesi, mikrobiyal biyokütle karbon, bazal toprak respirasyonu, asit fosfataz aktivitesi, β-glukosidaz aktivitesi ve toplam bakteri, Gram-pozitif bakteri, PLFA aktinomisetler, Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza

mantarları ve toplam PLFA biokütlesi için PLFA bio-işaretler mükemmel olarak (r^2>0.90 ve RPD>3) değerlendirilmiştir. İyi tahminler (0.81<r^2<0.90 ve 2.5<RPD<3) değiştirilebilir kalsiyum ve magnezyum, suda çözünebilen karbon, su tutma kapasitesi ve üreaz aktivitesi için elde edilmiştir. Protoza ve mantar için bileşke sonuçlar bu değişkenleri yeterli bir düzeyde tahmin etmek için kesin değildir. Sadece yakın tahminlere izin vermektedir (0.66<r^2<0.80 ve 2.0<RPD<2.5). Elektriksel iletkenlik, pH, değiştirilebilir fosfor ve sodyum, metabolik bölüm ve Gram-negatif bakteriler yetersiz düzeyde tahmin edilmiştir (r^2 < 0.66 ve RPD < 2). Bu yüzden, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar NIR yansıtma spektroskopisinin toprak mikrobiyal topluluk kompozisyonuyla ilgili değişkenler dahil Akdeniz topraklarının bazı fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal özelliklerini tahmin etmek için hızlı, ekonomik ve yıkıcı olmayan bir teknik olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

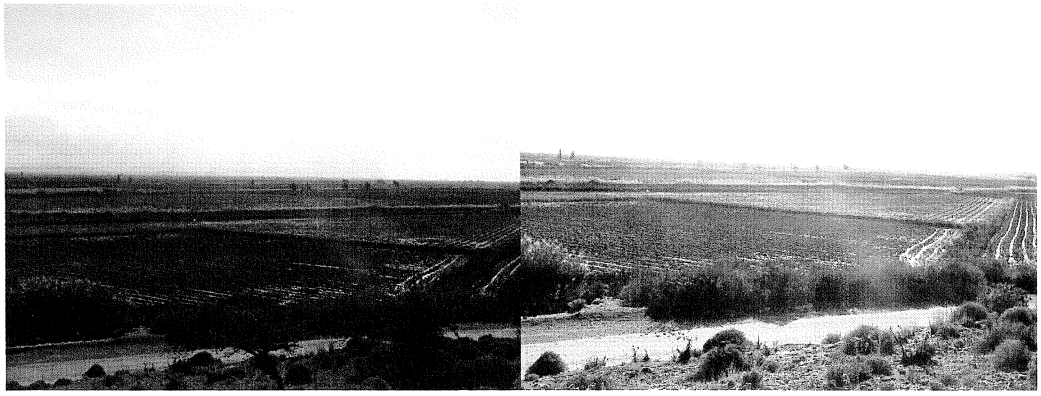
3.1. MATERYAL

Çalışma Aydın iline bağlı Söke ilçesinin Yuvaca köyünün arazilerinde yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak, toplam 117 adet bozulmuş ve bozulmamış toprak örneği, toprak yansımalarının okunmasında yakın kızılötesi Spektroradyometre kullanılmıştır. Yansıma okumalarının dönüşümleri aşamasında ViewSpecPro Version 4.05, arazide coğrafi konumlama aleti (GPS) ile elde edilen koordinat bilgilerinin bilgisayara aktarılmasında ArcGIS 9.2 yazılımlarından yararlanılmıştır.

3.1.1. Çalışma Alanına Ait Bilgiler

Yuvaca örnekleme alanı Söke-Tuzburgazı yolu üzerinde Söke ilçe merkezine 18 km mesafede yolun kuzeyinde, Yuvaca köyünün ise güney doğusunda yer almaktadır (Şekil 3.1). Alana ait köşe koordinatları 27^0 15″ 54′ ile 27^0 15″ 34′ doğu boylamları ve 37^0 38″ 52′ ile 37^0 28″ 05′ kuzey enlemleri şeklinde belirlenmiştir. Dağlık alanların eteğinde taşkın düzlüğü şeklinde yer alan örnekleme alanı diğer alanlara göre daha ince tekstüre sahip olup, özellikle drenaj problemi ile karşı karşıyadır. Tarla içi drenaj ağlarının sıklıkla yer aldığı bu alanda, pamuk ve mısır tarımı yoğun şekilde uygulanmaktadır. Çalışma alanına ait görünümler şekil 3.2 de yer almaktadır

Şekil 3.1. Çalışma alanın konumu



Şekil 3.2 Çalışma alanının genel görünümü

3.1.2. İklim

Çalışma alanının içerisinde yer aldığı Aydın ilinde Akdeniz iklimi hâkimdir. Aydın ilinde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlıdır. İldeki dağların denize dikey inmesi, deniz rüzgârlarının çok içerilere kadar girebilmelerini sağlar. İlde en yüksek sıcaklık Temmuz en düşük sıcaklık ise Ocak aylarında görülmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 17,6 ^{0}C'dir. Araştırma alanının çok yıllık yağış ortalaması 643,7 mm olup, en fazla yağış verisi Aralık ayında ölçülmüştür. Son yıllarda tüm Ege bölgesi genelinde gözlendiği gibi araştırma yöresinde de her geçen gün yağışlarda bir azalma görülmektedir. İldeki yıllık ortalama rüzgâr hızı 1,8 m/sn dir. Ortalama nispi nem içeriği %62 ve buharlaşma 1468,9 mm dir (DMİ, 2002).

3.1.3. Toprak Özellikleri

Dağlık alanların eteğinde taşkın düzlüğü şeklinde yer alan örnekleme alanı ince tekstüre sahip olup, özellikle drenaj problemi ile karşı karşıyadır. Çalışma alanı, topraklarının verimli, iklimin de elverişli olması sebebi ile ülkemizin uzun yıllardır tarım yapılan ovalarından biridir. Büyük Menderes nehrinin taşıyıp biriktirdiği materyalden oluşmuş aluviyal bir ova olması sebebi ile de topraklarının kısa mesafelerde fiziksel ve kimyasal olarak değişim gösterdiği arazi karakteristiğine sahiptir.

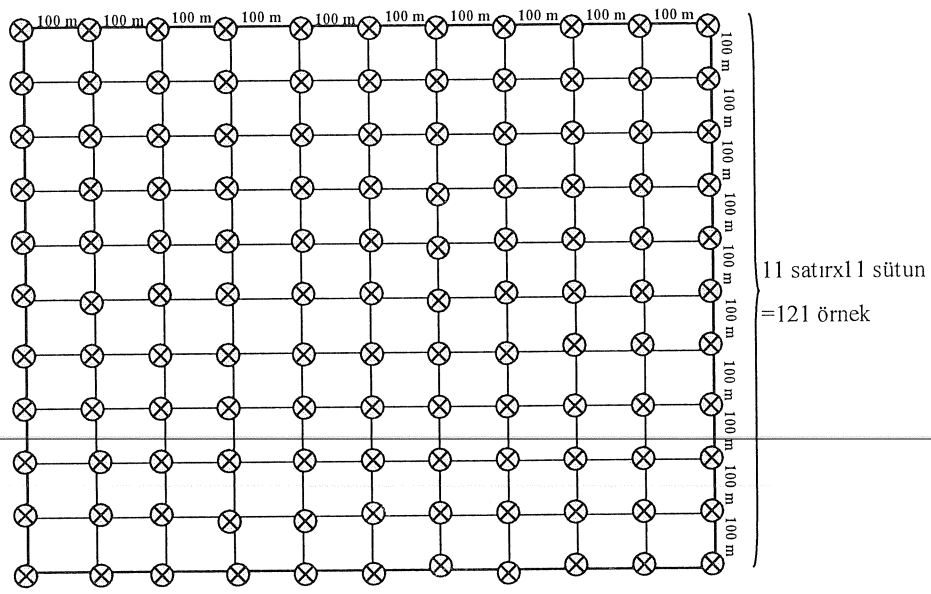
3.1.4. Bitki Örtüsü

Çevresindeki yükseltiler Akdeniz Bölgesinin karakteristik bitki örtüsü olan makiler ile kaplı olan çalışma alanının ova kesimi kültürel tarımın yapıldığı verimli topraklara sahiptir. Yörenin iklim özellikleri ile birlikte toprağın ve sulama koşullarının elverişliliği dört mevsim tarıma olanak sağlaması ile beraber çalışma alanında yoğun olarak Pamuk ve mısır üretimi yapılmaktadır.

3.2. YÖNTEM

3.2.1 Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi

Örnekleme alanının seçiminde, toprak özelliklerindeki farklılıkların yanı sıra, ovada sıklıkla yer alan drenaj ve sulama kanallarının örnekleme alanını en az parçaladığı ve benzer bitkisel üretimin yapıldığı alanlar olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Çalışma bölgesindeki örnekleme alanlarında 100 x 100 m'lik gridler ağı oluşturularak toprak yansımalarının okunacağı ve toprak örneklemelerinin yapılacağı noktasal alanlar belirlenmiştir. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3 Çalışma alanının okuma ve örneklemelerin yapıldığı grid ağı

Bu alanların yerlerinin sabitlenmesi amacıyla coğrafi konumlama aleti (GPS) cihazı kullanılarak köşe koordinatları belirlenmiştir. Örnekleme noktaları coğrafi bilgi sistemleri ortamında noktasal veriler olarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve her noktaya ait xy koordinatları kesinleştirilerek nitelik tablolarına aktarılmıştır. Bu şekilde bilgisayara girilen koordinat bilgileri arazi çıkışları sırasında noktaların tam olarak yerlerinin belirlenmesine yardımcı olmuştur.

3.2.2. Toprak Örneklerinin Alınması

Arazi çalışması sırasında çalışma alanı için belirlenmiş olan örnekleme noktalarında öncelikle, zaman alıcı olması ve kısa zamanda değişiklik göstermemesi sebebiyle toprak su karakteristiklerini belirlemek amacıyla, (100 cm^3 hacimli çelik silindirlerle) çalışma alanından 117 adet bozulmamış toprak örneği alınmıştır (şekil 3.4).

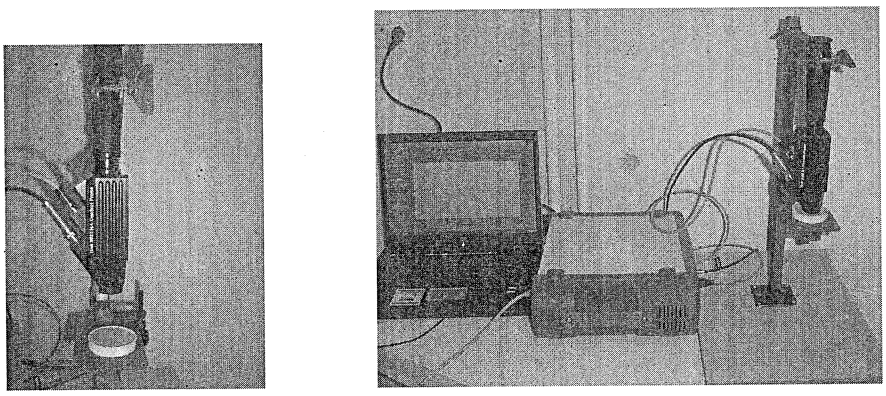
Şekil 3.4. Bozulmamış toprak örneği alınması ve TDR okuması

Bozulmamış toprak örneklerinin alındığı aynı noktalarda fiziksel ve kimyasal toprak analizleri için bozulmuş toprak örnekleri de alınmıştır. Çalışma alanın içerisinde toplam 4 noktadan ise drenaj kanallarına denk gelmesi nedeniyle örnekleme yapılamamıştır.

Yansıma okumalarında 350–2500 nm dalgaboyu aralığında, saniyede 10 yansıma verisi toplama ve 0.1 saniye tarama aralığı ile her saniyede okunan değerlerin ortalama doğruluğunu saptama özelliği taşıyan, sıcaklık, nem ve titreşime mukavemeti yüksek bir Spektroradyometre (ASD FieldSpecPro) kullanılmıştır. Örnekleme noktasında topraktan yansıma okumaları, toprak yüzeyi (yaklaşık 5 cm derinliğinde) kürek ve spatül yardımıyla düzeltildikten sonra, probun toprak yüzeyine temas edecek kadar yaklaştırılmasından sonra yapılmıştır.

3.2.3. Yansıma Değerlerinin Ölçülmesi ve Analizlerin Yapılması

Örnekleme noktalarından alınan bozulmuş toprak örnekleri fiziksel, kimyasal analizleri ve laboratuar koşullarındaki yansıma okumaları için laboratuarda gölgede kurutulduktan sonra, ağaç çekiçlerle dövülüp 2 mm'lik elekten geçirilerek analizlere hazır hale getirilmişlerdir. Ayrıca 100 cm^3'lük çelik silindirlerle alınmış bozulmamış toprak örnekleri, değişik basınçlarda tutulabilen nem içeriklerinin belirlenmesi ve her bir basınç uygulama sonrası spektroradyometrik yansıma okumalarının yapılması için itina ile tıraşlanmıştır. Yansıma okumalarında kullanılan spektroradyometre şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Spektroradyometre aleti

Örneklere ait laboratuarda yapılan analizler ve bunların hangi metoda göre yapıldıkları aşağıda açıklanmıştır.

Değişik basınçlarda (doygun, 0,001, 0,01, 0,033 ve 1,5 Mpa) toprakta tutulan nem: Doygun haldeki örneklerden düşük tansiyon uygulamaları ile uzaklaştırılan su miktarının tespit edilmesinde kum havuzundan, yüksek basınç değerlerinin elde edilmesinde basınçlı tencerelerden faydalanılarak belirlenmiştir.

Tekstür : BOUYOUCOS (1951), tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre toprak örneklerinin % kum, silt ve kil içerikleri ve tekstür sınıfları belirlenmiştir.

Kireç : HIZALAN ve ÜNAL (1966), tarafından tanımlanan şekilde Scheibler kalsimetresi kullanılarak belirlenmiştir.

Organik karbon ve organik madde içeriği : Modifiye edilmiş Lichterfelder yaş yakma yöntemine göre toplam organik karbon içeriği belirlendikten sonra elde edilen değerin 1,72 katsayısı ile çarpımından organik madde içeriği belirlenmiştir(SCHLICHTING ve BLUME, 1966).

