T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

ADLİ KULLANIMLAR İÇİN TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN MEKÂNSAL DEĞİŞİMİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Yüsra İNCİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ ix
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 8
2.1. Toprak Karakterizasyonu ve Sınıflandırma 8
2.2. Enstrümental Analizler 17
2.3. Spektroradyometrik Yöntemler 24
2.4. Toprakların Adli Uygulamalarda Kullanımı 35
3. MATERYAL ve YÖNTEM 47
3.1. Çalışma Alanı 47
3.1.1. Çalışma alanı jeolojisi ve jeomorfolojisi 47
3.1.2. İklim özellikleri 50
3.1.3. Bitki örtüsü 52
3.1.4. Toprak özellikleri 52
3.2. Yöntem 52
3.2.1. Toprak profillerinin tanımlanması ve örneklerin alınması 52
3.2.2. Toprak örneklerinin analize hazırlanması 55
3.2.3. Toprak analizleri 55
3.2.4. Toprak sınıflandırması 56
3.2.5. Enstrümental analizler 56
3.2.5.1. Endüktif olarak birleştirilmiş plazma optik emisyon spektroskopisi (ICP-OES) 56
3.2.5.2. X-ışını floresan (XRF) spektroskopisi analizleri 57
3.2.5.3. Görünür ve yakın kızılötesi yansıma tekniği (VNIRS) metodolojisi 58
3.3. İstatistiksel Analizler 59
3.3.2. Temel Bileşenler Analizi (PCA) 60
3.3.3. Kısmi en küçük kareler regresyon analizi (PLSR) 60
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 62
4.1. Toprakların Morfolojik, Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 62
4.1.1. Çamur akıntıları üzerinde oluşan topraklar 62
4.1.2. Kireçtaşı üzerinde oluşan topraklar 74
4.1.3. Marn üzerinde oluşan topraklar 87
4.1.4. Bazalt üzerinde oluşan topraklar 100
4.1.4.1. Toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler 116
4.1.4.2. Rutin toprak analizi verilerine ait temel bileşenler analiz sonuçları 119
4.1.5. Toprakların sınıflandırılması 121
4.2. Ensturmental Analizler 123
4.2.1. ICP analizleri 123
4.2.2. ICP verilerine ait temel bileşenler analiz sonuçları 131
4.2.3. XRF analizleri 134
4.2.4. XRF verilerine ait temel bileşenler analiz sonuçları 143
4.3. Görülebilir ve Yakın Kızılötesi Spektroradyometre Analizleri 159
4.3.1. Toprak örneklerine ait yansımaların karakterizasyonu 159
4.3.2. PLSR model ile toprak parametrelerinin tahmini 163
4.3.3. Spektral verilere ait temel bileşenler analiz sonuçları 167
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 178
KAYNAKLAR 180
ÖZGEÇMİŞ 189
EKLER 190

ÖZET

Doktora Tezi

ADLİ KULLANIMLAR İÇİN TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN MEKÂNSAL DEĞİŞİMİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Yüsra İNCİ

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

Danışman: Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN
İkinci Danışman: Prof. Dr. A. Volkan BİLGİLİ
Yıl: 2022, Sayfa: 192

Topraklar son zamanlarda adli uygulamalarda kullanılan önemli kanıtlardan birisi olmuştur. Toprakların çok değişken ve dinamik bir yapıya sahip olması onları adli kullanımda faydalı hale getirirken onların kanıt olarak kullanımında da önemli zorluklara neden olmaktadır. Az miktarlardaki toprakların ekonomik, hızlı ve çok fazla kimyasal işlem gerektirmeyen yöntemlerle analiz edilerek kaynaklarının belirlenmesi adli bilim uygulamalarında önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada Şanlıurfa ilinde ki dört yaygın ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların profil tanımlanması yapılmış hem horizon esasına göre alınan örneklerde hem de bu profillerin çevresindeki işlenmiş ve işlenmemiş yüzey toprakları örneklerinin bazı morfoloik, fiziksel ve kimyasal özellikleri geleneksel, enstrümental (ICP, XRF) ve spektroradyometrik (Görülebilir ve Kızılötesi Spektroradyometre - VNIRS) yöntemler ile incelenmiş ve kemometrik tekniklerle (Temel Bileşenler Analizi (PCA), Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu (PLSR)) toprakların adli kullanımlar için kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre Toprak profilleri Toprak Taksonomisine göre İnceptisol ve Vertisol olmak üzere iki ordoda yer almaktadır. Toprak örneklerinin renginde önemli değişim, kil birikimi, kireç jips birikimi, farklı tekstür sınıfları ve ani tekstür değişimi, düzensiz organik madde dağılımı özellikleri gözlenmiştir. Farklı anamateryaller arasında kil, $CaCO_3$, SiO_2, Fe_2O_3 ve Al_2O_3 gibi parametreler bakımından önemli ayırt edilebilirlikleri belirlenmiştir. Toprak işleme durumlarına göre farklı anamateryaller üzerinde oluşmuş topraklar da XRF tekniğiyle belirlenen MgO içerikleri bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir ($p<0.01$). VNIRS-PLSR tekniğiyle toprak parametrelerinin tahmin edilebilirliği orta seviyede başarılı bulunmuştur ($0.59<R^2<0.75$). Farklı ana materyaller üzerinde önemli toprak değişkenliklerine sahip toprakların; az sayıdaki toprak sınıflandırma kategorilerinde yer almasından dolayı toprak taksonomisinin adli bilimlerin ihtiyaç duyduğu yeterli ayrım gücüne sahip olmadığı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Toprak, Adli Kullanım, XRF, VNIRS, PCA

ABSTRACT

PhD Thesis

DETERMINING THE SPATIAL CHANGE OF SOIL PROPERTIES FOR FORENSIC USES BY DIFFERENT METHODS

Yüsra İNCİ

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

Supervisor: Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN
Second Supervisor: Prof. Dr. A. Volkan BİLGİLİ

Year: 2022, Page: 192

Soils have recently been one of the important evidences used in forensic applications. The fact that soils have a very variable and dynamic structure makes them useful in forensic use, and also causes significant difficulties in their use as evidence. Determination of sources by analyzing small amounts of soil with economical, fast and non-chemical methods has become an important issue in forensic science applications. In this study, the profiles of the soils formed on four common parent materials in Şanlıurfa were defined, and some morphological, physical and chemical properties of the samples taken on the horizon basis in these profiles and also surface samples of tilled and untilled lands around these profiles were investigated using traditional, instrumental (ICP, XRF), spectroradiometric (Visible and Infrared Spectroradiometry Technique-VNIRS) tehcniques and the usability of soils for forensic uses was evaluated by chemometric techniques (Principal Components Analysis (PCA), Partial Least Squares Regression (PLSR)). According to the results of the research, soil profiles are in two orders, Inceptisol and Vertisol, according to Soil Taxonomy. Significant changes in the color of the soil samples, clay deposition, lime gypsum deposition, different texture classes and sudden texture change, irregular organic matter distribution were observed. Significant distinguishability between different parent materials was determined in terms of parameters such as clay, $CaCO_3$, SiO_2, Fe_2O_3 and Al_2O_3. Statistically significant differences were determined in terms of MgO contents determined by XRF technique of soils formed on different parent materials according to soil cultivation conditions ($p<0.01$). The predictability of soil parameters with the VNIRS-PLSR technique was found to be moderately successful ($0.59 <R^2<0.75$). It has been determined that soil taxonomy does not have the sufficient discrimination power required by forensic sciences because soils with significant soil variability on different parent materials are included in a small number of soil classification categories.

KEY WORDS: Soil, Forensic Use, XRF, VNIRS, PCA

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımda her türlü konuda desteğini esirgemeyen ilgi alakasını eksik etmeyen ve fikirleriyle ışık tutarak yolumu aydınlatan danışman hocam Prof.Dr. Recep GÜNDOĞAN' a, çalışmalarım boyunca yaptığım bütün işlerde her zaman yanımda olan ve bana ihtiyaç duyduğum her zaman vakit ayırarak yardımcı olan ikinci danışmanım Prof.Dr. Ali Volkan BİLGİLİ' ye, tez dönemi boyunca yaptığım çalışmaları değerlendirerek çalışmama yön veren tez izleme komitesi üyeleri sayın Prof.Dr. Salih AYDEMİR' e ve Prof.Dr. Ahmet KILIÇ' a da en içten duygularla teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamamım boyunca desteklerini herzaman hissettğim aileme eğitim hayatım boyunca bütün zor anlarımda yardımıma koştuğu ve desteklerini her daim hissettirdiği için rahmetli anneme, babama ve kardeşlerime ayrı ayrı teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam süresince evde bana ve çocuklarıma her türlü konuda yardımcı olan, karşıma çıkan tüm zorlukları benimle paylaşarak yükümü hafifleten, maddi manevi her türlü desteğini esirgemeyerek yanımda olduğunu her zaman hissettiren sevgili eşim Uzm.Dr. Mehmet İNCİ'ye ve bu zor süreçte zaman ve ilgilerini çalışmalarımı tamamlayabilmek için zaman zaman eksik ettiğim sevgili çocuklarım Adile Berfin, Zehra Berrak, Erva Irmak ,Ömer Miran ve Salih Servan'ıma en derin sevgi ve minnetlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Şanlıurfa ilinin Türkiye haritasındaki yeri 47
Şekil 3.2. Şanlurfa ili genelleştirilmiş jeoloji haritası (MTA, 1976) 48
Şekil 3.3. Çalışma alanında farklı ana materyal üzerinde açılan toprak profil noktaları 53
Şekil 3.4. Akçakale-Karadağ jeolojik kesit 54
Şekil 3.5. Spektroradyometre (ASD FieldSpec III) ile örnek okumaları....59
Şekil 4.1. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/1 nolu profil ve profil PI/1'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler 63
Şekil 4.2. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/1 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı 64
Şekil 4.3. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/2 nolu profil ve profil PI/2' ye ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler 67
Şekil 4.4. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/2 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı 68
Şekil 4.5. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/3 nolu profil ve profil PI/3'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler 71
Şekil 4.6. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/3 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı 72
Şekil 4.7. Kireç taşı üzerinde oluşan PII/1 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı 77
Şekil 4.8. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/2 nolu profil ve profil PII/2'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler....80
Şekil 4.9. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/2 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profildeki dağılımı 81
Şekil 4.10. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/3 nolu profil ve profil PII/3'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler....84
Şekil 4.11. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/3 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı 85
Şekil 4.12. Marnı üzerinde oluşan PIII/1 nolu profil ve profil PIII/1'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler....89
Şekil 4.13. Marnı üzerinde oluşan PIII/1 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı 90
Şekil 4.14. Marn üzerinde oluşan PIII/2 nolu profil ve profil PIII/2'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler....93
Şekil 4.15. Marn üzerinde oluşan PIII/2 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı 94
Şekil 4.16. Marn üzerinde oluşan PIII/3 nolu profil ve profil PIII/3'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler....97
Şekil 4.17. Marn üzerinde oluşan PIII/3 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı 98
Şekil 4.18. Bazalt üzerinde oluşan PIV/1 nolu profil ve profil PIV/1'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler....102
Şekil 4.19. Çıkrıkçı mehmetçik köyü PIV/1 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı 103
Şekil 4.20. Bazalt üzerinde oluşan PIV/2 nolu profil ve profil PIV/2'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler....106
Şekil 4.21. Çıkrıkçı mehmetçik köyü PIV/2 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı 107
Şekil 4.22. Bazalt üzerinde oluşan PIV/3 nolu profil ve profil PIV/3'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler....110
Şekil 4.23. Siverek yolu Viranşehir kavşağı PIV/3 nolu profile ait bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı 111