Toprak reaksiyonu (pH) : Saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre kullanarak belirlenmiştir (U.S. SALINITY LABARATORY STAFF, 1954).

Araziden alınan her örnek laboratuarda 3 paralelli olarak analiz edilmiştir. Toprak örneklerinin yansıma değerleri nem ölçümleri için, beş değişik nem seviyesinde (doygun, 0,001, 0,01, 0,033 Mpa bozulmamış toprak örneklerinde, 1,5, Mpa hava kuru bozulmuş toprak örneklerinde) yapılmıştır. Bunun için toprak örnekleri saf su ile doyurulduktan sonra kum havuzuna konularak önce 0,001 Mpa ve sonra 0,01 Mpa negatif basınç altında suyu çıkarılmış ve daha sonra basınç tenceresine alınarak 0,033 ve 1,5 Mpa basınç altında nemi azaltılmıştır.

Yukarıda bildirilen basınçlar uygulanarak her bir basınç uygulamasından sonra örnek aletten çıkarılarak yansıma değerleri ölçülmüş ve nem içeriğini tayin etmek için tartılmıştır. En son olarak örnekler etüvde 24 saat bekletildikten sonra tartılarak gravimetrik nem içeriğinin belirlenmesi için fırın kuru toprak ağırlıkları elde edilmiştir. Gravimetrik nem içeriklerinin hacim ağırlığı değerleriyle çarpımından toprak-su karakteristik eğrilerinin çizilmesinde kullanılan hacimsel nem içerikleri elde edilmiştir.

Laboratuvarda 2 mm'lik eleklerden elenmiş hava kuru toprak örneklerinde de spektroradyometrik ölçümler yapılmıştır. Bu işlem için toprak örnekleri çapı 5,5 cm derinliği 1 cm olan küçük plastik kaplara konularak yüzeyi spatül yardımıyla düzeltildikten sonra kabın orta kısmında yer alan topraktan yansıma okumaları yapılmıştır. Hava kurusu nem içeriğinde yapılan yansıma ölçümleri toprak özelliklerinin kalibrasyonunda kullanılmıştır.

Laboratuarda yapılan spektroradyometrik okumalar sürecinde, arazi okumalarında olduğu gibi her okuma öncesinde polytetrafluoroethylene ile kalibrasyon okumaları yapılmıştır. Toprak örneklerinin yansıma değerleri laboratuarda ve arazide 350-2500 nm dalga boyu içerisinde 2 nm aralıklarla yapılmıştır.

3.2.4. Yansıma Değerlerinin ve Analiz Sonuçlarının Bilgisayara Aktarılması

Arazi çalışmaları ile örnekleme noktalarından elde edilen ve laboratuar koşullarında 2 mm'lik eleklerden elenmiş hava kurusu bozulmuş ve değişik nem içeriklerinde bozulmamış toprak örneklerindeki yansıma değerleri 350-2500 nm dalga boyu arasında 2 nm aralıkla spektroradyometre ile belirlenmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel analizler için ViewSpec Pro programı yardımıyla ASCII metin dosyalarına dönüştürülmüş ve daha sonra Excel ortamına taşınarak her bir noktada ölçülen yansıma okumaları istatistiksel işlemler için hazır hale getirilmişlerdir.

Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizleri üç tekrarlı olarak yapılmış daha sonra ortalamaları Excel ortamına taşınmış ve her bir noktada ölçülen yansıma okumaları istatistiksel değerlendirmeler için hazır hale getirilmişlerdir.

3.2.5. İstatiksel Analizler

NIRS matematiksel modeller oluşturarak toprak bileşenlerinin miktarını karışık spektral yansıma değerlerinden tahmin etmeye yarayan dolaylı bir metoddur. Regrasyon eşitlikleri NIR spektra ile referans metod arasındaki matematiksel ilişkileri oluşturmak için kullanılır.

Çalışma alanında 117 örnekleme noktasında bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde değişik basınçlarda toprakta tutulan nem içerikleri ile yansıma değerleri arasındaki ilişkiler excel ve Kısmi En Küçük Kareler (PLS (Partial Least Square)) istatistiksel analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. PLS analizi için SAS PLS procedure kullanılmıştır. 182 data kalibrasyonda ve 176 data validasyonda belirlenmiştir. PLS uygulanarak yapılan değerlendirmelerde seçilmiş faktörlerin sayısı çapraz doğrulama ile tespit edilmiştir. Model verilere uydurulmuş ve

modellenemeyen kısmın tahmini hatası en aza indirilmiştir. Tahmin edilen hata kareleri ile faktör sayısı bulunmuştur. NIPALS algoritması kullanılmıştır. Çapraz doğrulama içinde örnek parçalama metodu kullanılmıştır. Faktör sayısı burada 15'tir.

Spektroradyometre her açılışında polytetrafluoroethylene (PTFE) ile yansıma ölçmeden önce standardize edilmiştir. Toprak örneklerinin yansıma değerleri laboratuarda ve 350-2500 nm dalga boyu içerisinde 2 nm aralıklarla yapılmıştır. Böylece her örnekten yaklaşık 1075 veri elde edilmiştir. Yapılacak istatistiksel analizlere göre bu dalga boyları gruplandırılarak her grubun ortalama yansıma değerleri ilave istatistiksel analizlerle işlenmiştir. Spektral yansıma verileri soğurma değerlerine dönüştürülerek incelenen her hangi bir faktör ile soğurma değeri arasındaki ilişki bulunulmaya çalışılmıştır. [Absorbans, log10 (1/reflectance) olarak tanımlanmaktadır]

Veri setinden yapılacak istatistik analizlerin daha iyi işlenmesi ve yorumlanması için örneklerin standardizasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu işlem de elde edilen her bir spektral yansıma değerlerinin tüm dalga boylarında toplanan yansıma değerlerinin ortalamasına bölünmesiyle yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Yuvaca çalışma alanından alınan toplam 117 adet toprak örneğinde pH, kireç, organik madde ve bünye analizleri üçer paralelli olarak yapılmıştır. Örnekleme alanından elde edilen örneklerin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda örnekleme noktalarında en düşük pH, 7,56 ve en yüksek pH değeri 8,54 olarak belirlenmiştir. Bulgular pH değerlerinin hafif alkalilik ile kuvvetli alkalilik sınır değerleri arasında değiştiğini göstermektedir.

Kireç içerikleri bakımından ise en düşük "kireçli" (% 2,99) sınıfı ile en yüksek "aşırı" (% 61,48) sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bu belirlemeler ışığında çalışma alanı topraklarının alkali karakterde olduğu ve pH durumlarının da yüksek olduğu görülmektedir.

Tarla koşullarında gerçekleştirilen çalışmada aynı nem içeriğinde farklı CaCO3 ve demir düzeyinde yapılan çalışmalar $CaCO_3$ miktarının artışı ile demir miktarının azalmasının yansıma değerini arttırdığı belirlenmiştir (Girard ve Girard, 1988).

Organik madde bakımından incelenecek olursa çalışma alanına ait topraklarda en düşük organik madde içeriği % 0,83 olup "çok düşük" sınır değerinde yer alırken en yüksek organik madde içeriği ise % 5,44 ile "yüksek" sınır değerindedir.

Bir toprağın organik madde içeriğindeki artış, genellikle toprak nemi ile benzer şekilde bütün spektrumdaki yansımanın azalmasına sebep olmaktadır. Yüksek organik madde içeriği ve bundan dolayı ayrımlı yansımanın kuvvetli azalışı, topraktaki diğer soğurucu özellikleri bile maskeleyebilmektedir (De Jong, 1994).

Toprakların bünyeleri de hafif bünyeli olan kumlu tından (SL) ağır bünyeli kile kadar değişkenlik göstermektedir. Örneklerin büyük çoğunluğunda ise orta bünyeli (tınlı bünye) toprakların hakim olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanı toprak özellikleri noktasal bazda incelendiğinde önemli farklılıklar göstermektedir. Bunun nedeni olarak arazinin yüksek arazilerin hemen bitiminde başlıyor olması, daha ağır bünyeli toprakları içermesi, drenaj probleminin daha etkin gözlenmesi ve bazı parsellerde hiçbir tarımsal faaliyetin uygulanmıyor olması gösterilebilir.

Çizelge 4.1. Yuvaca deneme alanı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Ör. No	pH	Kireç	O.M.	%Kum	%Silt	%Kil	Bünye
Y1	8,41	23,73	2,28	22,65	47,67	29,68	CL
Y2	8,24	14,67	3,67	17,03	42,20	40,77	SiC
Y3	8,38	13,40	2,70	17,20	46,33	36,47	SiCL
Y4	8,38	52,61	4,22	14,54	40,27	45,19	SiC
Y5	8,22	29,24	5,14	16,29	42,58	41,13	SiC
Y6	8,17	32,35	4,04	16,60	38,18	45,22	C
Y7	8,25	15,87	3,55	15,66	43,56	40,78	SiC
Y8	8,23	14,44	2,52	16,80	46,55	36,65	SiCL
Y9	8,14	20,88	3,91	9,26	42,88	47,85	SiC
Y10	8,08	23,54	3,79	13,86	39,43	46,70	C
Y11	8,27	31,22	3,67	15,88	39,51	44,60	C
Y12	8,21	49,93	3,30	12,80	32,44	54,76	C
Y13	8,06	35,30	4,88	21,92	43,70	34,38	CL
Y14	8,00	51,44	4,51	13,25	34,43	52,33	C
Y15	7,99	20,45	2,57	35,80	38,94	25,25	L
Y16	7,95	29,40	1,70	21,04	51,52	27,45	CL
Y18	8,36	11,90	4,63	15,17	40,99	43,84	SiC
Y19	8,20	36,85	4,57	12,98	39,67	47,35	C
Y20	8,26	22,76	1,69	39,65	34,57	25,78	L
Y21	8,00	6,92	2,58	58,79	27,66	13,55	SL
Y22	7,56	2,99	2,17	70,99	17,50	11,51	SL
Y23	7,72	20,74	3,98	50,02	35,95	14,02	L
Y24	8,22	22,17	4,74	23,58	43,51	32,90	CL
Y25	7,96	61,48	4,33	17,04	43,68	39,27	SiCL
Y26	8,19	25,14	5,44	17,05	45,76	37,19	SiCL
Y27	7,84	10,50	3,86	22,86	50,66	26,48	SiL

Çizelge 4.1. (Devam)

Ör. No	pH	Kireç	O.M.	%Kum	%Silt	%Kil	Bünye
Y28	8,43	17,97	4,27	35,38	47,15	17,47	L
Y29	8,04	6,70	0,97	69,12	23,60	7,27	SL
Y31	8,03	16,28	4,56	15,06	33,31	51,63	C
Y32	7,93	31,03	4,86	18,11	33,25	48,64	C
Y33	7,88	31,80	3,79	18,89	32,12	48,99	C
Y34	8,21	22,67	2,64	22,87	46,01	31,12	CL
Y35	8,01	27,35	3,30	22,99	43,10	33,91	CL
Y37	7,93	6,83	2,46	20,50	37,02	42,48	C
Y38	8,24	46,79	4,03	20,20	35,05	44,74	C
Y39	8,01	33,86	3,85	19,71	35,96	44,33	C
Y40	7,92	14,23	3,24	22,01	33,00	44,99	C
Y41	8,12	25,79	3,49	19,63	40,31	40,06	SiC
Y42	8,07	32,34	3,43	18,15	35,36	46,49	C
Y43	8,28	13,41	2,73	15,75	48,59	35,66	SiCL
Y44	8,47	23,42	2,18	19,79	46,15	34,07	SiCL
Y45	8,07	12,61	1,65	35,03	48,73	16,24	L
Y46	8,31	17,28	1,48	34,19	48,80	17,01	L
Y47	8,03	15,37	1,30	42,70	40,36	16,93	L
Y48	8,02	13,81	2,24	39,08	42,59	18,32	L
Y49	8,22	16,10	1,48	39,63	40,44	19,93	L
Y50	8,19	5,88	1,53	28,70	47,04	24,27	L
Y51	8,11	18,82	2,01	29,66	53,10	17,23	SiL
Y52	8,17	17,80	3,07	17,68	46,48	35,83	SiCL
Y53	8,26	10,07	2,10	35,61	37,44	26,95	L
Y54	8,45	13,13	2,82	26,85	43,08	30,07	CL
Y55	8,01	25,31	2,83	11,33	35,23	53,44	C
Y56	8,24	9,41	1,77	35,59	47,85	16,56	L
Y57	8,26	9,41	2,07	38,01	43,45	18,54	L
Y58	7,86	9,03	1,53	38,24	49,51	12,25	L
Y59	8,26	14,00	1,53	36,18	47,41	16,41	L
Y60	8,25	8,13	2,01	37,65	37,46	24,89	L
Y61	8,26	13,12	1,71	34,20	46,73	19,07	L
Y62	8,24	10,80	1,06	30,34	53,33	16,33	SiL
Y63	8,36	15,24	1,77	29,91	53,66	16,43	SiL
Y64	8,35	24,13	1,30	31,62	45,64	22,74	L
Y65	8,35	17,43	2,93	28,66	46,22	25,13	L
Y66	8,14	19,63	3,13	15,35	33,43	51,22	C
Y67	8,32	10,94	1,36	55,10	32,71	12,19	SL
Y68	8,07	10,72	0,83	57,09	32,75	10,15	SL
Y69	8,21	12,82	0,94	46,88	40,31	12,81	L
Y70	8,24	19,20	1,48	33,84	49,68	16,48	L

Çizelge 4.1. (Devam)

Ör. No	pH	Kireç	O.M.	%Kum	%Silt	%Kil	Bünye
Y71	8,18	17,83	1,00	42,91	44,92	12,17	L
Y72	8,29	14,47	1,71	37,94	42,24	19,81	L
Y73	8,26	15,42	0,83	44,66	41,05	14,29	L
Y74	8,23	18,94	1,30	38,67	45,03	16,29	L
Y75	8,39	17,66	1,42	35,41	48,17	16,42	L
Y76	8,42	21,23	1,40	35,82	44,34	19,84	L
Y77	8,08	9,08	2,30	19,10	44,76	36,15	SiCL
Y78	8,18	9,96	1,59	45,18	36,46	18,36	L
Y79	8,24	9,08	1,53	41,82	42,36	15,81	L
Y80	8,22	10,94	2,48	40,41	41,15	18,44	L
Y81	8,05	10,41	2,60	39,93	39,41	20,66	L
Y82	8,07	12,24	2,48	46,59	39,09	14,32	L
Y83	8,13	12,01	2,77	38,51	44,53	16,96	L
Y84	8,08	15,79	2,15	37,51	40,48	22,01	L
Y85	8,12	18,00	2,54	38,50	45,16	16,34	L
Y86	8,33	16,87	2,21	29,34	49,94	20,72	L
Y87	8,29	18,33	2,27	33,06	45,86	21,08	L
Y88	8,44	19,32	2,03	29,73	51,73	18,54	SiL
Y89	8,17	16,68	1,41	29,75	49,65	20,60	L
Y90	8,12	15,84	1,84	29,48	53,99	16,53	SiL
Y91	8,27	15,37	2,09	28,16	51,91	19,93	SiL
Y92	8,22	17,43	2,40	25,23	51,98	22,79	SiL
Y93	7,86	15,97	2,40	27,19	47,90	24,91	L
Y94	7,93	11,99	3,01	31,36	45,81	22,82	L
Y95	8,03	17,83	2,27	25,07	52,09	22,84	SiL
Y96	8,14	13,42	2,89	35,56	38,90	25,54	L
Y97	8,33	16,12	2,70	37,96	41,41	20,62	L
Y98	8,44	16,20	1,35	41,87	41,79	16,34	L
Y99	8,25	20,22	1,66	30,08	46,72	23,20	L
Y100	8,54	18,55	1,72	33,50	45,03	21,47	L
Y101	8,11	15,55	2,15	38,35	41,15	20,49	L
Y102	8,32	18,38	2,15	24,90	48,65	26,45	L
Y103	8,16	16,26	2,09	9,91	50,66	39,43	SiCL
Y104	8,15	20,41	2,09	22,67	50,11	27,23	CL
Y105	8,15	18,42	1,41	20,75	48,89	30,36	CL
Y106	8,14	17,78	2,09	23,60	53,74	22,65	SiL
Y107	8,22	18,82	1,72	29,83	49,47	20,70	L
Y108	8,25	17,48	1,91	27,23	43,71	29,06	CL
Y109	8,38	16,46	1,34	14,63	50,51	34,87	SiCL
Y110	8,23	16,90	1,60	29,58	51,84	18,58	SiL
Y111	8,14	15,92	1,72	46,69	39,02	14,29	L

Çizelge 4.1. (Devam)

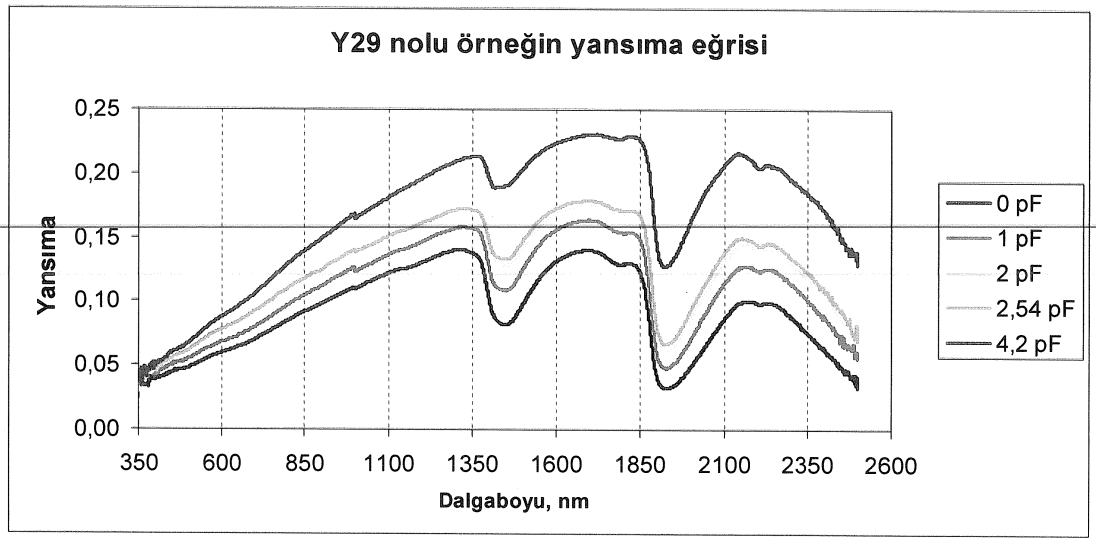
Ör. No	pH	Kireç	O.M.	%Kum	%Silt	%Kil	Bünye
Y112	8,48	18,84	1,54	26,46	51,31	22,24	SiL
Y113	8,40	16,98	1,84	40,09	44,77	15,14	L
Y114	8,08	14,99	2,21	37,22	39,06	23,72	L
Y115	8,24	18,46	1,84	26,67	50,34	22,99	SiL
Y116	8,23	20,98	1,84	22,84	52,19	24,97	SiL
Y117	8,22	18,87	1,72	26,56	46,22	27,23	CL
Y118	8,15	16,36	2,03	20,22	46,14	33,64	CL
Y119	8,18	19,37	1,97	28,94	41,85	29,21	CL
Y120	8,30	21,33	1,91	20,81	48,85	30,34	CL
MİN.	7,56	2,99	0,83	9,26	17,50	7,27	
MAX	8,54	61,48	5,44	70,99	53,99	54,76	
ORT.	8,18	18,99	2,48	29,44	43,30	27,26	

Çalışma alanında örnekleme noktalarına ait nem içerikleri de arazide örnekleme sırasında belirlenmiş olup, yansıma okumaları ve bozulmuş toprak örneklemelerinin yapıldığı zamanda dört noktadan elde edilen TDR okumalarının ortalamaları alınarak arazinin o anki nem içerikleri belirlenmiş ve elde edilen değerler ek I'de verilmiştir. TDR ile yapılan nem okumaları noktasal bazda farklılıklar göstermektedir. Bu da çok küçük parsellerde üretimin yapıldığı bu alanlarda tarımsal faaliyetlerin farklı zamanlarda uygulanmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle yaz aylarında sulama suyunda görülen sıkıntıdan dolayı çiftçiler sıraya tabi olarak parsellerini sulamaktadırlar. Bunun sonucu olarak parseller farklı nem içeriklerine sahiptirler. Artan nem içeriği genellikle tüm spektrum boyunca toprak yansımasında azalmaya neden olmaktadır

4.2. Yansıma Okumaları

Çalışma alanından alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde, beş değişik nem seviyesinde yansıma okumaları yapılmıştır. Bozulmamış toprak örneklerinin 10 cm (1 pF) ve 100 cm (2 pF) su sütununda kaybettikleri ağırlık olarak su içerikleri su çıkışı tamamlanana kadar kum havuzunda bekletilen örneklerin tartılması ile belirlenmiş ve her bir basınçtaki yansıma değerleri de tartımlar esnasında spektroradyometre ile kaydedilmiştir. Yüksek basınç değerlerinin elde edilmesinde

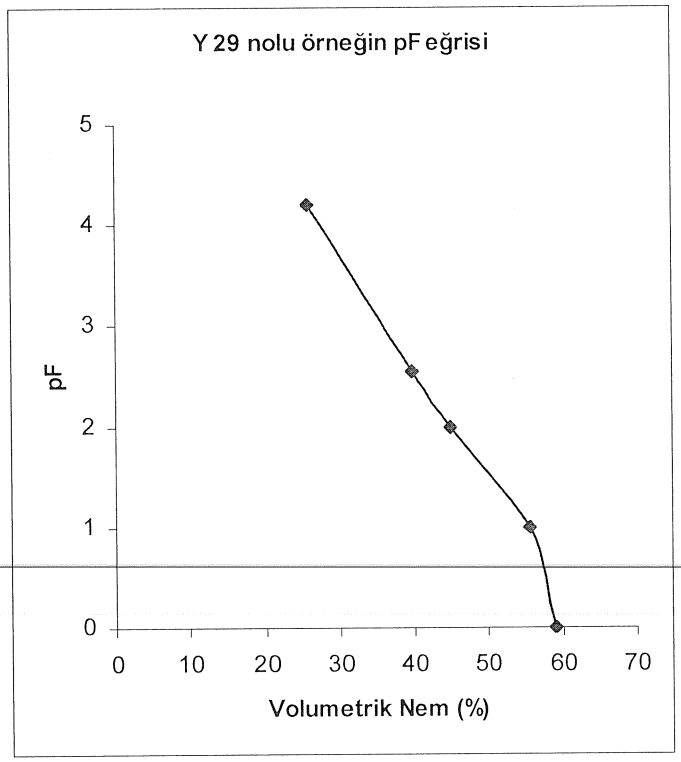
ise basınçlı tencerelerden faydalanılmıştır. Tarla kapasitesi (2.54 pF) bozulmamış örneklerde, solma noktası (4.2 pF) değerleri ise bozulmuş örneklerden elde edilmiş ve düşük tansiyonlardaki benzer uygulama ile su içerikleri ve yansıma değerleri belirlenmiştir. Ayrıca aynı noktalardan alınan toprak örnekleri laboratuara getirilerek 2 mm'lik elekten elendikten sonra hava kuru nem içeriğine getirilerek yansıma okumaları yapılmıştır. Spectroradyometre her açılışında polytetrafluoroethylene (PTFE) ile yansıma ölçmeden önce standardize edilmiştir. Toprak örneklerinin yansıma değerleri 350-2500 nm dalga boyu içerisinde 2 nm aralıklarla yapılmıştır. Böylece her örnekten yaklaşık 1075 veri elde edilmiştir. Elde edilen bütün yansıma okumalarından yansıma grafikleri oluşturulmuştur. Bu okumalara ait bir örnek temsil edecek olan Y29 nolu örnekleme noktasının yansıma grafiği Şekil 4.1 'de verilmiştir. Değişik basınçlarda toprakta tutulan nem içerikleri (pF eğrisi)grafiği ise Şekil 4.2'de ve çalışma alanındaki bütün örnekleme noktalarına ait pF eğrileri de 10'arlı guruplar içerecek bir biçimde şekil 4.3'te verilmiştir.



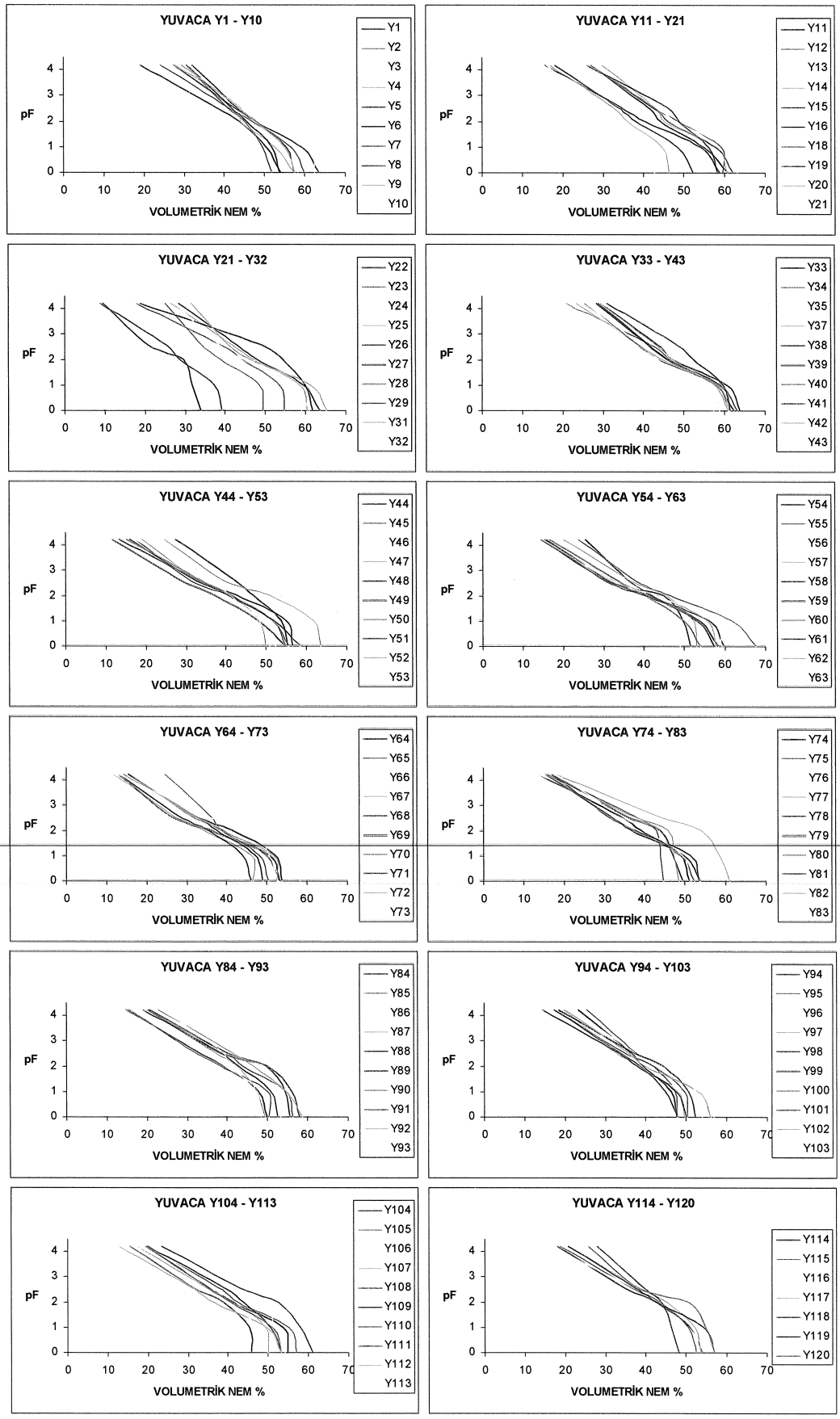
Şekil 4.1.Y29 nolu örnekleme noktasının değişik tansiyonlardaki yansıma grafiği

Çalışma alanlarındaki örnekleme noktalarına ait benzer şekillerin tümü EK II de verilmiştir. Elde edilen yansıma grafikleri değerlendirildiğinde rutubet karakteristik eğrilerinden de görüleceği gibi düşük tansiyonlarda (1 ve 2 pF) elde edilen nem içeriklerinin birbirine yakın değerler içermesinden dolayı yansıma eğrilerinde birçok dalga boyu aralığında ayırımın zor olduğu belirlenmiştir. Özellikle topraklardan olan

yansımada 1.4 ve 1.9 μm deki hidroksil grubu ve 0.97, 1.20 ve 1.77 μm deki bantlar su için baskın soğurulma bandlarını içermektedir (De Jong, 1994). Benzer şekilde yansıma grafiklerinde bu soğurulma bandlarında ayırımın en iyi şekilde ortaya çıktığı ve nem içeriğindeki artışla yansımanın azalışının düzenli şekilde izlenebildiği görülmektedir. Mouazen ve ark (2006) topraktan olan yansımadaki artışın veya soğurulmadaki azalmanın toprak neminin azalmasının bir göstergesi olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenlerle istatistiksel değerlendirmede 1450 ve 1940 nm dalga boylarındaki yansımalar esas alınmıştır.