Şekil 4.24. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların Munselrenk ıskalası Chroma- Value, Chroma-Hue ve Value-Hue değerleri arasındaki ilişkiler 114
Şekil 4.25. Yüzey Horizonu Rutin Toprak Analizleri sonuçlarına ait Temel Bileşenler analizi Biplot (1-Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt).....119
Şekil 4.25. Farklı ana materyal üzerinde ICP ile belirlenen oksitlerin oransal dağılımı 126
Şekil 4.27.Yüzey Horizonu ICP sonuçlarına ait Temel bileşenler analizi biplot (PC1 ve PC3) (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt) 131
Şekil 4.28. Yüzey Horizonu, İşlenen, İşlenmeyen arazilere ait ICP sonuçlarına ait temel bileşenler analizi Biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt) 132
Şekil 4.29. Yüzey Horizonu, İşlenen, İşlenmeyen arazilerin ICP sonuçlarına ait varimax rotation-temel bileşenler analizi biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt) 133
Şekil 4.30. Farklı Anamateryal üzerinde XRF ile belirlenen oksitlerin oransal dağılımı.....137
Şekil 4.31. Yüzey Horizonu XRF sonuçlarına ait Temel Bileşenler analizi Biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt).....143
Şekil 4.32. Yüzey Horizonu XRF sonuçlarına ait Varimax rotation - Temel Bileşenler analizi Biplot (PC1 ve PC2) (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt).....144
Şekil 4.33. Yüzey Horizonu XRF sonuçlarına ait Varimax rotation- Temel Bileşenler analizi Biplot (PC1 ve PC3) (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt).....145
Şekil 4.34. Yüzey Horizonu, İşlenen –İşlenmeyen arazilere ait XRF sonuçlarına Temel Bileşenler analizi Biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt) 146
Şekil 4.35. Yüzey Horizonu, İşlenen –İşlenmeyen arazilere ait XRF sonuçlarına ait varimax rotation-temel bileşenler analizi Biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)...147
Şekil 4.36. Farklı ana materyaller üzerinde meydana gelmiş toprakların yüzey örneklerine ait oksitlerin (SiO_2 ve Al_2O_3) karşılaştırılması 151
Şekil 4.37. Farklı ana materyaller üzerinde meydana gelmiş toprakların yüzey örneklerine ait oksitlerin (SiO_2 ve Fe_2O_3) karşılaştırılması 151
Şekil 4.38. Farklı ana materyaller üzerinde meydana gelmiş toprakların yüzey örneklerine ait oksitlerin (CaO ve MgO)karşılaştırılması.....152
Şekil 4.39. Farklı ana materyaller üzerinde meydana gelmiş toprakların yüzey örneklerine ait oksitlerin (Al_2O_3 ve K_2O)karşılaştırılması.....152
Şekil 4.40. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş yüzey toprak örneklerinin SiO2/Al2O3 bakımından dağılımı 154
Şekil 4.41. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş yüzey toprak örneklerinin CaO/MgO bakımından dağılımı 154
Şekil 4.42. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş yüzey toprak örneklerinin SiO_2/Fe_2O_3 bakımından dağılımı 155
Şekil 4.43. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş yüzey toprak örneklerinin Al_2O_3/K_2O bakımından dağılımı 155
Şekil 4.44. Yüzey horizonlarına ait örneklerde XRF ile belirlenen bazı oksitelerin oranlarına ait PCA analiz sonucu biplot (1-Çamur akıntıları; 2- Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt) 156
Şekil 4.45.Toprak örneklerine ait ham spektral yansıma (R) (a) spekral absorbans değerleri (1/R) (b).....159
Şekil 4.46. Farklı ana materyallerin yüzey horizonlarına ait spektral yansımalar (1: Çamur akıntıları, 2: Kireçtaşı, 3: Marn ve 4: Bazalt ana materyal yüzey horizonları) 160
Şekil 4.47. $CaCO_3$ (a) ve Jips ($CaSO_4.7H_2O$) (b) içeriği zengin olan topraklara ait ham yansımalar ve spesifik adsorpsiyon pikleri.....162
Şekil 4.48. PLSR modeli çapraz doğrulama kalibrasyon ve tahmin grafikleri.....164
Şekil 4.49. PLSR modeli çapraz doğrulama kalibrasyon ve tahmin grafikleri.....165
Şekil 4.50. Yüzey horizonu ham spektral verilere ait temel bileşenler analizi biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt).....168
Şekil 4.51. Yüzey horizonu ham spektral verilere ait temel bileşenler analizi etki değerleri.....168
Şekil 4.52. Yüzey Horizonu Ham Spektral verilere ait Varimax rotation- Temel Bileşenler analizi Biplot (PC1 ve PC3) (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt).....169
Şekil 4.53. Yüzey horizonu ham spektral verilere ait varimax rotation- temel bileşenler analizi etki değerleri.....170
Şekil 4.54. Yüzey Horizonu First Derivative (Birincil Türev) Spektral verilere ait Temel Bileşenler analizi Biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt).....171

Şekil 4.55. Yüzey horizonu first derivative (Birincil Türev) verilere ait temel bileşenler analizi etki değerleri.....171
Şekil 4.56. Yüzey horizonu first derivative spektral verilere ait varimax rotation - temel bileşenler analizi biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt).....172
Şekil 4.57. Yüzey horizonu first derivative (Birincil Türev) verilere ait varimax rotation- temel bileşenler analizi etki değerleri.....173
Şekil 4.58. Yüzey horizonu, işlenen ve işlenmeyen arazilerin ham spektral verilerine ait temel bileşenler analizi biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt) 174
Şekil 4.59. Yüzey Horizonu, işlenen ve işlenmeyen arazilerin ham spektral verilerine ait temel bileşenler analizi etki değerleri.....174
Şekil 4.60. Yüzey horizonu, işlenen, işlenmeyen arazilere ait varimax rotation-temel bileşenler analizi biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt) 175
Şekil 4.61. Yüzey Horizonu, işlenen ve işlenmeyen arazilerin ham spektral verilerine ait varimax rotation-temel bileşenler analizi etki değerleri 176

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Şanlıurfa meteoroloji istasyonuna ait uzun yıllar ortalama iklim parametreleri 51
Çizelge 4.1. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/1 nolu profilin özellikleri 62
Çizelge 4.2. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/1 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özellikleri 65
Çizelge 4.3. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/2 nolu profilin özellikleri 66
Çizelge 4.4. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/2 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ..69
Çizelge 4.5. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/3 nolu profilin özellikleri 70
Çizelge 4.6. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/3 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özellikleri 73
Çizelge 4.7. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/1 nolu profilin özellikleri.....75
Çizelge 4.8. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/1 nolu profile ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikleri.....76
Çizelge 4.9. Kireçtaşı üzerinde üzerine oluşan PII/1 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özelliklerini 78
Çizelge 4.10. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/2 nolu profilin özellikleri.....79
Çizelge 4.11. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/2 profile ait fiziksel ve kimyasal özellikleri 82
Çizelge 4.12. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/3 nolu profilin özellikleri.....83
Çizelge 4.13. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/3 nolu profile ait fiziksel ve kimyasal özellikleri 86
Çizelge 4.14. Marnı üzerinde oluşan PIII/1 nolu profilin özellikleri 88
Çizelge 4.15. Marnı üzerinde oluşan PIII/1nolu profile ait fiziksel ve kimyasal özellikleri.....91
Çizelge 4.16. Marn üzerinde oluşan PIII/2 nolu profilin özellikleri 92
Çizelge 4.17. Marn üzerinde oluşan PIII/2 nolu profile ait fiziksel ve kimyasal özellikleri.....95
Çizelge 4.18. Marn üzerinde oluşan Profil III/3 nolu profilin özellikleri 96
Çizelge 4.19. Marn üzerinde oluşan PIII/3 nolu profile ait fiziksel ve kimyasal özellikler.....99
Çizelge 4.20. Bazalt üzerinde oluşan PIV/1 nolu profilin özellikleri 101
Çizelge 4.21. Bazalt üzerinde oluşan PIV/1 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....104
Çizelge 4.22. Bazalt üzerinde oluşan PIV/2 nolu profilin özellikleri 105
Çizelge 4.23. Bazalt üzerinde oluşan Profil IV/2 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....108
Çizelge 4.24. Bazalt üzerinde oluşan PIV/3 nolu profilin özellikleri 109
Çizelge 4.25. Bazalt üzerinde oluşan PIV/3 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....112
Çizelge 4.26. Toprak özelliklerine ait tanıtıcı istatistikler 118
Çizelge 4.27. Yüzey horizonu rutin toprak özelliklerine ait temel bileşenler analizi etki değerleri (Loading).....120
Çizelge 4.28. Çalışma Alanı Topraklarının Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılması.....122
Çizelge 4.29. Farklı Ana materyallerden alınan yüzey topraklarının ICP yöntemi ile elde edilen toplam oksit oranlarına ait tanıtıcı istatistikler (n = 57) 128
Çizelge 4.30. Farklı anamateryal üzerinden alınan yüzey topraklarının ICP yöntemi ile elde edilen toplam oksitlere ait ANOVA analiz sonuçları.....130
Çizelge 4.31. Farklı ana materyallerin ICP Yöntemi ile elde edilen toplam oksitleri ortalamalarına ait Tukey istatistik sonuçları 130
Çizelge 4.32. ICP Yöntemi ile elde edilen toplam oksitlerin toprak işleme ortalamalarına ait Tukey istatistik sonuçları.....130
Çizelge 4.33. Yüzey Horizonu ICP sonuçlarına ait temel bileşenler analizi etki değerleri 131
Çizelge 4.34. Yüzey Horizonu, İşlenen, İşlenmeyen arazilere ait ICP sonuçlarına ait temel bileşenler analizi etki değerleri 132
Çizelge 4.35. Yüzey horizonu, işlenen, işlenmeyen arazilere ait ICP sonuçlarına ait t varimax rotation-temel bileşenler analizi etki değerleri.....133
Çizelge 4.36. Farklı ana materyallerden alınan toprakların XRF yöntemi ile elde edilen toplam oksit oranlarına ait tanıtıcı istatistikler (n = 57) (n = 56) 139
Çizelge 4.37. Farklı anamateryal üzerinden alınan toprak örneklerinin XRF yöntemi ile elde edilen toplam oksitlere ait ANOVA analiz sonuçları.....142
Çizelge 4.38. Farklı ana materyallerin ICP Yöntemi ile elde edilen toplam oksitleri ortalamalarına ait Tukey istatistik sonuçları 142
Çizelge 4.39. XRF Yöntemi ile elde edilen toplam oksitlerin toprak işleme ortalamalarına ait Tukey istatistik sonuçları.....142
Çizelge 4.40. Yüzey horizonu XRF sonuçlarına ait temel bileşenler analizi etki değerleri.....144

Çizelge 4.41. Yüzey Horizonu XRF sonuçlarına ait Varimax rotation -Temel Bileşenler analizi Etki Değerleri.....145
Çizelge 4.42. Yüzey Horizonu, İşlenen –İşlenmeyen arazilere ait XRF sonuçlarına ait temel bileşenler analizi etki değerleri.....147
Çizelge 4.43. Yüzey Horizonu, İşlenen –İşlenmeyen arazilere ait XRF sonuçlarına ait varimax rotation-temel bileşenler analizi etki değerleri.....148
Çizelge 4.44. SiO_2/Al_2O_3, SiO_2/Fe_2O_3, CaO/MgO ve Al_2O_3/K_2O ye ait Min, Maks ve ortalama değerler.....150
Çizelge 4.45. Farklı anamateryal üzerinden alınan yüzey örneklerine ait farklı elemental indislerinin ANOVA analiz sonuçları.....153
Çizelge 4.46. Farklı anamateryal üzerinden alınan yüzey örneklerine ait farklı elemental indislerin Tukey istatistik analiz sonuçları.....153
Çizelge 4.47. Elementel indislerin toprak işleme ortalamaları ve Tukey istatistik sonuçları.....153
Çizelge 4.48. Çizelge Yüzey horizonlarına ait örneklerde XRF ile belirlenen bazı oksitlerin oranlarına ait PCA analizi etki değerleri (loadings).....156
Çizelge 4.49. Toprak özelliklerinin VNIRS - PLSR modeli çapraz doğrulama sonuçları.....163

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ANN	Yapay Sinir Ağları
Ca	Kalsiyum
EC	Elektiriksel iletkenlik
FAO/UNESCO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrometresi
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometre
K	Potasyum
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
MARS	Çoklu uyarlanabilir Dl Regresyon Eğrileri
Mg	Magnezyum
MLR	Çoklu Doğrusal Regresyon Eğrileri
Na	Sodyum
NIR	Kızılötesi Yansımalar
OM	Organik Madde
PCA	Temel Bileşenler Analizi
PCR	Temel Bileşenler Regresyonu
pH	Toprak Reaksiyonu
PLSR	Kısmi En Küçük Kareler Regrasyonu
RMSE	hata kareler ortalaması
VNIR	Görülebilir ve Kızıl Ötesi Yansımalar
WRB	Dünya Referans Sistemi
XRD	X Işını Kırınımı (X-Ray Difrraction)
XRF	X-ışınları Floresans Spektroskopisi

1. GİRİŞ

Toprak çeşitli toprak oluşum süreçleri sonucu meydan gelmiş inorganik ve organik materyalleri içeren kompleks bir yapıdır. Toprakların sahip oldukları fiziksel kimyasal ve morfolojik özellikler iklim, topoğrafya, canlılar, ana materyal ve vejetasyon gibi Dokuçayev tarafından "toprak oluşum faktörleri" olarak adlandırılan doğal faktörlerin fonksiyonudur (Jenny,1941). Toprak oluşum süreçleri sonucu toprakların morfolojik, fiziksel, kimyasal ve biyoloik olarak farklılaşmasındaki önemli süreçler enerjinin ve materyalin yer değiştirmesi, taşınımı, kazanımı ve kaybıdır (Simonson, 1959). Toprak ekosistemi toprak suyu hareketi, toprak havası, solar radyasyon, katyon değişimi, kil mineralleri ayrışması, humus oluşumu, pH, oksidasyon ve redüksüyon potansiyeli ve diğer fiziko kimyasal ve biyolojik interaksiyonlar gibi çok fazla karmaşık bir yapıya sahiptir.

Topraklar sahip oldukları kompleks biyolojik, kimyasal, fiziksel, minerolojik ve hidrolojik özellikler bakımından farklılık gösterdiği gibi zamanla değişim gösteren dinamik bir yapıya sahiptir. Bu değişimin hızı klimatik, biyolojik ve topoğrafik koşullara bağlıdır. Bazı toprak özellikleri çok kısa sürede değişiklik göstermesine rağmen diğer bazıları çok uzun sürede gerçekleşir.

Dünya üzerinde meydana gelmiş çok fazla sayıdaki toprakları tespit etmek için toprak sınıflandırma sistemlerini anlamak gerekir. Toprak sınıflandırılması topraklar ile ilgili bilginin organize edilmesine ve kolay ulaşılabilirliğine yardımcı olur. Yaygın olarak kullanılan iki adet uluslararası sınıflandırma sistemi vardır; FAO' nun WRB sınıflandırma sistemi ile Toprak Taksonomisidir (Yener ve Güvendi, 2010). Toprak etütleri arazide toprakların tanımlanmasına yardımcı olur, toprak etütleri sonucunda farklı ölçeklerde oluşturulan toprak haritaları da farklı toprak çeşitlerini ve onların özellikleri ile ilgili bilgiler sağlar. Geniş bir dağılıma sahip olan doğal topraklar kendilerine has farklı morfolojik, mineralojik yapılar, farklı oranlarda organik ve inorganik maddeler içerir. Örneğin, toprak verilerini birçok farklı ölçekte toplayan ABD Tarım Bakanlığı'na göre, yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde tespit edilen

21.000'den fazla toprak serisi, ayrıca 50000'den fazla da toprak çeşidi bulunmaktadır (Wu ve ark., 2003; Fitzpatrick, 2009).

Toprak, farklı amaçlar için farklı anlamlar taşımaktadır. Toprak bilimcileri (pedolojistler) toprakların oluşumunu, yapısını, farklı toprak çeşitlerini, onların dağılımlarını ve toprakta meydana gelen kimyasal, fiziksel ve biyolojiksel olayları incelerken, agronomistler toprağı bir bitki yetiştirme ortamı olarak düşünürler. Mühendisler için toprak inşaat zemini ve kazı malzemesi olarak değerlendirilir. Toprakların kullanım alanlarından biri de adli vakaların aydınlatılmasıdır.

Toprakların hem kompleks dinamik yapısı hem de etkileşimde bulunduğu nesnelere bulaşma kolaylığı onların adli bilimde de kullanımlarını çok değerli kılar. Böylece topraklar temas ettiği kişi ya da nesnenin özel bir lokasyona bağlantısını kuran bir delil veya bir bağlantı sunabilir (Dawson ve Hillier, 2010).

Adli Toprak bilimi, cinayet, çevre kirliliği, hayvan ve bitki hırsızlıkları dahil olmak üzere suçları çözmeye yardımcı olmak, hukuki soru ve hipotezlere cevap bulmak için toprak biyolojisini, kimyasını, morfolojisini, mineralojisini, toprak haritalama ve oluşumunu, jeofizik, moleküler biyoloji ve ekolojiyi kullanan disiplinler arası bir alandır (Fitzpatrick, 2009).

Adli araştırmalar toprak özelliklerinin şüpheliyle suç mahali arasında bir bağlantı kurulmadaki yeteneklerini bir delil olarak değerlendirme üzerine yoğunlaşmıştır. Topraklar suç mahalinden ve şüpheliden temin edilen örnekler arasındaki farklılık ya da benzerlikleri ortaya koymak, şüpheliler ve suç mahali arasında olası ilişkileri test etmek amacıyla uzun yıllardır kullanılmıştır. Toprakların adli bilimde bir delil olarak kullanımı çoğu kaynaklarda 1887-1893 yılları arasında yazar Sir Arthur Conan Doyle' nin Sherlock Holmes kitap serilerine kadar uzanan eski bir tarihe sahip olduğu belirtilir (Fitzpatrick, 2009). Bunun öncesinde 1856 yılında Orta Avrupada yer alan Prusya krallığında demiryolu üzerinde içindeki gümüş paranın boşaltılıp kumla doldurulmuş olarak bulunan varilin içindeki kum taneciklerinin Berlinli Profesör Ehrenburg tarafından ışık mikroskobu altında incelenmesiyle kumun

demiryolu hattı boyunca hangi istasyondan gelmiş olabileceğinin incelenmesi olayı tarihde kayıtlara geçmiş toprakları kıyaslanması ile çözülmüş olan ilk adli vaka olarak gösterilmiştir (Fitzpatrick, 2009). Tarihde toprakların fiziki bir delil olarak kullanımını gösteren çok fazla örneklerde bulunabilir (Çelik, 2019).

Topraklar jeolojik depozitler ve kayaçların üzerini örten ayrışmış materyaller olduğundan, tekstür, renk ve horizon kalınlığı ve derinliği gibi ayırt edici özellikleri gösteren toprak haritaları adli bilimde doğrudan kullanılabilmektedir. Ayrıca toprakların önemli oranda değişkenlik göstermesi de onların adli bilimde kullanımını kolaylaştırmaktadır. Toprak özellikleri derinliğe bağlı olarakta değişim gösterdiklerinden adli bilim için toprak veri tabanı oluşturmada toprak derinliklerinde dikkate alınması ayrıca toprak örnek sayısının fazla olmasının faydalı olabileceği belirtilmiştir (Menchaca ve ark., 2018).

Adli toprak bilimi alanında çalışan toprak bilim adamları spesifik olarak insan aktiviteleri sonucunda harekete geçmiş, dağılmış toprak örnekleri ile ilgilenirler, doğal topraklar ile karşılaştırarak ve toprak veri tabanları ile eşleştirerek onların kaynaklarını bulmaya suç mahalini belirlemeye çalışırlar. Bu amaçla öncelikle ayakkabı, kürek ya da bir araçla taşınmış olabilecek olan suç mahalinden ve şüphelenilen kontrol noktalarından toprak örnekleri alırlar. Alınan toprak örnekleri gömülü nesnelerin yerinin belirlenmesine ya da işlenen bir suçla bağlantılı koşulların ortaya çıkarılmasına veya suçun meydana geldiği bir yerin tespitinde yardımcı olabilir.

Adli delil olarak kullanılacak toprak, pek çok farklı yerde bulunabilir. Örneğin; hırsızlık amacıyla olay yerine önceden girdiği iddia edilen bir şüphelinin ayakkabılarından ya da yasal olmayan şeylerin gömülmesi için kullanılan bir kürekten veya bir şüphelinin arabasının tekerleğinden. Şüphelinin üzerindeki kıyafetlerden, aracından ve diğer materyallerinden temin edilen toprak örneklerinin analizi de mahkemede delil olarak kullanılabilir (Onions, 2009).

Adli toprak vakaları deyince her ne kadar sadece cinayet, hırsızlık gibi yasadışı olaylardan bahsedilse de farklı adli vakalarda da toprak incelemeleri yapılabilir.

Örneğin bir çiftçi aldığı ve tarım yaparken toprağına karıştırdığı gübrenin kimyasallarının oranlarının taahhüt edildiği gibi olmadığından şüphelenip dava açabilir. Bu durumda, çiftçinin tarlasındaki toprak adli toprak olarak analiz edilebilir.

Sonuç olarak, toprak; şüpheliyi veya mağduru belli bir olay yeriyle ilişkilendirmek veya var olan ilişkilendirmeden çıkartmak için kanıt olarak kullanılabilmektedir. Öte yandan, adli toprak örneklerinin incelenmesi ve analiz edilmesinden önce, toprağın fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde toprak oluşum faktörleri'nin etkili olduğunun ayrıntılı olarak bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca doğru toprak tanımlamalarının yapılması adına gerçekleştirilecek olan sınıflandırma planının da anlaşılması önemlidir.

Adli bilimde toprakların kullanımı açısından farklı çeşitdeki doğal ve insan etkisiyle meydana gelmiş toprakları anlamak onların nasıl oluştuğunu bilmek önemlidir. Çok çeşitli doğal topraklar mevcuttur ve herbiri kendine has morfolojik, mineralojik ve organik karakteristiklere sahiptir (Fitzpatrick ve Raven, 2012).

Topraklar spesifik özelliklerinden dolayı parmak izi gibi benzersizdir. Renk, mineraloji, partikül büyüklüğü ve şekli, temel bileşim ile karbon ve azot izotop oranları gibi özellikleri adli uygulamalarda toprakları ayırt etmek için faydalanılan özelliklerdir (Pye ve Croft, 2004).

Adli bilimde toprakların kullanımı alanında çalışmalar yetersizdir, özellikle çoğu bölgeler için detaylı toprak ve jeolojik haritaların eksikliği ve düşük ölçekli detaylı çalışmaların yokluğu toprakların adli bilimde kullanımlarını sınırlamaktadır. Toprak veritabanlarının oluşturulması özellikle sayısal toprak haritalarının varlığı toprakların kaynaklarının belirlenmesi olasılığını artıracak ilave bilgiler sağlayacaktır. En azından gereksiz alanların incelenmesi için harcanacak zaman elemine edilecektir.