Şekil 4.2. Y29 nolu örnekleme noktasının pF eğrisi grafiği



Şekil 4.3. Yuvaca'ya ait örnekleme noktalarının pF eğrisi grafikleri

4.3. İstatiksel Analizler

4.3.1. Toprak Özelliklerinin Tahmini

Toprak örneklerinde yapılan organik madde, kireç, %kum, silt, kil içerikleri ile yansıma değerleri arasındaki ilişkiler PLS (Partial Least Square) Kısmi En Küçük Kareler istatistiksel analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu yöntemde çalışma alanında 117 örnekleme noktasından alınmış 117 örneğin 59'u kalibrasyon, 58'i validasyon setlerinin oluşturulmasında kullanılmıştır.

Genellikle birçok yansıma tekniklerinde, en iyi kalibrasyonun belirlenmesinde en yüksek belirleme katsayısı (r^2) ve en düşük çapraz değerlendirme standart hatası (SECV) esas alınmıştır (Dardenne ve ark., 2000).

Chang *et al*,(2001), NIR yansıma sektroskopi tekniğinin çeşitli toprak özelliklerini tahmin etmede uygun olduğunu belirtmişler ve bunu ,RPD (Standart sapma/Tahmin standart hatası) değerlerini temel alarak 3 seviyede (>2, 1.4-2.0, <1.4) değerlendirmişlerdir. RPD tahminde kullanılan veri setinin standart hatasının tahmin hatalarına (SEP) bölünmesi ile bulunmuştur. Buna göre RPD değerleri düştükçe kullanılan tekniğin güvenilirliğinin azaldığını ifade etmişlerdir. Diğer bir değişle oran (RPD) arttıkça tahminin daha iyi olduğunu, yani veri setinde gözlenen varyasyonun büyük kısmının tahmin denklemi ile açıklandığını söylemek mümkündür.

Elde edilen sonuçlara göre kalibrasyon setinde yer alan r^2 değerleri 0.62 ile 0.98 arasında değişmektedir. Kalibrasyon r^2 değerleri kireç için 0.73, organik madde içeriği için 0.79, , kum içeriği için 0.62 ve kil içeriği için 0.77 olarak hesaplanmıştır. Validasyon r^2 değerleri de kireç için 0.36, organik madde içeriği için 0.74, kum içeriği için 0.46 ve kil içeriği için 0.71 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada kalibrasyon $r^2<0.50$ olan toprak özelliklerinin (silt içeriği) belirlenebilirliği kabul edilmemiştir. Çalışma alanı için elde edilen RPD değerlerine bakıldığında ilişkiler kireç, OM, kum ve kil içeriklerinin tahmininde ise sırasıyla 1.90, 1.32 ve 1.80 olarak

bulunmuştur. Bununla beraber, RPD değeri 1.4-2.0 arasında bulunan OM ve kil içeriğinin tahmin edilebilirliği orta seviyede bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Çalışma alanının temel özelliği organik madde ve kil içeriği yüksek topraklara sahip olmasıdır. AL-Abbas. (1972) ışık yansımasının organik madde ve kil içeriği ile negatif ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde Bowers and Hanks (1965) topraktan olan yansımaların toprak nem içeriği, organik madde ve parça büyüklüğü tarafından kuvvetli bir şekilde etkilendiğini rapor etmişlerdir. Bu bulgulara paralel olarak bu çalışmada kil ve organik madde ile yansımalar arasında yüksek ilişki bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Deneme alanından alınan hava kuru topraklarda kısmi en küçük kareler (PLS) regresyonu modeli kullanılarak kalibrasyon ve validasyon setlerinin tahmini

Toprak özellikleri	Calib r2	SEC	Calib Outlier	Valid r2	SEP	Valid Outlier	SS	RPD	Range	RER
Kirec	0.73	Mar.42	223, 27	0.36	May.81	Yok	07.Ağu	1.219	30.95	5.327
OM	0.79	0.5	Yok	0.74	0.55	275	01.May	1.909	Nis.31	7.836
Kum	0.62	Haz.86	24	0.46	08.Mar	275	Eki.62	1.323	47.18	5.875
Silt	0.48	5	Yok	0.31	Nis.85	275, 68	May.62	1.159	21.62	4.458
Kil	0.77	May.72	Yok	0.71	Haz.41	Yok	Kas.59	1.808	43.29	6.754

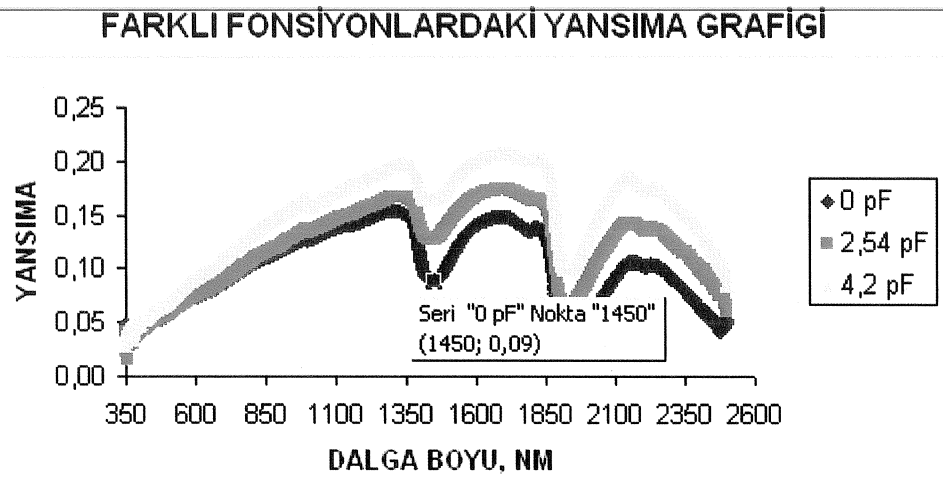
(Calib. r^2= Kalibrasyon korelasyon katsayısı, SEC: Kalibrasyonun standart hatası, Valid. r^2= Validasyon korelasyon katsayısı, SEP= Tahminin standart hatası, RPD= Standart sapma/Tahmin standart hatası, RER= Ölçülen değerlerin değişimi/Tahmin standart hatası, Range= Değişim.

Toprak parçacıklarının büyüklüğü ve şekli, parçacıklar arasındaki boşluklar ve parçacıkların dizilimi örnekten geçen ışık miktarını böylece de yansımayı etkilemektedir (Wetzel, 1983). Aydın ve ark, (2008) tarafından bildirildiğine göre tane büyüklüğü absorbansı veya yansımayı iki şekilde etkiler. İlk olarak bu etkileşim tane büyüklüğünden ziyade tane çapına bağlı olan özelliklere bağlı olarak değişir. Bu özelliklere örnek olarak taneciklerin bileşimi, tanecik yüzeyinde tutulan suyun miktarı, boşluk oranı ve kristal yapısı verilebilir. İkinci olarak elektromanyetik radyasyonun yüzey-hacim dağılım oranı değiştikçe değişmesi Hapke (1993).tarafından belirlenmiştir. Mouazen *et al*,(2005), farklı bünyelere sahip topraklardan elde edilen soğurma grafiklerinde gözle görülür bir farklılığın olduğunu bildirmişlerdir.

4.3.2. Toprakta Nem Seviyelerinin Tahmini

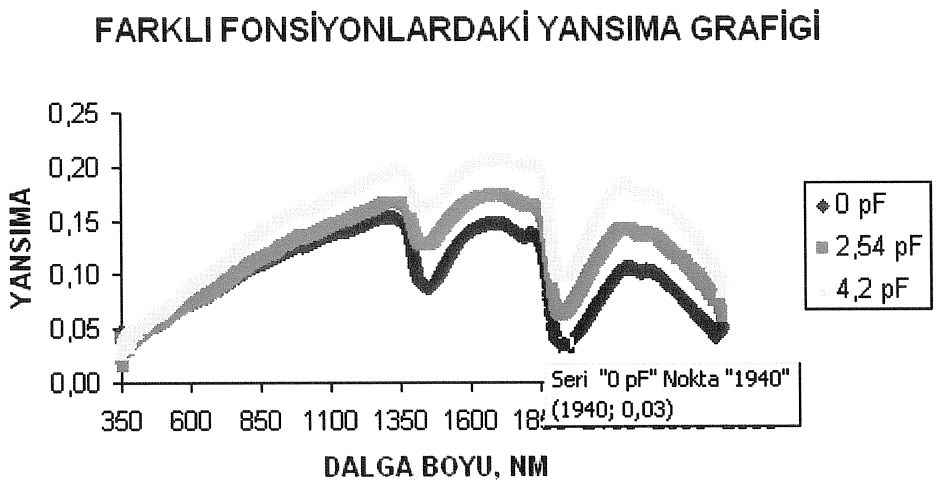
Çalışma alanında 117 örnekleme noktasında bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde değişik basınçlarda toprakta tutulan nem içerikleri ile yansıma değerleri arasındaki ilişkiler excel ve PLS (Partial Least Square) Kısmi En Küçük Kareler istatistiksel analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Excel'de değişik nem içeriklerindeki dalga boyu değerlerinden, 1'er örnek atlanarak yeni veri seti oluşturulmuştur. Böylece çalışma alanında mevcut 117 örneğin 59'u kalibrasyon, 58'i validasyon setlerinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Elde edilen dalga boylarının 10 tabanına göre logaritması alınarak, ön değerlendirmelerle daha iyi ilişkiler verdiği belirlenen 1450 ve 1940nm dalga boylarındaki yansıma değerleri analizde kullanılmıştır.

1450 nm dalga boyunda farklı tansiyonlarda tutulan nem içeriklerinin yansıma grafiğinde su bandında oluşan kırılma belirgin olarak gözlemlenebilmektedir. (Şekil 4.4)



Şekil 4.4. 1450 nm dalga boyundaki soğurmanın oluştuğu nokta

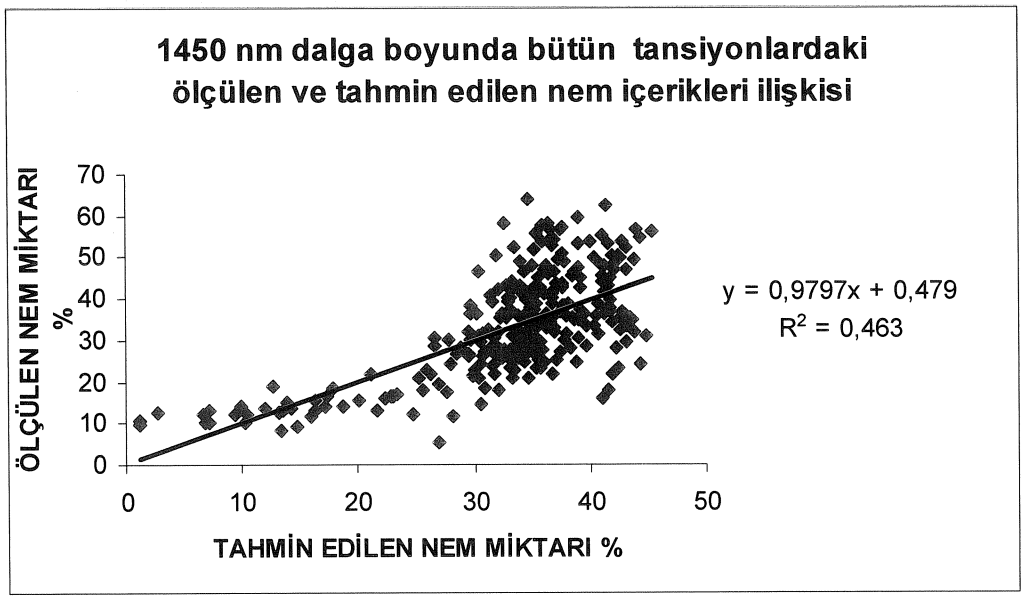
1940 nm dalga boyunda farklı tansiyonlarda tutulan nem içeriklerinin yansıma grafiğinde su bandında oluşan kırılma, 1450 nm deki su bandına göre daha belirgin olarak gözlemlenebilmektedir. (Şekil 4.5)



Şekil 4.5. 1940 nm dalga boyundaki soğurmanın oluştuğu nokta

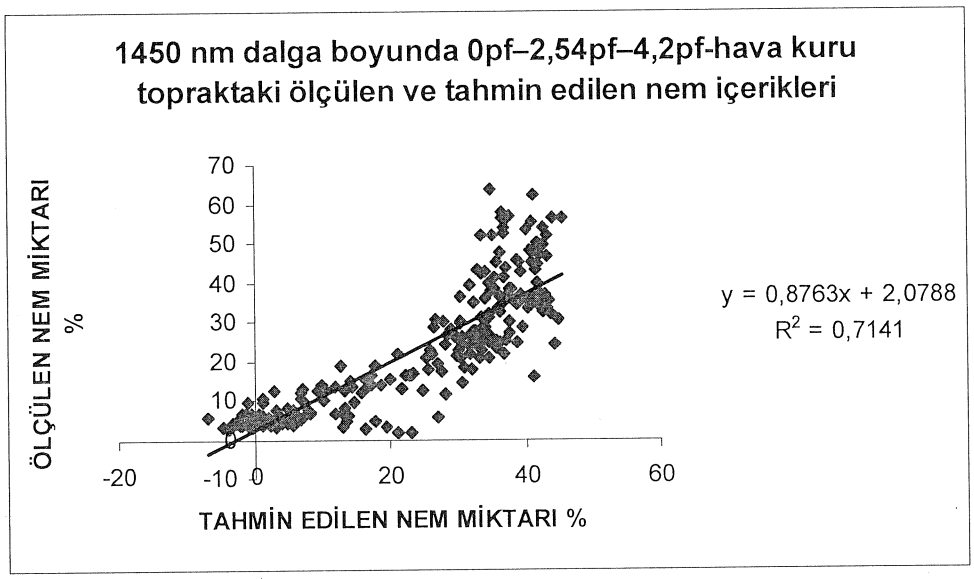
Excel istatistiksel değerlendirmesinde farklı dalga boyunda toprakta farklı tansiyonlarda tutulan nem içeriklerinin tahmini (0,1,2,2.54,4.2pF, 0,2.54,4.2,hava kuru toprak, 2.54,4.2,hava kuru toprak) üç farklı grupta yapılmıştır. Elde edilen ilişkiler Şekil 4.6 dan – Şekil 4.11 e kadar verilmiştir.