Toprakların adli bilimde önemli birer delil olabilme özelliğine sahip olması onların;

i) önemli bir değişkenliğe sahip olmaları nedeniyle kolay ayırt edilebilirliği

ii) özellikle kil ve silt (<50 μm) büyüklüğündeki ince tanecilerinin kişiler ve nesneler ile transfer olabilme özelliğine sahip olmaları

iii) geldikleri alanların jeolojisi, bitki örtüsü ve çevresi hakkında bilgi sağlamaları ve

iv) spesifik karakterler taşımaları

v) yaygın ve taşınabilir olmaları

gibi hususlara dayanır (Fitzpatrick, 2009; Onions, 2009; Baron ve ark., 2011). Bu ve benzeri özelliklere sahip olması toprakların adli bilimde ideal kanıtlar olarak değerlendirilmesine neden olmuştur (Aardahl, 2003).

Öte taraftan genel olarak adli araştırmalarda delil olarak kullanılabilecek toprak materyalinin miktarı sınırlıdır. Bu sınırlama onların adli bilimde kullanılmalarında teknik olarak da bir sınırlama getirmektedir. Dolayısıyla toprağı bir sonraki analizler içinde kullanılabilecek şekilde tahrip etmeden örneğin herhangi bir ön işlemeye ya da kimyasal işlemlere tabi tutmadan karakterize edebilecek teknikler bu kapsamda oldukça önemlidir. Toprakların adli bilimde kullanımlarına yönelik diğer bir sınırlandırma da standart olarak kullanılan metotların toprakları ayırt edebilme güçleridir. Ayrıca analizin amacı da kullanılan tekniğin toprak için ön hazırlık gerektirmesi ya da toprağın doğasına zarar verip vermemesi de önemli bir faktördür.

Adli bilimde delil olarak toplanmış toprak örneklerinin analizinde geleneksel yöntemlerin yanı sıra gelişmiş yeni tekniklerde kullanılmaktadır (Uitdehaag ve ark., 2016). Kullanılacak tekniğin seçimi yine elde edilen toprak örneğinin durumu ve miktarına ayrıca adli laboratuvardaki mevcut alet ekipmanlar ile maliyete de bağlıdır (Dawson ve Hillier, 2010). Zira analizde kullanılan metotların birbirleriyle olan üstünlükleri de bu açıdan tam olarak bilinmemektedir. Özetle toprakların adli bilimde kullanımın potansiyeli tam olarak ortaya konulamamıştır (Dawson ve Hillier, 2010).

Toprakların adli kullanımlarda kullanımını kısıtlayan bir başka durum toprak özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan geleneksel yöntemlerin fazla zaman, işgücü

ve maliyet gerektirmesidir. Bu nedenle ucuz, kaliteli ve yüksek çözünürlükte toprak verilerinin elde edilmesine ilişkin talep son zamanlarda artmıştır ve öncelik haline gelmiştir.

Son yıllarda toprak özelliklerinin değişimini daha doğru, hızlı ve ekonomik bir şekilde tespit etmek için bilinen geleneksel yöntemlere alternatif olarak farklı enstrumental, spektrometrik yöntemler geliştirilmiştir. Elektromanyetik spektrumunun farklı dalga boylarındaki enerji salınımlarına duyarlı olan Görülebilir ve Yakın Kızılötesi Spektroradyometre ile X Ray Floresan spektroskopisi, ve ICP gibi teknikler bir çok toprak özelliğini tahmin etmek ve ölçmek amacıyla etkili bir yöntem olarak hem arazide hem de laboratuvar ortamında kapsamlı ve sayısal veriler sağlamak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte elde edilen veriler temel bileşenler analizi (PCA), hiyerarşik küme analizi (HCA), kısmi en küçük kareler regresyon analizi (PLSR), karar ağaçları (Decision trees), yapay sinir ağları (ANN) gibi farklı kemometrik tekniklere tabi tutularak sonuçlar değerlendirilmekte ve kolayca yorumlanabilmektedir.

Bu çalışmanın amaçları;

Adli araştırmalarda farklı orijinli toprak örneklerinin doğru değerlendirilmesi ve yorumlanması için jeokimyasal analiz tekniklerinin ne ölçüde güvenilir bir şekilde uygulanabileceğini belirlemek

Toprak örneklerinin kimyasal özelliklerinin XRF, ICP-AES gibi enstrümantal yöntemler ile belirlenmesi ayrıca örneklerin VNIRS yöntemiyle spektral imzalarının toplanması

Elementel analiz yöntemlerinin ve spektroradyometrik yöntemlerden elde edilen sonuçların çok değişkenli istatistiksel metotlar yardımıyla örnekler arasında ayrım yapma gücünün belirlenmesi

Geleneksel, enstrümental (ICP ve XRF) ve spektroradyometrik yöntemlerin toprakların adli delil olarak kullanımı çalışmalarında etkinliklerinin ve potansiyellerinin ortaya konulması

Toprak (Pedoloji) Bilimi'nin dünyada ve son zamanlarda ülkemizde yaygınlaşmaya başladığı alan olan "Adli Toprak Bilimi" alanına katkılar sunmak bu konuda yapılan çalışmaların incelemesi, detaylarının açıklanması ve Toprak Bilimi'nin bu alanda geldiği noktayı vurgulamaktır.

Bu kapsamda; Şanlıurfa ilinde yaygın olarak yer alan ve özellikle Karacadağ - Akçakale hattında bulunan farklı ana materyaller (1-Çamur akıntıları, 2-Kireç Taşı, 3-Marn, 4-Bazalt) üzerinde oluşan toprakların değişkenliğinin ortaya çıkarılması ve bu değişkenliklerin doğal ve antropojenik faktörlerle ilişkilendirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla morfolojik, fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi, oluşumu ve yorumlanması ve sınıflandırılması amacıyla dört farklı ana materyal üzerinde oluşmuş 12 toprak profili tanımlanmanmış çevresinden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır.

Çalışmada adli araştırmalarda toprak örneklerinin doğru değerlendirilmesi ve yorumlanması için jeokimyasal analiz tekniklerinin ne ölçüde güvenilir bir şekilde uygulanabileceğini belirlenmek istenmiştir. Spesifik olarak araştırmada jeolojik çalışmalarda iyi bir şekilde yerleşmiş ve başarılı bir şekilde kullanılan ICP-AES, XRF elementel analiz yöntemleri ve VNIRS spektroradyometrik gibi yöntemlerin yetenekleri değerlendirilmiştir.

Hedefler

i) Çoklu teknikler kullanarak toprak numunelerinin özelliklerini belirlemek
ii) Örneklerin kaynaklarının belirlenmesinde kullanılan tekniklerin uygulanabilirliğini belirlemek
iii) Mekânsal etkilerin adli analizler ve yorumlamalarda ne ölçüde etkili olabileceğini belirlemek
iv) Adli laboratuvarlarda adli toprak numunelerinin element analizi ve yorumlanmasında uygun prosedürler hazırlayarak katkılar sağlamak.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Toprak Karakterizasyonu ve Sınıflandırma

İnsanlar eskiden beri çevrelerindeki varlıkları sınıflandırarak onları daha kolay anlamak istemişlerdir. Bu nedenle de bitkileri, hayvanları ve toprakları sınıflandırmaktadırlar (Ünal, 2013). Toprak sınıflandırılması benzer özelliğe (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) sahip toprakların haritalanabilir ve coğrafi olarak referanslanabilir birimlerle gruplandırılmasıdır. Topraklar hava ve sudan çok daha fazla kompleks yapıya sahip olup doğal olarak meydana gelen katı sıvı ve gaz formlarında bulunabilen bileşikleri içerir. Farklı sayıda fiziksel, kimyasal ve biyolojiksel özelliklerin ve onların kombinasyonlarını içeren toprakların sınıflandırılması için farklı amaçlar için çok farklı yaklaşımlar önerilmiştir.

Toprak sınıflandırmasının tarihi 4000 yıl öncesine kadar dayanmaktadır. Whitney (1925)' e göre ilk toprak sınıflandırılması Çinliler tarafından MÖ. 2357-2261 yıllarında toprakların renk ve strüktürlerine göre yapılmıştır. M.Ö. 234-149 yılları arasında Romalı bilim adamı Cato ve daha sonra 12. yüzyılda ise Yahya İbn Mohammed tarafından yapılan toprak sınıflandırma çalışmaları da bilinen ilk sınıflandırmalar arasındadır (Yener ve Güvendi, 2010). Günümüze kadar gelen ve 19. yüzyılda tekrar yoğunluk kazanmaya başlayan toprak sınıflandırma çalışmaları özellikle 1879 yılında Rus toprak bilimci Dokuchaev tarafından başlatılmıştır.

Bugüne kadar farklı bilim adamları tarafından farklı toprak sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir. Ancak bu sınıflandırma sistemleri esas olarak biri genetik diğeri morfometrik olmak üzere iki yaklaşıma dayanmaktadır. 1879 ylından itibaren While Dokuchaev ve onun ardıllarının çalışmalarına dayanan 1938 yılında USDA nın ortaya koyduğu eski Amerikan toprak sınıflandırma sistemidir. Toprakların genetik özelliklerine dayalı Amerikan toprak sınıflandırma sistemi yeniden gözden geçirilerek 1949'da Amerika Birleşik Devletleri'nde yayımlanmıştır. Eski Amerikan toprak sınıflandırma sisteminin birçok ülkede değişen farklı versiyonları bulunmaktadır.

Diğeri 1960 yıllardan itibaren tüm toprak bilimcilerinin katkılarıyla geliştirilen ve 1975 yılında yeni bir sınıflandırma sistemi olarak kabul edilen Toprak Taksonomisidir. Bütün toprakların detaylı araştırılmaları ve sınıflandırmalarının 1949 sistemine göre sınıflandırılması veya isimlendirilmesi o günkü koşullarda yetersiz kaldığı anlaşılmıştır. Toprak Taksanomisi sınıflandırma sistemi, toprakların sınıflandırılmalırında toprakların morfolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerini ön plana çıkarır. Bu sınıflandırma sisteminde takım, alt takım, büyük toprak grupları, familya ve seriler şeklinde topraklar yukardan aşağı doğru detaylandırılan kategorilerden oluşur. Topraklar horizon esasına göre ve gözlemlenebilir ölçülebilir farklı toprak özelliklerine dayanılarak sınıflandırılır. Kategoriler yukarıdan aşağıya artan sayıda ayırt edici kriteri içerir.

WRB (World Reference Base for Soil Resources) sistemi ise FAO tarafından tüm dünyadaki toprakları sınıflandırmak amacıyla 1992’ de geliştirilmiş her iki sınıflandırma sisteminden etkilenmiş hibrit sınıflandırmadır. Toprak profillerinin daha net bir şekilde tanımlanmalarını ve karakterize edilmelerini sağlamaktadır. WRB sisteminde 32 farklı toprak sınıfı mevcuttur.

Türkiye’ deki toprak sınıflandırma çalışmaları ise kapsamlı olarak 1950 yılından sonra başlamıştır. İlk toprak sınıflandırması 1952 yılında FAO da görevli uzman Harwey Oakes liderliğinde ülkemiz uzmanlarının yer aldığı bir grup tarafından 1938 Amerikan sınıflandırma sistemine gore yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda 1/800.000 ölçekli “Türkiye Genel (Umumi) Toprak Haritası” hazırlanmıştır. Bu sınıflandırma da topraklar; zonal, intrazonal ve azonal ordoları içerisinde yer almıştır. Ayrıca Oakes ve ekibi tarafından hazırlanan umumi toprak haritası kadar kapsamlı olmamakla beraber Türkiye toprak bilimi kurucularından Prof. Dr. Ömer Kerim Çağlar tarafından da benzer dönemlerde bir Türkiye Toprak Haritası oluşturulmuştur. Bu çalışmada ise toprak rengi esas alınarak ülke toprakları Azonal topraklar, kül ve humuslu karbonat toprakları, kızıl topraklar, esmer orman toprakları, zengin iskeletli orman toprakları, boz ve esmer topraklar, kestane esmeri ve sarı topraklar, çorak topraklar ve kara topraklar olmak üzere 11 farklı sınıfda toplanmıştır (Tanrıkulu, 2017). Oakes ve ekibi tarafından hazırlanan umumi toprak haritasında ve raporda ise toprakların

sınıflandırılmasında ve tarımsal uygunluk sınıflarına ayrılmasında arazide alınan notlar, toprak derinliği, ana materyal, drenaj, toprak profili ve eğim gibi faktörler ile toprak analiz sonuçlarına yer verilmiştir (Oakes, 1958).

1960' lı yıllara gelindiğinde toprak etüt çalışmaları Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından devralınarak Avrupa ile eş zamanlı olarak toprak haritalama çalışmaları 1938 ABD sınıflandırma sistemindeki büyük toprak grupları ve derinlik, taşlılık, eğim ve erozyon seviyelerinin yer aldığı 1/25.000 ölçekli toprak haritaları hazırlanmıştır (Tanrıkulu, 2007). Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından 1987 yılında bu çalışma gözden geçirilerek Türkiye büyük toprak grupları haritası oluşturulmuştur. Bu çalışma halen tüm Türkiye' yi kapsayan yegâne toprak etüd ve haritalama çalışmasıdır.

Genetik esaslı olan eski ABD toprak sınıflandırması çoğu toprağın girebileceği kategorilere sahip olmaması nedeniyle Türkiyedeki toprak etüd haraitalaması çalışmalarında 1970' li yıllardan itibaren morfometrik esaslı Toprak Taksonomisi ve FAO/UNESCO sınıflandırma sistemi benimsenmiştir (Tanrıkulu, 2017). Bu yeni sınıflandırma sistemi kullanılarak farklı bölgelerdeki Tarım İşletmelerinin ve GAP Bölgesi ve GAP Bölgesinde yer alan verimli ova topraklarının sınıflandırılması 1/25000 ve 1/5000 ölçekte bakanlık ve üniversitelerin toprak bölümündeki etüt ekipleri tarafından yapılmıştır.

2013 yılında Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü ile Orman ve Su işleri Bakanlığı ve Bilgi işlem dairesi iş birliğinde daha önceki projelerde toplanan veriler kullanılarak "Türkiye Toprak Veritabanı" oluşturulmuştur ve CBS sistemine uyumlu hale getirilmiştir. Günümüze kadar da farklı bölgelerde farklı sınıflandırma sistemlerinden biri ya da birkaçı kullanılarak toprak sınıflandırma ve etüt çalışmaları devam etmiştir.

Dinç ve ark. (1988), Toprak taksanomisi sistemine göre Harran ovası topraklarını sınıflandırma amacıyla yaptıkları çalışmada ova topraklarının fiziksel, kimyasal, biyolojiksel ve mineralojik özelliklerinin yanısıra topraklardaki farklı

fraksiyonlardaki fosfor ve potasyum gibi besin element konsantrasyonları ile toprakların besin elementi adsorpsiyon kapasiteleri de belirlenmiştir. Ova toprakları seri düzeyinde sınıflandırılmıştır ve toplam 25 farklı seriye ayrılmıştır. Toprak Taksonomisi sistemine göre genel olarak ova toprakları kil ve kireç bakımından zengin, organik maddece fakir, potasyum miktarları yeterli ve fosfor bakımından fakir bulunmuştur. Kil içeriğince zengin topların hidrolik geçirgenlik değerleri düşük bulunmuştur. Düze ve çukur alanlarda ise topraklar da tuzluluk problemi olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda ova topraklarının %67 lik oranının tarımsal amaçlı kullanılabileceği, yaklaşık 17000 ha' lık alanında tarım dışı amaçlar ile kullanılabileceği belirtilmiştir.

Gündoğan (1993), farklı arazi değerlendirme yöntemlerinin arazi toplulaştırmalarında kullanımlarını kıyasladığı çalışma kapsamında toplulaştırma çalışmalarının yapıldığı alanlardan biri olan Malatya İli Yeşilyurt İlçesi Çayırköy bölgesinde seri düzeyinde 1/25000 ölçekli detaylı temel toprak haritası hazırlama çalışmaları yapmak amacıyla sekiz adet profil açarak horizon esasına göre alınan 39 adet bozulmuş toprak örneğinde mineraolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin (toplam tuz, pH, tekstür, organik madde, değişebilir katyonlar, KDK, yarayışlı potasyum ve fosfor) belirlenmesi için analizler gerçekleştirmiştir ve topraklar FAO/UNESCO ve Toprak Taksonomisi sistemine gore sınıflandırılmıştır. Farklı ana materyaller (marn, çamurla kaplı marn, koluviyal ve aluviyal depozitler, kongolmera vb.) üzerinde oluşmuş alanlardan açılan toprak profillerine ait topraklarda kireç seviyeleri farklı horizonlardaki derinliklere bağlı olarak yüksek (> % 20-40), hakim tekstürün killi olduğu, pH değerlerinin alkali, tuz içeriklerinin oldukça düşük (< % 0.070), hakim değişebilir katyonlarda genel olarak yüksek kireç içeriklerine bağlı olarak Ca+Mg olduğu, KDK değerlerinin orta seviyede (20-40 Meq/100 g) ve organik madde içeriklerinin düşük (< % 2) ve yüzeyden derinlere doğru giderek azaldığı tespit edilmiştir. Toprak Taksonomi sistemine göre Entisol ve Aridisol ordoları olarak sınıflandırılan topraklar FAO/UNESCO sisteminde ise Fluvisol, Regosol ve Xeresol gruplarında sınıflandırılmıştır.

Çakır (1997), tarafından Trakya bölgesinde Yıldız Dağlarının güneyinde bulunan Vertisol toprakların morfolojik ve profil özelliklerini karakterize etmek amacıyla yürütülen çalışmada açılan toprak profillerinin yüksek oranda smektit tipi kil mineralleri içerdiği, önemli oranda şime ve büzülme özelliğine sahip, derin çatlaklar, kayma yüzeyleri olduğu, masif strüktür yapısı nedeniyle üst topraktaki sıkışmadan dolayı su geçirgenliğinin düşük, kök hareketlerinin sınırlı olduğu belirlenmiştir. İncelenen toprak özelliklerinden pH değerlerinin hafif bazik özellikte, kireç içeriklerinin % 0.0-55.0, organik madde içeriklerinin genelde düşük (% 1.0-2.0) ve orta derecede (% 2.1-3.0); bitkilere yarayışlı potasyumca zengin (200-550 kg/da), fosforca düşük (4-30 kg/da), KDK değerlerinin yüksek (40-60 me/100 gr) olduğu belirlenmiştir. Toprakların tuzluluk ve alkalilik bakımından sorunlu olduğu belirlenmiştir. EC değerleri genelde 0.5-1.4 dS/m arasında değişebilir sodium oranlarının (ESP) %1-5 arasında olduğu ancak tuzluluk sorunu olan profillerde ise EC değerlerinin 4.6-4.8 dS/m'ye kadar yükseldiği, ESP değerlerinin bazı horizonlarda ise %15-30 oranına ulaştığı gözlenmiştir. İncelenen toprakların ağır bünyeli olduğu ve %30-77 arasında kil içerdiği, kil mineralojisi bakımında 2:1 tipi smektit killerin baskın, illit ve kaolinit tip kil minerallerinin ise düşük miktarlarda olduğu, kil içeriği yüksek olan bu toprakların hacim ağırlığının 1.01-1.45 gr/cm^3 arasında değiştiği, özgül ağırlıklarının ise 2.52-2.78 gr/cm^3 arasında toplam gözeneklilik değerlerinin ise %32.81-62.31 arasında olduğu belirlenmiştir. Yüksek kil içerikli bu Vertisol topraklara ait tarla kapasitesi ve solma noktası oranları sırasıyla %20-55 ve %15-40 arasında değiştiği bildirilmiştir. Şişme ve büzülme özelliğine sahip bu toprakların infiltrasyon hızları genel olarak düşük olup 1.0-80 mm/saat değerleri arasında bulunmuştur. Zemin Mühendisliği bakımından ise toprakların olumsuz özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir. Toprak Taksonomisi göre ise topraklar Vertisol Ordosunun Xerert Alt Ordosunda sınıflandırılmıştır. Profillerin bazıları Calcixerert Büyük Grubuna ait Typic, Chromic ve Lithic Alt Grupları içerisinde sınıflandırılmıştır. Diğer topraklarda Haploxerert Büyük Grubunun Sodic Alt Grubunda, bir profil Chromic, ve bazıları da Udic Alt Grubuna yer almıştır.

Taşova ve Durak (1997), Kazova tarım işletmelerine ait toprakların sınıflandırılması ve temel toprak haritalarının elde edilmesi amacıyla, 5500 dekarlık

alana sahip işletmenin hava fotoğrafları ve topoğrafik haritalarından faydalanarak çalışma alanındaki farklı fizyoğrafik üniteleri belirlemişlerdir. Çalışma alanında açılan yedi adet profilden horizon esasına göre toprak örnekleri alarak toprakların arazide morfolojik (renk, strüktür, kireç birikimi) ve laboratuar ortamında ise bazı fiziksel (hacim ağırlığı, hidrolik geçirgenlik, tekstür) ve kimyasal (organik madde, değişebilir katyonlar, % tuz, katyon değişim kapasitesi, pH vb) özelliklerini belirledikten sonra toprakları toprak taksonomisi sistemine göre seri bazında sınıflandırmışlardır. Genç profil oluşumuna sahip topraklar entisol büyük toprak grubu içerisinde 7 farklı seriye ayrılmıştır.

Aydemir (1997), Harran ovasında vertik (şişme-büzülme) özelliği gösteren Vertisol toprakların yaygın olarak yer aldığı altı farklı noktadan açılan profillerden horizon esasına gore toprak örnekleri alarak toprakların fiziksel (toprak partikül dağılımı, hacim ağırlığı ve doğrusal genişleme katsayısı (Coefficient of Linear Extensibility; COLE)), morfolojik ve kimyasal özelliklerini (SAR, ESP, KDK, pH, EC, ESP, değişebilir ve çözülebilir katyonlar; Ca, Mg, Na ve K), karbon içerikleri ile kil minerallerini teşhis ederek toprakları ABD Toprak Taksonomi sistemine göre sınıflandırmış, pedotransfer özelliklerini araştırmıştır. Araştırmacı ayrıca COLE ve KDK değerlerinin incelenen diğer toprak parametrelerini kullanarak tahmin edilebilirliğini farklı regrasyon modeleri ile incelemiştir. Açılan profillerdeki topraklar seri düzeyinde Cepkenli ve Harran serisi (Aridic Haploxererts), Gürgelen serisi (Aridic Calcixererts), Akçakale serisi (Aquic Haploxererts), Sırrın serisi (Typic Calcixererts) ve Kısas serisi (Vertic Calcixerepts) olarak sınıflandırılmıştır. Araştırmacı açılan profillerin kurak bir iklime sahip ova topraklarının %80' ini temsil ettiğini; toprak renklerinin kuvvetli kahverengiden koyu sarımsı kahverengi arasında değişen renklere sahip olduğunu, drenaj durumlarının da zayıfla iyi arasında değişim gösterdiğini, toprakların profil derinliğine bağlı olarak yüksek oranda kil (%38.4-60.6), silt (%29.2–60.5) içeriğine sahip olduklarını, bununda yüzeyden alt horizonlara doğru kil hareketi neticesinde olabileceğini belirtmiştir. Toprakların düşük organik karbon (<%1.15), alkaline bir pH, 1.17 ile 1.49 g cm^3 arasında değişen bir hacim ağırlığı ve yüksek kil ve hakim smektit tipi mineralojik yapıya da bağlı olarak yüksek oranda KDK değerlerine (31.0-41.2 cmol/kg) sahip olduğu belirtilmiştir. Yüzey örneklerdeki KDK

değerlerinin alt horizonlarındaki KDK değerlerine göre nispeten düşük olduğu buda alt horizonlardaki yüksek kalsiyum karbonat muhtevalarının silikat minerallerini seyreltici etkisine bağlanmıştır. Mikromorfolojik incelemelere bağlı olarak Bk olarak adlandırılan alt horizonlarda kalsit nodülleri şeklinde önemli oranlarda ikincil karbonatların oluşumlarının olduğu, kilce zengin topraklarda şişme-büzülme değerlerindeki bir ölçüm parametresi olan COLE değerlerinin yüksek kireç içeriği ve paligorskit mineralleri ile kaba kil seviyeleri nedeniyle nispeten düşük olduğunu ve 0.029 ile 0.127 cm/cm arasında değiştiğini ve regrasyon modellerine gore COLE değerlerinin kil yüzdesi (R^2=0.73) ve KDK parametrleri (R^2=0.46) ile orta seviyede başarılı bir şekilde tahmin edilebirliği, yine regrasyon modellerine gore KDK nın da en iyi şekilde kaba kil muhtevası (R^2=0.81) ve COLE değerleri (R^2= 0.46) ile tahmin edilebirliği belirtilmiştir. Ayrıca ovanın güney kısımlarında yüksek taban suyu seviyelerine bağlı olarak yüksek EC (>4 dS/m) değerlerine sahip olduğu da vurgulanmıştır.