1450 nm dalga boyunda 0pF–1pF-2pF -2,54pF-4,2pF gibi değişik tansiyonlarda ölçülen nem içerikleri ile tahmin edilen nem içerikleri arasındaki ilişkiler r^2=0.46 olarak bulunmuştur.(Şekil 4.6)



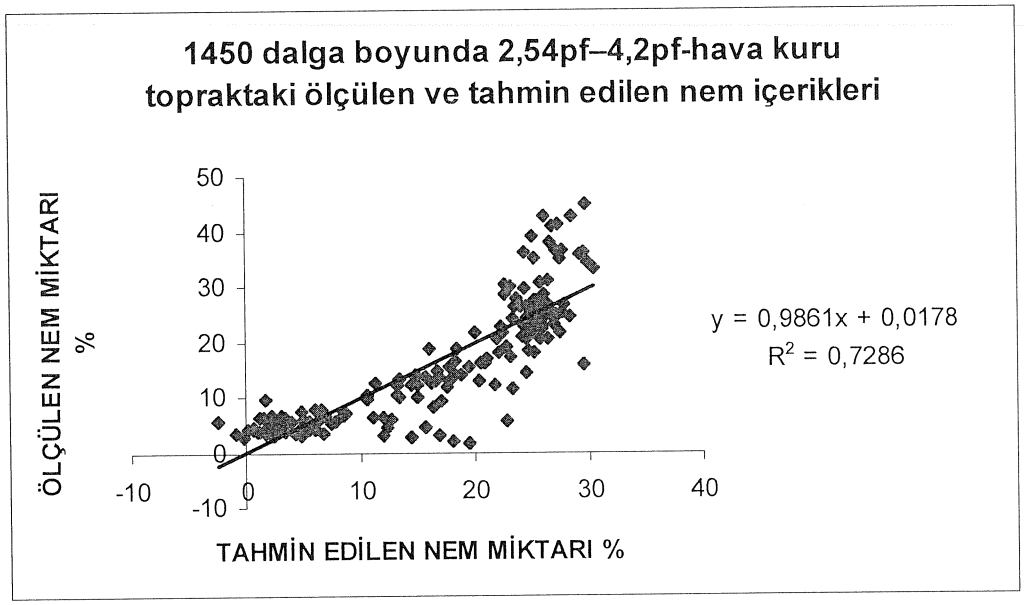
Şekil 4.6. 1450nm dalga boyunda 0pF–1pF-2pF- 2,54pF-4,2pF tansiyonlardaki ölçülen ve tahmin edilen nem içerikleri ilişkisi

1450 nm dalga boyunda 0, 2.54, 4.2 pF ve hava kuru toprakta ölçülen nem içerikleri ile tahmin edilen nem içerikleri arasındaki ilişkiler r^2=0.71 olarak bulunmuştur.(Şekil 4.7)



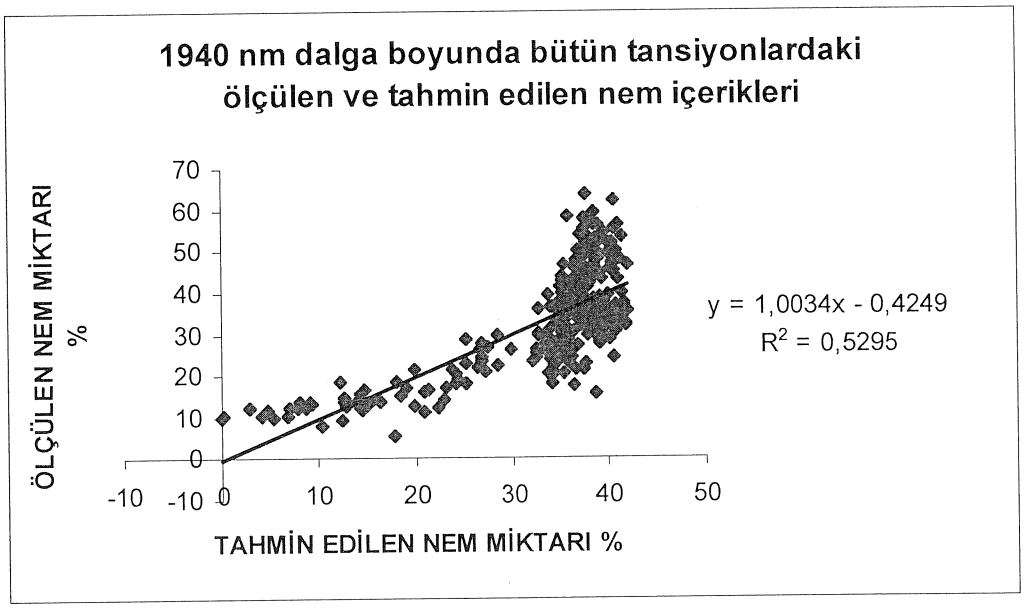
Şekil 4.7. 1450 nm dalga boyunda 0pF–2,54pF–4,2pF-hava kuru topraktaki ölçülen ve tahmin edilen nem içerikleri

1450 nm dalga boyunda 2.54, 4.2 pF ve hava kuru nem içeriğinde ölçülen nem içerikleri ile tahmin edilen nem içerikleri arasındaki ilişkiler r^2=0.72 olarak bulunmuştur.



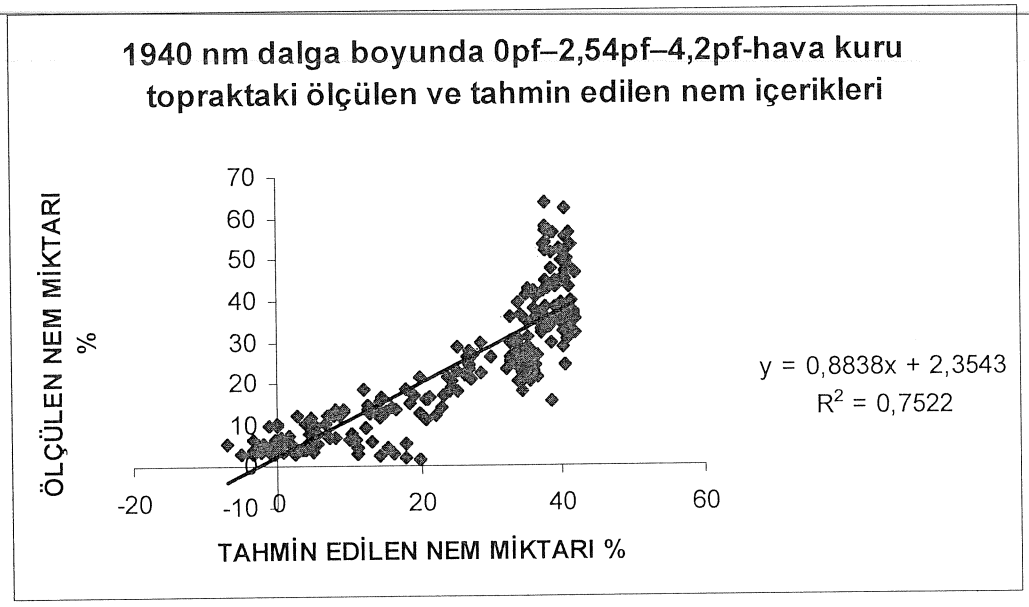
Şekil 4.8. 1450 nm dalga boyunda 2,54pF–4,2pF-hava kuru topraktaki ölçülen ve tahmin edilen nem içeriklerinin ilişkilendirilmesi

1940 nm dalga boyunda değişik tansiyonlarda ölçülen nem içerikleri ile tahmin edilen nem içerikleri arasındaki ilişkiler r^2=0.52 olarak bulunmuştur.(Şekil 4.9)



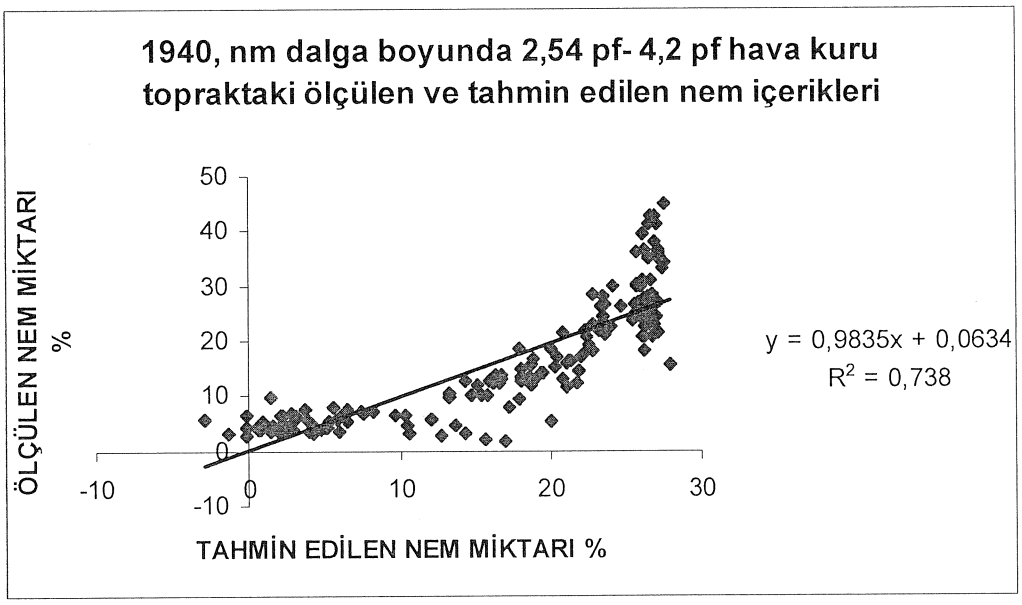
Şekil 4.9. 1940 nm dalga boyunda 0pF–1pF-2pF-2,54pF-4,2pF tansiyonlardaki nem içerikleri

1940 nm dalga boyunda 0,2.54,4.2 pF ve hava kuru nem içeriğinde ölçülen nem içerikleri ile tahmin edilen nem içerikleri arasındaki ilişkiler r^2=0.75 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.10. 1940 nm dalga boyunda 0pF–2,54pF–4,2pF-hava kuru topraktaki tahmin edilen ve ölçülen nem içeriklerinin ilişkilendirilmesi

1940 nm dalga boyunda 2.54,4.2 pF ve hava kuru nem içeriğinde ölçülen nem içerikleri ile tahmin edilen nem içerikleri arasındaki ilişkiler r^2=0.73 olarak bulunmuştur. (Şekil 4.11)



Şekil 4.11. 1940 nm dalga boyunda 2,54pF–4,2pF-hava kuru topraktaki tansiyonlardaki nem içerikleri

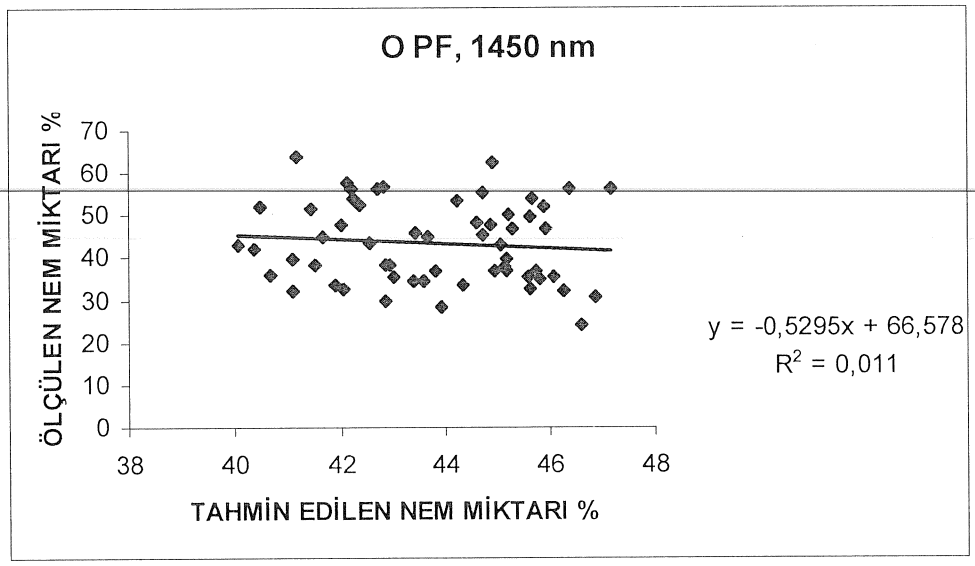
Farklı dalga boylarında elde edilen ilişkiler karşılaştırıldığında 1940 nm dalga boyunda elde edilen ilişkilerin 1450nm dalga boyunda elde edilen ilişkilere göre çok az yüksek olduğu görülmektedir. De Jong.,(2002). özellikle topraklardan olan yansımada 1.4 ve 1.9 μm deki hidroksil grubu ve 0.97, 1.20 ve 1.77 μm deki bantlar su için baskın soğurulma bandlarını içerdiği bildirmiştir. Benzer şekilde yansıma grafiklerinde bu soğurulma bandlarında ayırımın en iyi şekilde ortaya çıktığı ve nem içeriğindeki artışla yansımanın azalışının düzenli şekilde izlenebildiği görülmektedir.