Dengiz ve Bayramin (2003), Ankara ili Gölbaşı ilçesinde yayılış gösteren toprakları farklı toprak sınıflandırma sistemlerine göre (FAO/UNESCO, Toprak Taksonomisi) sınıflandırmıştır. Sınıflandırması yapılan topraklar FAO/UNESCO sistemine göre 11 farklı toprak sınıfında yer almıştır.

Ormancı (2007), Batı Akdeniz Bölgesi Kumacık Ovası taban arazilerinde yer alan farklı morfolojik özelliklere sahip toprakların sınıflandırılması amacıyla açılan farklı altı profilden horizon esasına göre alınmış 30 adet bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde fiziko-kimyasal özellikleri (KDK, Kireç, pH, tekstür, organik madde, değişebilir katyonlar, EC ve yarayışlı fosfor) analiz ederek toprakları FAO/UNESCO sistemine göre Gleysol, Fluvisol, Cambisol olarak; toprak taksonomisine göre ise Entisol, Inceptisol ve Mollisol ordoları içerisinde sınıflandırmıştır.

Ergin (2008), tarafından yapılan Edirne Uzunköprü ilçesi çeltik tarımı yapılan toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojiksel özelliklerinin araştırılması ve farklı sınıflandırma yöntemleri ile sınıflandırılması amacıyla yapılan çalışmada sekiz adet

profil açılarak toprakların özellikleri belirlenmiştir; açılan toprak profillerinden alınan örneklerin pH değerleri 7.7-8.15, tuz içerikleri %0.08-0.18, $CaCO_3$ içerikleri %0.88-5.16, organik madde oranları %1.55-4.93, yarayışlı fosfor içerikleri 7.06- 49.74 kg/da, yarayışlı potasyum içerikleri 85.89-200.92 kg/da, KDK içerikleri 47.16-55.09 cmol/kg, değişebilir Ca+Mg içerikleri 42.01-49.13 cmol/kg, değişebilir K içerikleri 0.73- 1.71 cmol/kg ve değiebilir Na içerikleri ise 3.66 – 5.82 cmol/kg arasında değişim göstermiştir. Toprak bünyesi ise killi olarak belirlenmiştir. Açılan profiller FAO/WRB sınıflandırma sisteminde Fluvisol grubunda yer alırken, Toprak Taksonomi sistemine göre Vertic Xerofluvent sınıfında yer almıştır.

Türkmen (2011), Ordu ili ve ilçelerinde farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların jeokimyasal özellikleri ve oluşumlarını araştırmak amacıyla açılan 41 adet toprak profilinden horizon esasına göre alınan 145 toprak örneğinde XRF analizleri ile çeşitli fiziko-kimyasal analizler (organik madde, tekstür, KDK, değişebilir katyonlar, hacim ağırlığı, hidrolik geçirgenlik, $CaCO_3$, pH, EC, tarla kapasitesi ve solma noktası) yaparak, toprak taksonomisi sistemine göre toprakları Vertisol, Entisol, İnceptisol, Mollisol ve Alfisol olaraki beş farklı ordo içerisinde sınıfladırılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre toprakların farklı karakter kazanmalarında anamateryal, topoğrafya ve toprak içi drenaj sistemlerinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Yorulmaz (2014), Denizli ili Hanbat Ovasının detaylı toprak etüdü amacıyla 114 adet toprak profil çukuru açarak horizon esasına göre aldıkları bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerini analiz ederek toprak taksonomisine göre sınıflandırmıştır. Topraklar Entisol, Vertisol, Mollisol ve Inseptisol ordolarına ait farklı alt ordo, büyük grup ve alt grup ile 34 farklı seri içerisinde yer almıştır. Aynı topraklar FAO UNESCO (2006) sistemine göre ise Fluvisol, Regosol, Gypsisol, Cambisol, Phaeozen ve Vertisol olarak sınıflandırılmıştır.

Beaudette ve O`Geen (2016), farklı iki katenada (topoğrafik pozisyonda) ve litolojik yapıda meydana gelmiş toprakların özelliklerindeki değişim üzerine topoğrafyanın ve ana materyalin etkisini araştırdıkları çalışmada kil içeriği, pH, renk, katyon değişim kapasitesi (KDK), Fe-oksit gibi özellikleri sayısal yükseklik modeli

(DEM) den elde ettikleri topoğrafik özellikler, litolojik yapı ve ayrıca toprak derinliği ile ilişkilendirmişlerdir. Buna göre her iki farklı katenadaki toprak özelliklerindeki variogram ile belirlenen uzaysal yapının önemli ölçüde farklılık gösterdiğini, topoğrafik özelliklerin volkanik kayaç üzerinde meydana gelmiş topraklardaki değişimin %4' ünü, granitik kayaçlar üzerindeki topraklardaki değişimin ise %30' unu açıkladığını; litolojik yapının da volkanik kayaç üzerinde meydana gelmiş topraklardaki değişimin %14' ünü, granitik kayaçlar üzerindeki topraklardaki değişimin ise %22' unu açıkladığını; granitik kayaçlar üzerindeki toprak özelliklerindeki değişimin %66' sına kadar ki değişimin topoğrafya, litoloji, profilderinliği ve bunların interaksiyonu ile açıklanabileceğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca araştırılan toprak özellikleri ile çevresel parametreler arasındaki ilişkileri Spearman Korelasyon ve PCA analizi ile incelemişlerdir.

Şeker (2017), Şanlıurfa Cullap Sulama Birliği alanının yer aldığı Çamlıdere, Bakımlı ve Kaynaklı köylerini kapsayan alanın detaylı toprak haritalarını çıkarmak amacıyla morfolojik özellikleri tanımlanmış sekiz adet toprak profilinden horizon esaslı 37 adet toprak numunesi alarak analiz ettikleri sonuçlara göre yüzey topraklarında organik madde içerikleri %0.87-3.71 arasında, kireç içerikleri %18.91-33.30 arasında değiştiği ve yüzey topraklarının bünyesinin ise killi – tınlı olduğu belirlenmiştir.

Atasoy (2018), Uşak ili ova tabanında yer alan alüviyal ana materyal üzerinde oluşmuş toprakları araştırmak amacıyla, toprak oluşumunda etkili olan farklı ölçekteki jeolojik, jeomorfolojik, iklim ve bitki örtüsü özelliklerini incelemiş, toprakların dağılım gösterdiği alanlardan farklı iki derinlikten alınan 16 adet toprak örneğinden çok sayıda toprak özelliği analiz edilmiştir. Toprak taksonomisine göre Entisol ordosunda yer alan topraklar FAO UNESCO sınıflandırma sistemine göre Fluvisol olarak sınıflandırılmıştır. Uşak ilinde Fluvisol toprakların haricinde Cambisol (Kahverengi topraklar), Arenosol (Koluviyal topraklar), Phaeozem (Kestane topraklar), Luvisol (dağ çayır toprakları) ve Gleysollerin (hidromorfik topraklar) de yer aldığı belirtilmiştir. Analiz sonuçlarına göre toprak bünyeleri genel olarak killi tınlı ve tınlı tekstüre sahip, organik madde içerikleri orta düzeyde

(ortalama %1.81), pH değerleri alkalin (ortalama 7.82), kireç içerikleri yüksek (ortalama %12.87), değişebilir K içerikleri yüksek (ortalama 411 ppm), Magnezyum içeriklerinin yüksek (1867 ppm) olduğu, alınabilir P içeriklerinin ise fakir (ortalama 1.8 ppm) olduğu belirlenmiştir.

Güler (2019), Güneydoğu Anadolu Bölgesi Şanlıurfa İlinin Halfeti ilçesinde yer alan farklı toprakları morfolojik olarak incelemek, toprak özelliklerini tanımlamak, toprak oluşum koşulları ile toprak özellikleri arasındaki ilişkileri tartışmak ve farklı toprak sınıflandırma sistemlerine göre sınıflandırmak amacıyla çalışma alanında tanımlanan dört adet profilden horizon esasına göre alınan 17 adet bozulmuş ve bozulmamış toprak örneğinde pH, organik madde, kireç, KDK, EC gibi analizler yaparak toprakları toprak taksonomisine ve FAO/UNESCO sınıflandırma sistemine göre sınıflandırmışdır. Buna göre incelenen topraklar toprak taksonomi sistemine göre Calsixerert, Xerochrepts ve Xeroorthents büyük grubları içerisinde sınıflandırılırken, aynı topraklar FAO sisteminde Chromic Vertisols, Vertic Cambisols ve Lithic Leptosols grubu olarak sınıflandırılmıştır.

2.2. Enstrümental Analizler

ICP, XRF ve XRD yaygın enstümental analiz yöntemleridir. DíAngelo ve ark. (2002) tarafından az miktardaki toprak örneklerinin, X-ışını floresanı (SR-XRF) kullanılarak element konsantrasyonu hesaplanmıştır. XRF, az miktardaki örneklerin analiz edilmesinde büyük avantaja sahiptir. Rawlins ve Cave (2004), Doğu İngiltere'den gelen aynı ana materyal üzerindeki toprak örneklerinin ayırt edilip edilemeyeceğini belirlemek için XRF kullanmıştır.

Baranowksi ve ark. (2002), pH 4.16 – 8.16 aralığına sahip ormanlık alan, tarımsal araziler, yol kenarları ve şehir alanları gibi 16 adet farklı noktadan 0 -20 cm derinlikten alınan toprak örneklerini XRF analizine tabi tutarak toplam element konsantrasyonları belirlemişlerdir. Alınan toprak örneklerindeki toplam Si içerikleri 202-387 mg g^{-1}, Al içerikleri 21.7 – 94.29 mg g^{-1}, Mg içerikleri 1.1–9.59 mg g^{-1}, P içerikleri 0.22- 1.57 mg g^{-1}, Ca içerikleri 3.69-35.9 mg g^{-1}, K içerikleri 6.09 – 20.28 mg g^{-1}, Fe içerikleri ise 2.58-40.03 mg g^{-1} arasında değişim göstermiştir. Daha düşük

konsantrasyonlarda bulunan Mn 114-2391 μ g^{-1}, Zn 103-5218 μ g^{-1}, Rb 13-130 μ g^{-1}, Sr 13- 312 μ g^{-1}ve Pb 38-1451 μ g^{-1}arasında değişim göstermiştir.

Zhu ve ark. (2011), nemli ve yarı tropik bir iklime sahip olan New Mexico ve Louisiana eyaletlerinden farklı toprak profil derinliği ve yüzey topraklarından toplanan 584 adet toprak örneğinde XRF analizi ile 15 adet elementin (K, Ti, Ca, Mn, Cr, As, Rb, Sr, Fe, Zr, Ba, Co, Cu, Zn ve Pb) analizini yapmışlardır. Ayrışmanın yoğun olduğu alanlarda element konsantrasyonlarının nispeten düşük olduğu, bu elementlerin ortalama konsantrasyonlarının ayrışmanın yoğun olduğu Louisiana eyaletinden toplanan örneklerde sırasıyla 18560, 3872, 4253,49, 386,25112,477,23,73,7.6,92,103, 240,462 ve 18.8 mg kg^{-1}, New Mexico eyaleti örneklerinde ise sırasıyla 17649, 25067, 5412, 55, 804, 40676, 741, 43, 82, 5.5., 56, 475, 221, 559 ve 17.3 mg kg^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar elde edilen XRF sonuçlarını kullanarak toprakların tekstür dağılımlarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Tahminlerde kullanılan çok değişkenli regresyon analiz sonuçlarına göre orta ve yüksek seviyelerde ($0.68<R^2<0.97$) başarılar elde etmişlerdir.

Saaltink ve ark. (2014), 2009 yılında GEMAS (Avrupa Tarımsal Toprakların Jeokimyasal Haritalanması) adlı proje kapsamında topraktaki besin elementlerinin veya kirleticilerin tarımsal ya da yersel kaynaklı olup olmadığını belirlemek amacıyla tarımsal alanlardan 2200 adet 0-20 cm derinlikten ve otlaklık alanlardan da 2100 adet 0-10 cm derinlikten toprak örneği toplamışlar ve SiO_2, K_2O, Na_2O, Fe_2O_3, Al_2O_3 dahil olmak üzere 94 farklı element analiz etmişlerdir. Elementlerin analizinde ICP-MS ve XRF kullanılmıştır. Elde edilen element konsantrasyonları Dünya ve Avrupa' daki Karasal Yüzey değerleri ile kıyaslanmıştır. Ortalama SiO_2, K_2O, Na_2O, Fe_2O_3, Al_2O_3 konsantrasyon değerleri tarımsal alanlar için sırasıyla % 66.37, % 1.94, % 1.10, % 3.69, % 9.83 olarak, otlak alanlar için sırasıyla % 63.78, % 1.84, % 0.95, % 3.62, % 9.48 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların Dünya Karasal Yüzey değerleri (SiO_2: %53.03, K_2O: %2.45, Na_2O: %1.64, Fe_2O_3: % 2.35; Al_2O_3: %11.77) ile kıyaslama yapan araştırmacılar SiO_2 ve Fe_2O_3 değerlerinde günümüze kadar zenginleşme (artış) Al_2O_3, Na_2O ve K_2O değerlerinde ise fakirleşme (azalma) olduğu şeklinde ifade etmişlerdir. Araştırmacılar Al_2O_3, Na_2O ve K_2O deki azalışları kimyasal

ayrışma neticesinde bu oksitlerin yıkanmasına, SiO_2 ve Fe_2O_3 'de zenginleşmenin ise bunların ayrışmaya karşı daha dayanıklı olmasına atfetmişlerdir. Araştırmacılar toprak elementel analiz sonuçlarına ilaveten kil muhtevası, pH, LOI, KDK, toplam organik karbon gibi toprak özellikleriyle beraber oluşturdukları veri setini faktör analizine tabi tutmuşlar ve sonuç olarak tarımsal ve otlak alanlardaki element konsantrasyonundaki değişimleri kontrol eden faktörlerin daha çok kimyasal ayrışma, demir-aluminyum mineralleri reaksiyonları, kil mineralleri ve karbonat mineralleri gibi jeolojiksel kaynaklı olduğu şeklinde yorumlamışlardır.

Badia ve ark. (2015), İspanya' nın Kuzey Doğusunda yarı kurak bir iklime sahip Ebro havzasında ki Alcanadre nehri boyunca yer alan kalkerli akarsu birikintileri üzerinde meydana gelmiş farklı yaş ve derinliklerdeki toprakların zamansal değişimlerini incelemek onları sınıflandırmak amacıyla açılan toprak profillerinin farklı derinliklerinde ki elementel dağılım ile kireç ($CaCO_3$) birikimini geleneksel laboratuvar metotları (kalsimetre) ve XRF tekniği ile incelemişler. XRF analiz sonuçlarına göre profillerde en fazla miktarda olan elementin SiO_2 (%6.8-82.9) olduğunu bunu sırasıyla CaO (% 5.8-56.5), Al_2O_3 (%2.9-14.4) ve K_2O (% 0.7-8.0) ile TiO_2 (<%0.6), MnO (<%0.1) takip ettiğini bulmuşlardır. Topraklardaki $CaCO_3$ içeriklerinin derinliğe bağlı olarak artış gösterdiğini ve değerlerin %9.4 ile 87.7 arasında değişim gösterdiğini, kalsimetrik yöntemle belirlenen kireç içerikleri ile XRF tekniği ile belirlenen CaO değerlerinden hesaplanan $CaCO_3$ değerleri arasında da önemli bir doğrusal ilişki olduğunu belirtilmişlerdir. Araştırmada ayrıca temel bileşenler analizi (PCA) toprak morfolojik ve elementel analiz değerlerine uygulanarak bunlar arasındaki ilişkiler yorumlanarak toprak oluşum süreçleri incelenmiştir.

O'Rourke ve ark. (2016), XRF ile analiz edilmiş elementel konsantrasyonları ve referans ICP tekniği analiz sonuçlarını kıyaslayarak, XRF' in doğruluğunu test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre XRF topraklarda yüksek konsantrasyonlarda bulunabilecek K gibi makro ve Mn, Zn gibi mikro elementlerde hem de düşük konsantrasyonlar da bulunabilecek Cr ve Cu gibi elementlerde doğru sonuçlar ürettiğini, buna rağmen XRF tekniğinin topraklarda çok düşük konsantrasyonlarda

bulunabilecek P, Mg, Co ve Mo gibi elementlerin belirlenebilmesinde sınırlamalara sahip olduğunu bu yüzden ICP yönteminin düşük konsantrasyonlarda (<5 mg/kg) bulunabilecek elementlerin ölçümü için daha uygun olabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmada da düşük konsantrasyonlarda bulunan Se için XRF ile ICP arasında da çok zayıf bir ilişki elde edilmiştir. Aynı araştırmacılar XRF ile VNIRS tekniğini de kıyaslamışlar toplam elementlerin tahminin çoğunda XRF yönteminin VNIRS metoduna göre daha başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Tavares ve ark. (2019), Birezilya' nın Sao Paulo eyaleti Piracicaba şehri tarımsal alanlardan kil içeriğince zengin toprakalarının 0-20 cm derinlikten alınan örnekleri hava Kurusu hale getirip 2 mm ' den elendikten sonra iki farklı (pellet ve toz halinde) örnek hazırlama yöntemine tabi tutarak XRF ile P, K, Ca ve Mg gibi elementlerin toplam içeriklerini analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda elde edilen değerler rutin toprak analizleri sonuçları ile birlikte (hibrit system) kullanılarak topraktaki değişebilir K, Mg, Ca ve P un tahmininde kullanılmıştır. Değişebilir katyonlar ile XRF toplam element analiz sonuçları arasında istatistiksel olarak önemli korelasyonlar elde edilmiştir. XRF sonuçlarının kullanıldığı hibrit tahmin modelleri sonuçlarına göre değişebilir K ve Ca için başarılı ($R^2 > 0.76$) tahminler elde edilmiştir. Pelet haline getirilen toprak örneklerinin XRF sonuçları model başarılarını toz haline getirilen toprak örneklerine kıyasen daha olumlu olarak etkilemiştir. XRF ile belirlenen ortalama P, K, Ca ve Mg değerleri ise sırasıyla 489, 318, 750 ve 607 mg kg^{-1} şeklinde değişmiştir. Araştırmacılar ayrıca Mg ve P' un XRF tekniğiyle belirlenmesinin zor olduğunu bunun nedeninin ise bu elementlerin atmosferdeki N_2, O_2 ve Ar gibi atmosferik gazlar tarafından adsorbe edilecek miktarlarda düşük enerji seviyelerinde salınımlarda bulunduğu bu yüzdende XRF detektörüne bu salınımların ulaşamadığını bu nedenle de zor olduğunu da XRF için sınırlayıcı bir faktor olarak belirtmişlerdir.

Büchele ve ark. (2019), Almanya da 12 farklı çalışma alanından 598 adet toprak örneğini ICP ve XRF ile analiz ederek XRF enerji yansımalarını (floresan yoğunluğu) toplamışlardır. Temel Bileşenler Analizine (PCA) tabi tutarak veri setleri arasındaki olası benzerlikleri belirlemek istemişlerdir. Bu kapsamda araştırmacılar öncelikle PCA analizi ardından Kümeleme analizi kullanmışlar, PCA analiz sonuçlarına göre örnekler

farklı tekstür gruplarına göre kümelenme göstermiş olduğunu tekstür yapısının toprakları gruplamada önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Farklı tekstüre sahip toprakların bir arada kümelendiğini, demirce zengin kil örnekleri ile fakir kum içeriği yüksek olan farklı tekstürdeki toprakların kendi arasında kümelendiğini, Araştırmacılar ayrıca farklı kalibrasyon setleri oluşturarak PLSR tekniği ile Potasyum ve Demir içeriklerini başarılı bir şekilde (R^2>0.99) tahmin etmişlerdir.

Ofem ve ark. (2020), Nijerya' da tropical nemli bir alanda kireçtaşı üzerinde oluşmuş toprakların oluşumunu inceleyerek sınıflandırmışlardır. Çalışmada kumtaşı ve kireçtaşı ana materyali üzerinde meydana gelmiş 5 farklı profilden horizon esasına göre toplanan toprak örneklerinde rutin ve morfolojik özelliklerinin yanısıra ICP-OES ve XRF ile toplam element içerikleri de analiz edilmiştir. ICP analiz sonuçlarına göre toplam element miktarları shale, kireçtaşı – kumtaşı ana materyali üzerinde Fe (33.3-133.4 g kg^{-1}) > Al (9.5-17.1 g kg^{-1}) > Mg (0.84-2.60 g kg^{-1}) > Mn (0.6-2.16 g kg^{-1})> K (0.25-0.55 g kg^{-1}) > Na (0.01-0.07 g kg^{-1}) şeklinde sıralanırken; kumtaşı-kireçtaşı anamateryal üzerinde meydana gelmiş toprak profillerinde Fe (3.6-22.9 g kg^{-1}) > Al (1.7- 8.6 g kg^{-1}) > K (0.22-0.42 g kg^{-1})> Mn (0.03-2.27 g kg^{-1})> Mg(0.06-0.12 g kg^{-1}) > Na (0-0.07 g kg^{-1}) şeklinde sıralanmıştır. XRF ile ölçülen toplam elemental oksit değerlerinin ise anamateryal ve drenaj durumuna bağlı olarak yaygınlık sırası genel olarak SiO_2 (%20.31-29.08), Al_2O_3 (% 5.78-12.09) ve Fe_2O_3 (% 0.76 – 9.56) olduğu; topraklarda ZrO_2 (% 0.02-0.099), MnO_2 (% 0.01-0.28) ve TiO_2 (%0.33–1.46) değerlerinin ise az miktarlarda, P_2O_5 (%0.02-0.04) değerlerinin iz miktarda olduğu belirtilmiştir. ICP-OES ve XRF sonuçları arasındaki korelasyon analiz sonuçlarına göre de Fe_2O_3 ile Fe, Mg, Na ve Al arasında pozitif (r>0.68); MnO_2 ile Mg, Fe arasında istatistiksel olarak önemli pozitif (p=0.05) ; SiO_2 ile Al ve Mg arasında da istatistiksel olarak önemli pozitif (p = 0.05) ilişkiler bulunmuştur.