Farklı tansiyonlarda tutulan nem gruplarına göre ilişkiler değerlendirildiğinde, elde edilen yansıma grafiklerinden ve rutubet karakteristik eğrilerinden de görüleceği gibi düşük tansiyonlarda (1 ve 2 pF) nem içeriklerinin birbirine yakın değerlerde olmasından dolayı yansımalarda ayırımın zor olduğu görülmektedir. Bu nedenden dolayı değişik tansiyonlarda tutulan nem içeriklerinin tamamı değerlendirmeye alındığında elde edilen ilişkiler daha düşük (1450 nm'de r^2=0.46, 1940 nm'de r^2=0.52) iken, 1 ve 2 pF'de tutulan nem içerikleri değerlendirme dışı bırakıldığında

ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişkinin her iki dalga boyunda da r^2=0.70'in üzerinde önemli oranda arttığı görülmektedir. Mouazen ve ark.(2005) topraktan olan yansımadaki artışın veya soğurmadaki azalmanın toprak neminin azalmasının bir göstergesi olduğunu bildirmişlerdir.

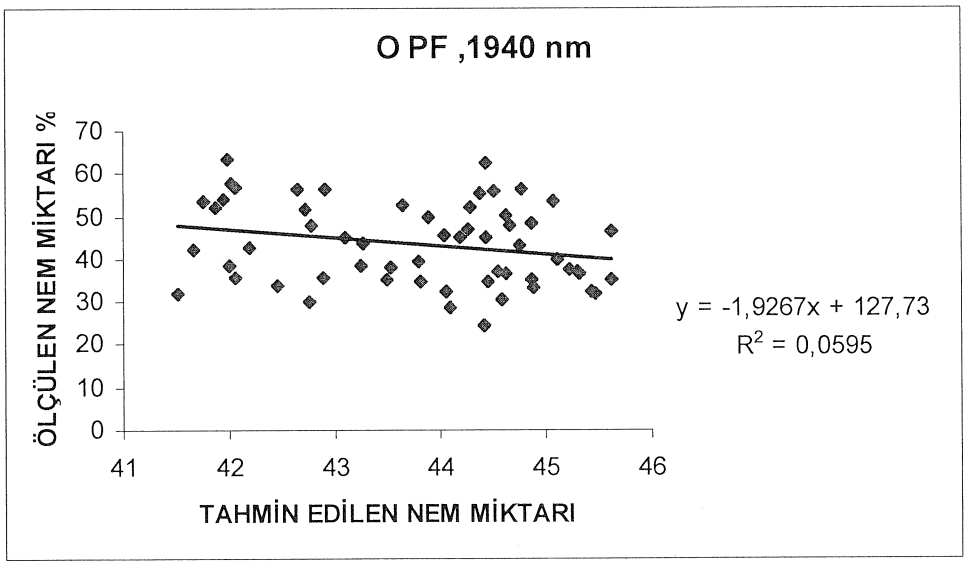
Excelde 0 – 1 – 2 – 2,54 ve 4,2 pF lerde tutulan nem içerikleri tek tek değerlendirildiğinde ise ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişkilerin çok düşük olduğu görülmüştür. 0 pF ve 4.2 pF için grafikler Şekil 4.12 – 4.15'e kadar verilmiştir. Diğer tansiyonlardaki ilişkiler Ek III'te belirtilmiştir. En yüksek ilişkiler (r^2=0.75) 1940 nm dalga boyunda 0pF–2,54pF–4,2pF-hava kuru topraktaki nem içeriklerinin değerlendirmeye alındığı durumda elde edilmiştir.

0 pF deki yansıma değerleri, tahmin edilen nem içeriklerinin yansıma değerleri 1450 nm dalga boyunda ilişkilendirildiğinde ilişkilerin çok düşük olduğu görülmüştür.(Şekil 4.12)



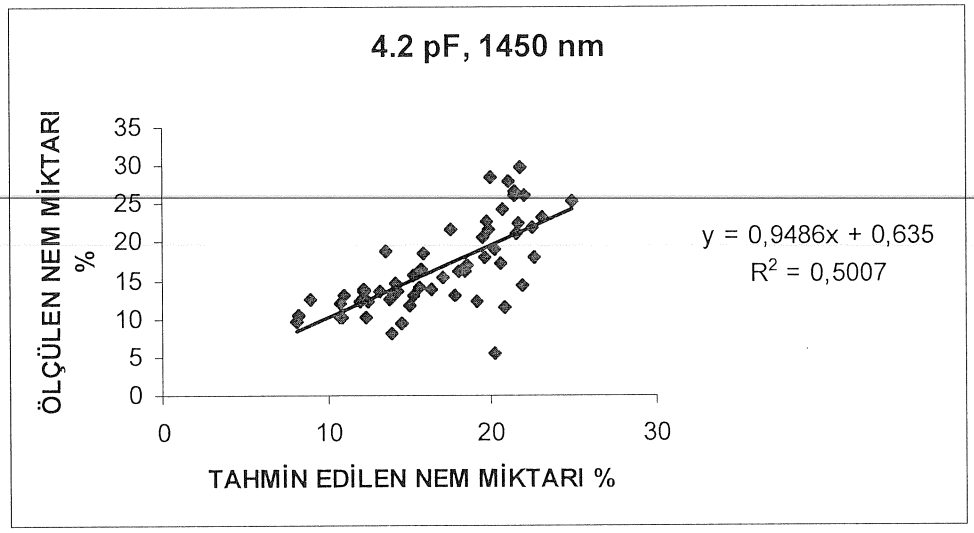
Şekil 4.12 1450 nm dalga boyunda 0 pF'in ölçülen ve tahmin edilen nem içeriklerinin ilişkilendirilmesi

0 pF deki yansıma değerleri, tahmin edilen nem içeriklerinin yansıma değerleri 1940 nm dalga boyunda ilişkilendirildiğinde ilişkilerin çok düşük olduğu görülmüştür. (Şekil 4.13)



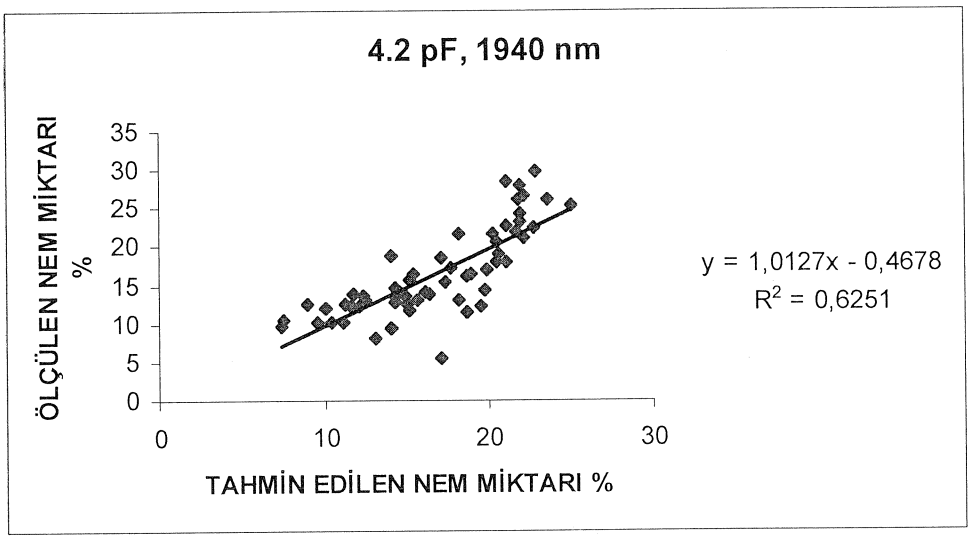
Şekil 4.13 1940 nm dalga boyunda 0 pF'in ölçülen ve tahmin edilen nem içeriklerinin ilişkilendirilmesi

4,2 pF deki yansıma değerleri, tahmin edilen nem içeriklerinin yansıma değerleri 1450 nm dalga boyunda ilişkilendirildiğinde ilişkilerin çok düşük olduğu görülmüştür. (Şekil 4.14)



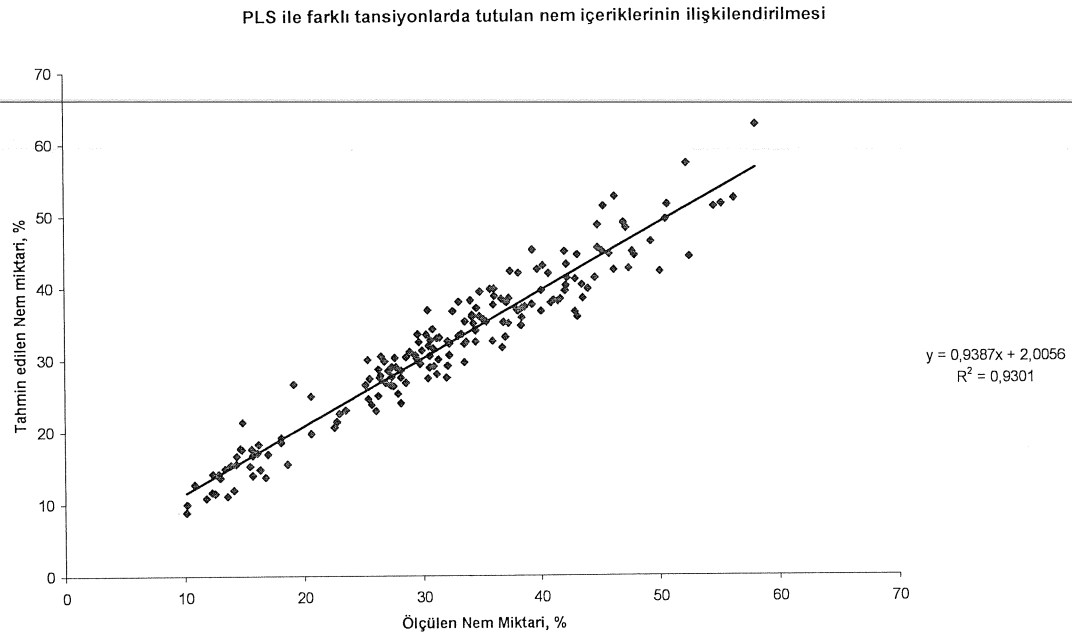
Şekil 4.14 1450 nm dalga boyunda 4.2 pF'in ölçülen ve tahmin edilen nem içeriklerinin ilişkilendirilmesi

4,2 pF deki yansıma değerleri, tahmin edilen nem içeriklerinin yansıma değerleri 1940 nm dalga boyunda ilişkilendirildiğinde ilişkilerin çok düşük olduğu görülmüştür. (Şekil 4.15)



Şekil 4.15 1940 nm dalga boyunda 4.2 pF'in ölçülen ve tahmin edilen nem içeriklerinin ilişkilendirilmesi

Değişik tansiyonlarda ölçülen nem içerikleri ile tahmin edilen nem içerikleri arasındaki ilişkiler örneklerin bir bölümünde PLS istatistiksel analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bütün basınçlardaki toprak nem içeriklerinin ölçülen değerleri ile tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki r^2=0.93 düzeyinde önemli bulunmuştur. (Şekil 4.16)



Şekil 4.16. PLS yöntemi ile farklı tansiyonlardaki nem içeriklerinin değerlendirilmesi

Yakın kızılötesi yansıma tekniği kullanılarak toprakta değişik basınçlarda tutulan nem içeriklerinin tahmin edilmesinde kullanılan iki farklı istatistiksel yöntemde farklı sonuçlar elde edilmiştir. PLS analiz yöntemi ile yapılan değerlendirmede Excel ile yapılan değerlendirmelere göre daha yüksek ilişkiler bulunmuştur. Chang *et al.*,(2001) nin sınıflandırmasına göre kalibrasyon r^2 <0.5 olduğunda parametrelerin belirlenebilirliği düşük olarak değerlendirilmektedir. Buna göre Excel ile yapılan değerlendirmelerde elde edilen sonuçlar bu sınıflandırmaya göre kullanılabilir olarak değerlendirilmektedir. Excelin PLS'e göre kolaylıkla uygulanabilen bir yöntem olması kullanıcılar açısından avantaj olarak değerlendirilebilir. Ancak, elde edilen ilişkinin yüksek olması nedeniyle PLS analiz yönteminin daha uygun olacağı düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR

Hava kuru nem içeriğinde, rastgele seçilen kalibrasyon ve validasyon örnek setleri kullanılarak oluşturulan PLS modelleri ile Yuvaca çalışma alanında da, kireç (r^2:0.73), OM (r^2:0.79), kum (r^2:0.62) ve kil (r^2:0.72)gibi toprak özellikleri başarıyla tahmin edilebilmiştir.

Toprakta farklı tansiyonlarda tutulan nem içeriklerinde excel'de yapılan değerlendirmelerde 1450 nm dalga boyunda bütün tansiyonlarda toprak neminin belirlenebilirliği r^2= 0.46 olarak daha düşük, ,0 pF, 2.54 pF, 4.2 pF ve hava kuru toprak nemi ile yapılan değerlendirmelerde (r^2= 0.71) ve 2.54 pF,4.2 pF ve hava kuru toprakta elde edilen r^2 = 0.71 olarak daha yüksek değerlerde bulunmuştur. 1940 dalga boyunda ise bütün tansiyonlarda toprak neminin belirlenebilirliği r^2= 0.52 olarak, 0 pF, 2.54 pF, 4.2 pF ve hava kuru toprak nemi ile yapılan değerlendirmelerde r^2= 0.75 ve 2.54 pF, 4.2 pF ve hava kuru toprakta elde edilen r^2 = 0.73 olarak bulunmuştur. Excelde yapılan çalışmalarda en yüksek ilişkiler 0 pF, 2.54 pF, 4.2 pF ve hava kuru toprakta olan yansımaların birlikte analizi ile elde edilmiştir. Örneklerin bir bölümünde bütün tansiyonlar için PLS analiz yöntemi kullanıldığında tahmin edilen nem değerleri ile ölçülen nem değerleri arasındaki ilişki Excelde kurulan ilişkilere göre çok daha yüksek (r^2=0.93) olarak hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda PLS yöntemi kullanıldığında yüksek doğrulukta sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Ancak Excelde elde edilen ilişkiler daha düşük olmakla beraber yöntemin kullanım kolaylığı nedeniyle değerlendirmelerde kullanılabileceği düşünülmektedir.

NIR tekniği ile tahmin edilen değerlerin doğruluğu rutin kimyasal analizlere göre kısmen daha düşük olabilir, ancak ucuz, çevreye zarar vermeyen ve geniş alanlarda daha kısa aralıklarla çok sayıda örnekte çalışabilme imkanı sağlaması özelliklerinden dolayı belli toprak özelliklerinde alternatif bir analiz yöntemi olarak kabul edilebilir.

KAYNAKLAR

Al-Abbas, A.H., Swaın, P.H., and Baumgardner, M.F. Relating Organic Matter and Clay Content to the Multispectral Radiance of Soils. Soil Sci. 114, 447-485, (1972).

Aydın, G. ve ark. (2008) Near – Infrared (NIR) Yansıma Tekniği Kullanılarak Söke Ovası (Aydın) Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenebilirliği Üzerine Bir Araştırma

Atatanır, L. 2004. Ikonos Sayısal Uydu Verilerinin Detaylı Toprak Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılma Olanaklarının Ege Bölgesinde Seçilen Örnek Bir Alanda Araştırılması , Doktora Tezi, Adana

Ben-Dor, E.,Banın, A., 1995 Near Infrared Analysis as a Rapid Method to Simultannesously Evaluate Several soil Properties. **Soil Sci. Soc. Am. Journal.**, 59:364-372.

Bouyoucos, G.J. (1951).Arecabilration of the Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. **Agronomy Journal**, 43, 434-438.

Bogrekci, I. and Lee, W. S. , 2004. Determining Phosphorus Concentration using Spectral Reflectance of Grass and Soil Samples in the Lake Okeechobee basins in UV, VIS, and NIR Regions

Bogrekci I. , Lee W. S. , 2006. Effects of soil moisture content on absorbance spectra of sandy soils in sensing phosphorus concentrations using UV-VIS-NIR spectroscopy.

Bowers, S.A., and Hanks, R.J., (1965) Reflection Of Radiant Energy From Soils. Soil Sci. 100, 130-138.

Chang C.-W., Laird D. A., Mausbach M. J. and Hurburgh C. R., Jr. 2001. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy–Principal Components Regression Analyses of Soil Properties [http://soil.scijournals.org].

Cozzolino, D, Moron, A., 2003. The potential of near-infrared reflectance spectroscopy to analyse soil chemical and physical characteristics. Journal of Agricultural Science (2003), 140:1:65-71 Cambridge University Pres Cambridge University Pres doi:10.1017/S0021859602002836

Dalal, R. C., Henry. R. J., 1986. Simultenous Determination of Moisture, Organic Carbon and Total Nitrogen by Near Infrared Reflectance Spect. **Soil Science Soc. Of America J**. 50.120-123.

Dardenne, P., Sınnaeve, G., Beaten, V., Multivariate Calibration And Chemometrics For Near Infrared Spectroscopy: Which Method? **Journal of Near Infrared Spectroscopy** 8, 229-237, (2000).

De Jong, S.M. Applications of reflective remote sensing for land degradation studies in a Mediterranean environment, Ned. Geogr. Stud. 177, (1994).

Dilawari G., Kaleita A., 2006.Analysis of the Influence of Soil Roughness, Surface Crust and Soil Moisture on Spectral Reflectance

DMİ, 2002. Aydın İline ait iklim verileri, Aydın Meteoroloji Müdürlüğü, Aydın

Haubrock S. -N.,Chabrillat; S., Lemmnitz C.; Kaufmann, H., 2008. Surface soil moisture quantification models from reflectance data under field conditions. **International Journal of Remote Sensing**, Volume 29, pages 3 – 29

Gırard, M. C., and Gırard, C. M., (1988)Télédétection appliquée aux zones temperées et intertropicales , Paris: Mason,.

Mouazen, A.M., R. Karoui, J. De Baerdemaeker, H.Ramon, Classification of soil texture classes by using soil visual near nfrared spectroscopy and factorial discriminate analysis techniques. **J. Near Infrared Spectroscopy**. 13, 231-240, (2005).

Mouazen A. M., Karoui R., Baerdemaeker J. De and Ramon H., 2006.Characterization of Soil Water Content Using Measured Visible and Near Infrared Spectra [http://soil.scijournals.org]

Morra, M.J, Hall, M.H., Freeborn, L.L., Carbon And Nitrogen Analysis of Soil Fractions Using Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. **Soil Sci.Soc. Am. J.**, 55, 288-291, (1991).

Moron, A., Cozzolino D., 2003. Exploring the Use of Near Infrared Reflectance Spectroskopy to Study Physical Properties and Micronutrient in soils. **J. Near Infrared Spectroskopy** . 11,145-154.

Öztekin, M. E. 2003. Farklı Toprak Çeşitlerinde Ölçülen Radyometrik Yansıma Değerleri ile Sayısal Verileri Arasındaki İlişkilerin Ortaya Konulması Üzerine çalışmalar. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana

Sun JY, Li MZ, Zheng LH, Hu YG, Zhang XJ., 2006. Real-time analysis of soil moisture, soil organic matter, and soil total nitrogen with NIR spectra

U.S. Salınıty Laboratory Staff, (1954) "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils" Handbook 60, Washington, D.C. USA.

Reevles, R. G., Anson, A. And Landen, D., 1974. Manual of Remote Sensing American Society of Photogrammetry Vol:11 Washington D. C.

Velasquez, E., Lavelle, P., Barrios, E., Joffre, R., Reversat, F., 2004. Evaluating Soil Quality in Tropical Agroecosystems of Colombia Using NIRS

Villaseñor, V., Veronica., Cornejo, C., Camilo. and Mylavarapu, Rao. 2007. "How Soil Moisture Content Affects Near-Infrared Reflectance of Sandy Soils" *Paper presented at the annual meeting of the* soil and water conservation society, *Saddlebrook Resort, Tampa, Florida.*

Zornoza,R., Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Scow, K.M.,Arcenegui, V. and Mataix-Beneyto, J. 2008. Near infrared Spectroscopy for Determination of Various Physical, Chemical and Biochemical Properties in Mediterranean soils. GEA (Grupo de Edafología Ambiental), Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández, Avda. de la Universidad s/n, 03202 Elche, Alicante, Spain.

Wetzel, D.L., (1983) Near-infrared reflectance analysis: Sleeper among spectroscopic techniues. Anal. Chem. 55, 1165A-1176A.

Whalley W. R. ; Leeds-Harrison P. B. ; Bowman G. E. , 1991. Estimation of Soil Moisture Status Using Near Infrared Reflectance. Hydrological processes . 1991, vol. 5, n 3, pp. 321-327

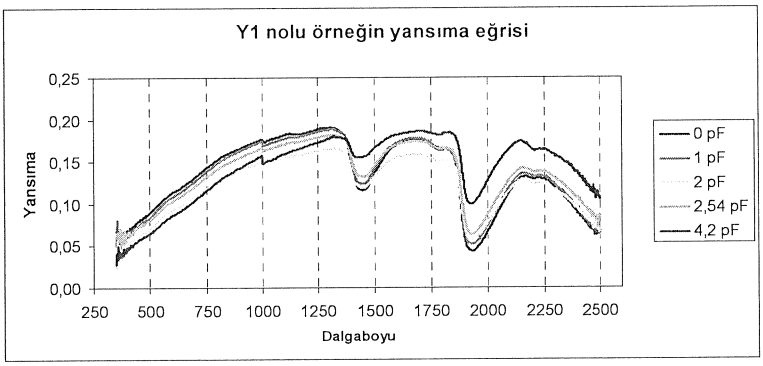
EKLER

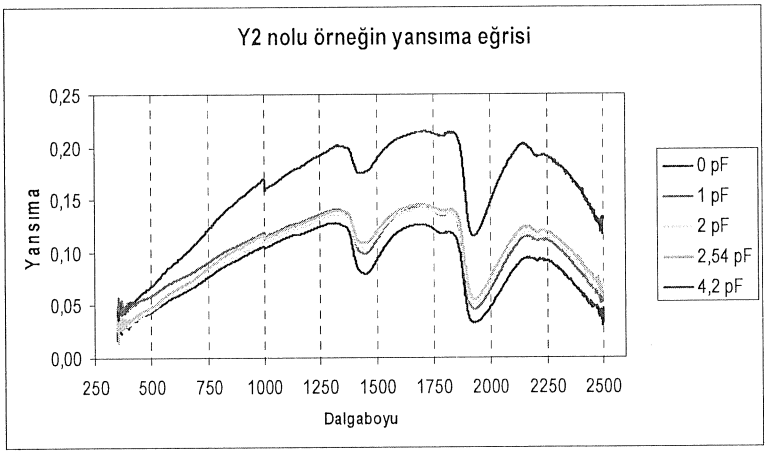
EK I Çalışma alanı TDR okumaları

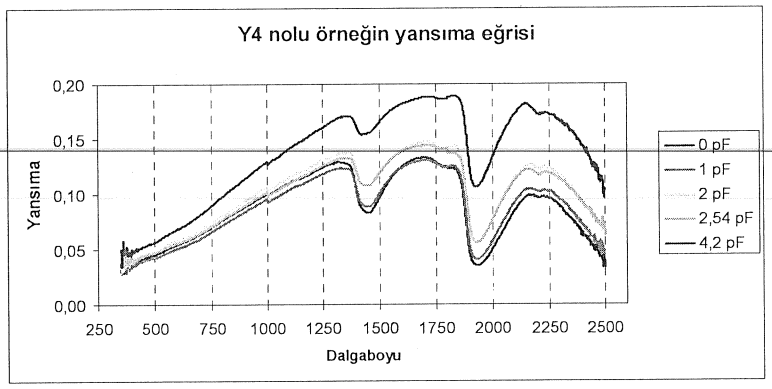
YUVACA TDR OKUMALARI											
Örnek No	1. Oku.	2. Oku.	3. Oku.	4. Oku.	*ORT.*	Örnek No	1. Oku.	2. Oku.	3. Oku.	4. Oku.	*ORT.*
Y1	*10,9*	*11,6*	*12,4*	*11,1*	11,50	**Y54**	*23,7*	*31,5*	*28,9*	*27,9*	28,00
Y2	*26,8*	*29,7*	*28,4*	*24,2*	27,28	**Y55**	*24,9*	*28,6*	*26,5*	*22,8*	25,70
Y3	*11,3*	*13,7*	*15,4*	*14,6*	13,75	**Y56**	*28,5*	*27,2*	*28,3*	*26,6*	27,65
Y4	*15,5*	*13,3*	*15,6*	*12,8*	14,30	**Y57**	*17*	*15,9*	*11,1*	*19,1*	15,78
Y5	*27,7*	*28,2*	*26,7*	*26,1*	27,18	**Y58**	*29,3*	*31,7*	*24,1*	*27,7*	28,20
Y6	*31,6*	*32,1*	*32,6*	*33,1*	32,35	**Y59**	*10,6*	*9,2*	*10,8*	*10*	10,15
Y7	*34,8*	*34,7*	*32,8*	*31,6*	33,48	**Y60**	*13,4*	*12,9*	*12,1*	*12,1*	12,63
Y8	*19,6*	*17,9*	*19,5*	*17,3*	18,58	**Y61**	*24*	*27,2*	*21,7*	*18,7*	22,90
Y9	*39,6*	*38,2*	*38,2*	*38,3*	38,58	**Y62**	*25*	*17,9*	*25,1*	*27,4*	23,85
Y10	*42,8*	*44,9*	*46,1*	*45,8*	44,90	**Y63**	*30,7*	*27,8*	*23,3*	*32,3*	28,53
Y11	*17,3*	*19,1*	*17,6*	*15,8*	17,45	**Y64**	*29,3*	*22,9*	*26*	*28*	26,55
Y12	*15,6*	*23,5*	*26,2*	*23,9*	22,30	**Y65**	*31,2*	*30,9*	*30,2*	*31,9*	31,05
Y13	*31,9*	*31,8*	*33,7*	*33,7*	32,78	**Y66**	*19,6*	*21,3*	*23,5*	*23,9*	22,08
Y14	*30*	*23,6*	*27,6*	*22,4*	25,90	**Y67**	*24*	*25,9*	*22,2*	*25,8*	24,48
Y15	*36,5*	*34*	*33,7*	*36,7*	35,23	**Y68**	*28*	*27,1*	*30,4*	*23,5*	27,25
Y16	*35,2*	*30,9*	*34,7*	*34,8*	33,90	**Y69**	*20,7*	*22,8*	*23,3*	*22,6*	22,35
Y18	*36,4*	*38,2*	*36*	*37,8*	37,10	**Y70**	*33,1*	*29,2*	*29,2*	*27,7*	29,80
Y19	*32,5*	*38,4*	*37,4*	*38,6*	36,73	**Y71**	*15,3*	*13*	*16,1*	*14,4*	14,70
Y20	*19,6*	*22,7*	*19,4*	*17,4*	19,78	**Y72**	*21,7*	*19,8*	*20,9*	-	20,80
Y21	*32*	*30,7*	*31,4*	*29,5*	30,90	**Y73**	*19,8*	*26,9*	*23,9*	*25,5*	24,03
Y22	*44,1*	*46,6*	*46*	*45,6*	45,58	**Y74**	*17,5*	*14,6*	*17,6*	*16,4*	16,53
Y23	*28,5*	*34,4*	*34,6*	*37,6*	33,78	**Y75**	*18,9*	*22,5*	*19,1*	*26,7*	21,80
Y24	*23,4*	*27,1*	*28,2*	*23,3*	25,50	**Y76**	*21,3*	*22,6*	*21,5*	*19*	21,10
Y25	*26,7*	*26,2*	*23,4*	*26,3*	25,65	**Y77**	*21,3*	*22,5*	*26,2*	*22,5*	23,13
Y26	*32*	*30,6*	*33*	*33,6*	32,30	**Y78**	*25,3*	*30,5*	*20,3*	*19,7*	23,95
Y27	*27,6*	*24,9*	*24*	*27*	25,88	**Y79**	*15,8*	*11,4*	*16,1*	*13,4*	14,18
Y28	*22,8*	*24,1*	*20,2*	*25,9*	23,25	**Y80**	*21,3*	*17*	*17,6*	*14,6*	17,63
Y29	*31,2*	*31,9*	*32,3*	*31*	31,60	**Y81**	*11,9*	*12,6*	*13,8*	*13,5*	12,95
Y31	*36,1*	*34,1*	*32,4*	*33,9*	34,13	**Y82**	*13,4*	*10,8*	*15,5*	*13,7*	13,35
Y32	*32,5*	*31,8*	*33,9*	*34,4*	33,15	**Y83**	*40,8*	*39,8*	*40,2*	*37,2*	39,50
Y33	*28,2*	*25,9*	*28,2*	*23,1*	26,35	**Y84**	*31,2*	*32,6*	*31,7*	*30,5*	31,50
Y34	*30*	*28,7*	*32,1*	*36,3*	31,78	**Y85**	*20,7*	*20,5*	*22,9*	*20,7*	21,20
Y35	*39*	*40*	*38,6*	*40,6*	39,55	**Y86**	*26,8*	*28,1*	*29*	*29,5*	28,35
Y37	*6,7*	*8,4*	*8,4*	*8,4*	7,98	**Y87**	*28,3*	*31,6*	*29,6*	*29,2*	29,68
Y38	*32*	*28,1*	*33,6*	*32,8*	31,63	**Y88**	*31,4*	*30,4*	*33,7*	*30*	31,38
Y39	*30,9*	*33*	*36,7*	*31,6*	33,05	**Y89**	*24,1*	*21,8*	*25,3*	*25,7*	24,23
Y40	*18,9*	*22,8*	*23,5*	*18,8*	21,00	**Y90**	*27,7*	*23,6*	*23,9*	*22*	24,30
Y41	*25,4*	*22,4*	*20,6*	*24,5*	23,23	**Y91**	*28,3*	*27,9*	*26,8*	*30,4*	28,35
Y42	*16,9*	*20,5*	*17,4*	*19,5*	18,58	**Y92**	*17*	*20,6*	*21,9*	*18,1*	19,40
Y43	*16,3*	*19*	*17,9*	*20,7*	18,48	**Y93**	*23*	*23,5*	*23,7*	*24,2*	23,60
Y44	*29,1*	*30,1*	*30,2*	*28,9*	29,58	**Y94**	*25,5*	*27,2*	*27,2*	*31*	27,73
Y45	*27,5*	*27,8*	*28,3*	*25,7*	27,33	**Y95**	*29,5*	*29,4*	*25,8*	*25,9*	27,65
Y46	*22,6*	*25,7*	*23,7*	*23,4*	23,85	**Y96**	*17,5*	*15,2*	*15,8*	*17*	16,38
Y47	*35*	*31,8*	*28,2*	*31,3*	31,58	**Y97**	*14,6*	*18*	*14*	*15,6*	15,55
Y48	*35,9*	*37,4*	*36,2*	*37,8*	36,83	**Y98**	*28,6*	*23,6*	*22,8*	*27,7*	25,68
Y49	*14,2*	*13*	*15,6*	*16,1*	14,73	**Y99**	*26,2*	*21,2*	*24,8*	*21,4*	23,40
Y50	*15,2*	*13,8*	*12,7*	*12,9*	13,65	**Y100**	*12,6*	*17,2*	*20*	*17,9*	16,93
Y51	*29,3*	*27,8*	*25,5*	*28,7*	27,83	**Y101**	*21,3*	*22,6*	*22,3*	*23,1*	22,33
Y52	*32,9*	*26,7*	*31,2*	*31,4*	30,55	**Y102**	*22,6*	*26,9*	*22,8*	*20,8*	23,28
Y53	*29,2*	*30,9*	*31,2*	*28,4*	29,93	**Y103**	*24,5*	*19,4*	*22,5*	*22,6*	22,25

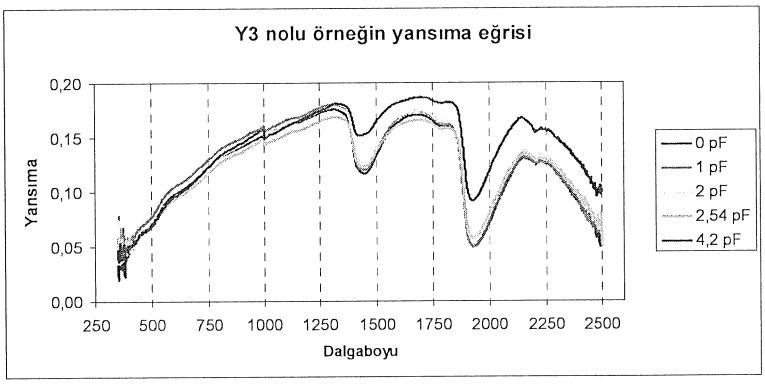
YUVACA TDR OKUMALARI											
Örnek No	1. Oku.	2. Oku.	3. Oku.	4. Oku.	*ORT.*	Örnek No	1. Oku.	2. Oku.	3. Oku.	4. Oku.	*ORT.*
Y104	*22,1*	*22*	*23,7*	*23,3*	22,78	**Y113**	*25,2*	*26,9*	*26,4*	*34,6*	28,28
Y105	*30,7*	*24,9*	*30,2*	*27,3*	28,28	**Y114**	*15,9*	*16,3*	*17,1*	*19,3*	17,15
Y106	*19,6*	*15,4*	*14,6*	*18,9*	17,13	**Y115**	*19,1*	*19*	*19*	*14,4*	17,88
Y107	*36,6*	*35,6*	*37,3*	*37,1*	36,65	**Y116**	*19,6*	*18,5*	*21*	*21,3*	20,10
Y108	*30,6*	*33,7*	*34,2*	*32,9*	32,85	**Y117**	*20,9*	*21*	*20,4*	*21,1*	20,85
Y109	*32,1*	*30,4*	*29,5*	*29*	30,25	**Y118**	*28,1*	*27,4*	*27,5*	*28,1*	27,78
Y110	*33,3*	*32*	*33,6*	*27,4*	31,58	**Y119**	*18,9*	*21,7*	*20,7*	*21,6*	20,73
Y111	*30,9*	*31,4*	*34,7*	*34,3*	32,83	**Y120**	*19,9*	*20*	*23,5*	*24*	21,85
Y112	*20,2*	*29,6*	*27,5*	*27,5*	26,20						

EK II Farklı nem içeriklerindeki yansıma okumalarının grafikleri

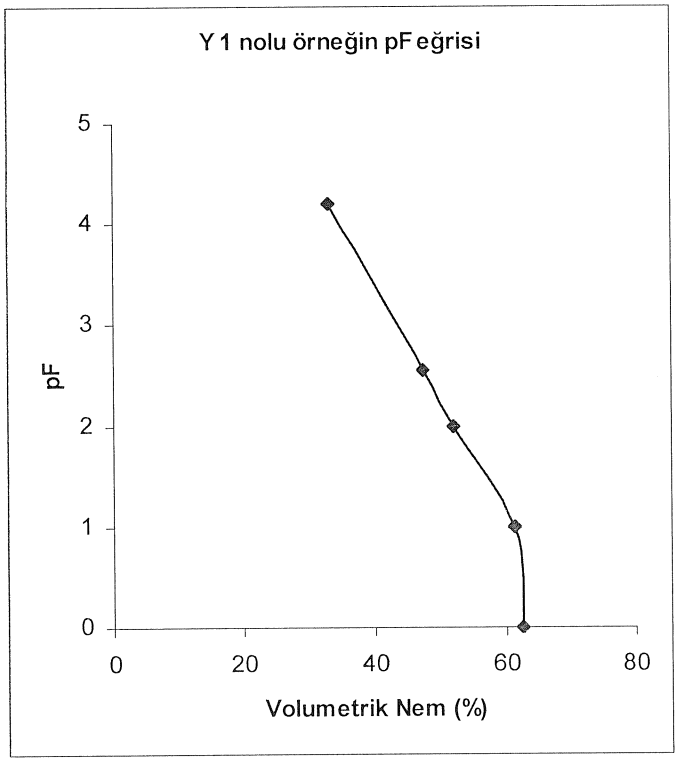


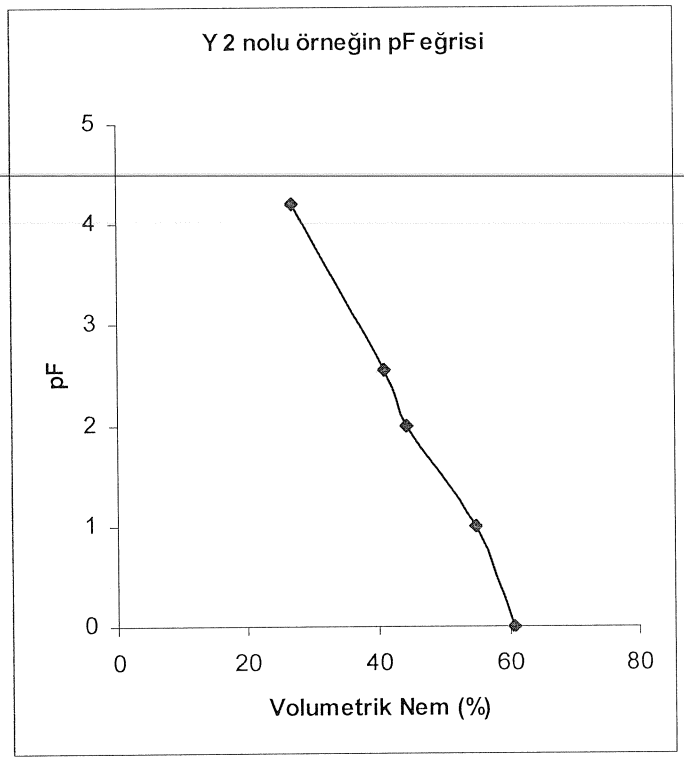


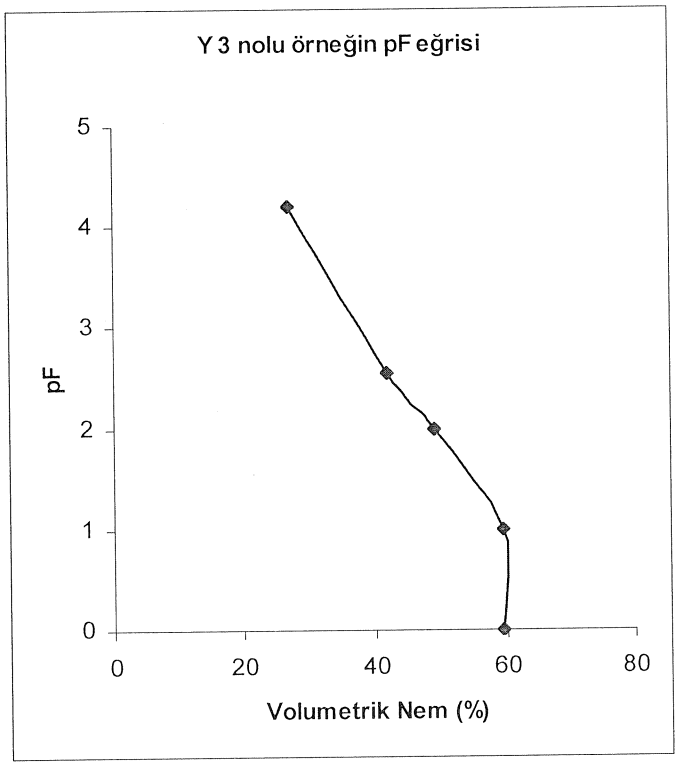


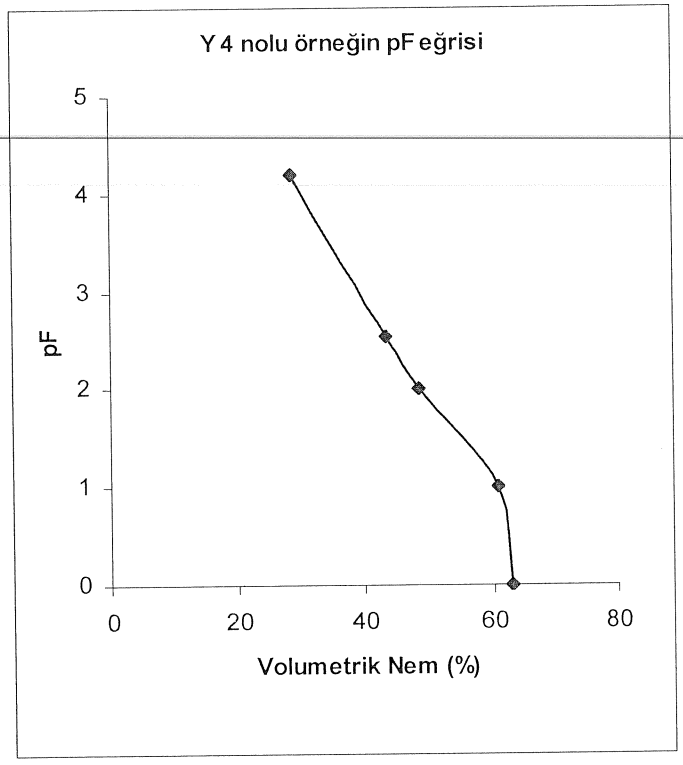


EK III çalışma alanına ait örnekleme noktalarının pF eğrileri






Y 3 nolu örneğin pF eğrisi
pF
5
4
3
2
1
0
0
20
40
60
80
Volumetrik Nem (%)


Y 4 nolu örneğin pF eğrisi
pF
5
4
3
2
1
0
0
20
40
60
80
Volumetrik Nem (%)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :MUSTAFA HORZUMLU
Doğum Yeri ve Tarihi : 17 / 08 / 1981

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
Yüksek Lisans Öğrenimi : ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
Bildiği Yabancı Diller : İNGİLİZCE

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar
-SCI
-Diğer
b) Bildiriler
-Uluslararası
-Ulusal
c) Katıldığı Projeler

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl :

İLETİŞİM

E-posta Adresi :mustafa_horzumlu@yahoo.com

Tel 0 535 860 1187

Tarih :14 / 08 / 2009