Dijair ve ark. (2020) arazi koşullarında kullanılabilen pXRF (portable XRF) tekniği ile laboratuvar koşullarında elenmiş hava kurusu toprakların analizinde kullanılan XRF metodu arasındaki farklılıkları ve korelasyonu araştırdığı araştırmada; yarı tropik iklime sahip Brezilya' nın Lavras, Minas Gerais bölgesinden 3 farklı anamateryal üzerinde meydana gelmiş 12 toprak profilinden 59 adet toprak örneğinde

çalışmış; araştırma alanındaki mineral toprakların Al_2O_3 değerlerinin arazide ve laboratuarda sırasıyla 150515 ve 159686 mg kg^{-1}; CaO değelerinin 995 ve 1074 mg kg^{-1}; Fe değerlerinin 68055 ve 80623 mg kg^{-1}; K_2O değerlerinin 971 ve 1695 mg kg^{-1}; SiO_2 değerlerinin 168046 ve 233740 mg kg^{-1}; V değerlerinin 54 ve 108 mg kg^{-1}; Ti değerlerinin 2594 ve 10085 mg kg^{-1} ve Zr değerlerinin ise 155 ve 188 mg kg^{-1} arasında değiştiğini elde edilen sonuçlara gore pXRF metodunun XRF sonuçlarına gore düşük değerler sağladığı, ayrıca araştırmacılar arazi koşullarındaki XRF ölçümlerinin toprak tekstürü, nem ve organik madde gibi toprak parametrelerince etkilenebildiğini bu nedenle bu parametrelerin arazi koşullarında ölçülen XRF değerleri ile birlikte kullanımıyla laboratuar XRF ölçümlerinin tahmin edilebileceğini; tekstür verilerinin kullanılmasıyla Al_2O_3, SiO_2, V, Ti ve Zr un tahminlerinin doğruluğunun arttığını, Fe_2O_3 ve K_2O muhtevalarınının tahmininin ise etkilenmediğini belirtmişlerdir.

Yang ve ark. (2020), kurak–yarı kurak iklime sahip Teksas' ın güney bölgelerindeki Golf sahalarından 0-15 cm derinlikten 200 adet toprak örneği alarak laboratuvar analizlerine tabi tutmuşlar, örnekleme noktalarında pXRF kullanarak K, Mn, Ca, V, Zr, Zn, Ti, Fe, Rb, ve Sr içerikleri belirlenmiştir. Toprak özelliklerinin yersel dağılımları jeoistatistiksel ve çok değişkenli istatistiksel analiz olan temel bileşenler (PCA) analizi ile incelenmiş ve elementlerin kaynağı anlaşılmaya çalışılmıştır. Toprakların pH içerikleri 6.97-8.35 arasında değişim göstermiş, Fe içerikleri %0.24-2.58, Ti değerleri % 0.05- 0.33, K içerikleri % 0.37-1.96, Ca içerikleri % 0.20-14.95, Mn içerikleri 26 – 497 mg kg^{-1}, Sr içerikleri 22.3-559 mg kg^{-1}, Zr 127-670 mg kg^{-1}), Zn içerikleri 7 – 321 mg kg^{-1}, Rb içerikleri 17.3-99 mg kg^{-1} şeklinde değişim göstermiştir. İlk iki PCA değişkenler arasındaki toplam varyasyonun %89.84'ünü açıklayabilmiştir, Zn, Ti, Fe, Rb, V, Mn ve Zr birinci temel bileşende yüksek ağırlığa sahipken Sr ise ikinci temel bileşende en yüksek ağırlığa sahip olarak; ilk temel bileşende yer alan elementlerin kayaç kaynaklı, ikinci bileşende yer alan Sr' un ise insani aktiviteler sonucunda topraklarda biriktiği şeklinde yorumlanmıştır.

Heidari ve ark. (2022), kurak yarı kurak iklime sahip İran bölgesinde 56 noktada tanımladıkları profillerde toplamda 184 toprak örneği alarak analiz etmişlerdir. Araştırıcılar toprak ve kayaç örneklerini önce toz sonra pelet haline getirip XRF

ölçümleri yapmışlar. Araştırmacılar açılan noktalarda kayaç ve topraklardan alınan örneklerde XRF ile analiz sonuçlarına göre toprak ve kayaçlardaki en yüksek elementin ortalama % 48 ile SiO_2 (% 40 ile > % 65) olduğunu. Diğer oksitlerin ise Al_2O_3, MnO, K_2O, Fe_2O_3, CaO, TiO2, Na_2O ve ZrO_2 sırasıyla %0.08–23, %0.01 – 0.21, %0.30- 52.98, %0.23- 1.18, %0.01-4.76; %0.02-2.49, %0.07-16.26 ve %0.00-0.08 arasında değiştiğini göstermişlerdir. Araştırmacılar yüzde olarak toplam çıkartılabilmiş element konsantrasyonlarının %73 ile %97 aralığında değiştiğini, LOI değerlerinin de topraktaki organik maddeye bağlı olarak %3 ile %27 aralığında değiştiğini bulmuşlardır. Toprakları 4 farklı büyük toprak grubunda sınıflandırmışlar; Entisol, İnseptisol, Mollisol ve Alfisol olarak ayrıca 4 altgrup (Orthents, Xerepts, Xerolls ve Xeralfs) US taksonomisine göre bu toprak grupları WRB sınıfında Cambisol, Calcisol, Kastanozem ve Luvisol olarak gruplandırılmıştır. Araştırmacılar ayrıca XRF sonuçlarına PCA analizi uygulayarak araştırma konusu toprak sınıflarını toprak taksonomisindeki farklı kategori seviyesinde başarılı olarak belirleyebilmişlerdir.

Elementlerin orantılanması ile elde edilen jeokimyasal indeksler genel olarak kayaçlarda ve toprak profillerindeki kimyasal ayrışmanın seviyesi hakkında bilgi elde etmek için kullanılmıştır. Jeokimyasal indeksler ayrışma süresince toprak içerisindeki mobil hareketli elementlerin azaldığını buna rağmen dayanıklı hareketsiz elementlerin miktarının ise arttığını varsayar. Al_2O_3, Fe_2O_3 gibi major oksitler hareketsiz (immobile)olarak düşünülürken; SiO_2, K_2O, Na_2O, MgO ve CaO gibi oksitler ise hareketli (mobile) olarak düşünülür. Bu oksitlerin toprak içerisindeki konsantrasyonları pedojenik işlevlere veya ana kayaca göre değişim gösterir. Toprak oluşumu süresince Mg, Ca, K ve Na gibi major elementler yıkanmanın olduğu ortamlarda azalır. SiO2’ de genel olarak azalır ayrışma yoğunluğuna bağlı olarak fakat Al2O3 düşük çözünürlüğe sahip olduğundan onun nispi oranı genel olarak artar. Fe’ de ayrışmayla beraber Al’ a benzer olarak ayrışmayla nispi olarak artar (Stockmann ve ark., 2016).

2.3. Spektroradyometrik Yöntemler

Görülebilir ve Kızılötesi Yansıma Spektroradyometre (VNIRS) tekniği görülebilir ve yakın kızılötesi dalga boylarındaki (350-2500 nm) yansımalar ile materyallere temas etmeden materyalin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi esasına dayanan analitik bir yöntemdir (Bendor and Banin, 1990; Viscarra Rossel ve ark., 2006) Materyale temas eden ışık ya adsorbe olur yada geri yansır, yansıyan ışık ise iki şekilde olabilir; specular ve diffuse (Dağılmış) (Ünal, 2005). Geri yansıyan ışık spektroradyometre ile toplanarak materyalin özellikleri kantitatif olarak tespit edilebilir.

VNIRS spektroradyometre ile yapılan analitik analizler 1950 li yıllara kadar gitmektedir (Kaye, 1954; Kaye, 1955). 1960'lı yıllarda ABD Tarım Bakanlığında görevli Karl Norris NIRS tekniğini kullanarak tarımsal ürünlerdeki nem miktarlarını ölçmeyi denemiştir bu amaçla yeni bir teknik geliştirmiştir (Pasquini, 2003). Norris tarafından yürütülen bu çalışma daha sonra gıda, tahıl ve yem endüstrilerinde kullanılmıştır.

VNIRS tekniğinin yaygın kullanımı ise 1970 li yıllarda bilgisayarların gelişimi ile mümkün olmuştur. 1980 ve 1990 yıllardaki Kemometrik analizlerin gelişmesiyle de teknik daha da yaygınlaşmış ve toplanan verilerin analizleri kalibrasyonlar daha rahat bir şekilde yapılabilmiştir. Kemometrik kimyasal verilerin analizlerinde istatistiksel ve matematiksel yöntemlerin kullanılması işlemidir. Spektroradyometre tekniği ile elde edilen spektral veriler elde edildikleri materyallerin fizikokimyasal özellikleri hakkında önemli bilgilere sahip olabilirler bu bilgiler ise kemometrik metotlar ile ortaya çıkarılabilir (Clark, 1999). Kemometrik metotlar yardımıyla çok fazla örneğe ait birden fazla özellik aynı anda tahmin edilebilmektedir.

VNIRS tekniği ve kemometrik metotlar yardımıyla çok fazla sayıdaki örneğin birden fazla özelliği çok kısa bir sürede doğru bir şekilde analiz edilebildiğinden kullanım alanı genişlemiştir. NIRS tekniği endüstride gıda materyallerinde, hayvansal ve bitkisel ürünlerde, toprak özelliklerinin karakterize edilmesinde, yakıt ve polimer kalitelerinin belirlenmesinde, ilaç endüstrisinde, tıp alanında ve petrol ürünlerinde

başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. En önemli avantajlarından biri ise materyale zarar vermeden materyalin karakterize edilebilirliğidir (Pasquini, 2003).

Toprak biliminde VNIRS tekniği ilk defa 1960 lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (Bowers ve Hanks, 1965). Daha sonra VNIRS tekniği yardımıyla bir çok toprak özellikleri karakterize edilmiştir (Dalal ve Henry, 1986). Farklı araştırmacılar topraklardaki besin elementi konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla da VNIRS tekniğini kullanmıştır (Henderson, 1992; Ben-Dor ve ark., 2002). Tekniğin yoğun olarak kullanılmaya başlaması ise 2000 li yıllarda yapılmıştır (Cohen ve ark., 2005).

Farklı toprak özellikleri; organik ve inorganik karbon toplam azot, KDK, pH ve besin elementi konsantrasyonları; Mg, Ca, Zn, K, Fe farklı dalga boyu aralığında ki ; görülebilir (400-700 nm), yakın kızılötesi NIR (700-2500 nm) ve orta kızılötesi MIR (2500-25000 nm) yansımalar kullanılarak başarılı bir şekilde karakterize edilmiş ve tahmin edilmiştir (Baumgardner ve ark., 1985).

Topraklardan gelen spektral yansımalar toprak partiküllerinin yüzeyini kaplayan organik ve mineral materyallerce (Kireç, Fe oksitler ve kil) belirlenir. Laboratuvar ortamında bu fiziksel özelliklerin yanısıra ışığın toprağa ulaşma ve sensör tarafından geri yansıyan ışığın algılanma yönleri de toprak örneğinin yansıması üzerine etkilere sahiptir. Arazi koşullarında ise bu sayılan parametrelerin yanısıra toprak yüzeyi pürüzlülüğü de yansımayı etkileyebilmektedir. Laboratuar ortamında partikül büyüklüğü azaldıkça toprak yansıması artmaktadır. Bu nedenle de laboratuvar ve arazi koşullarında çalışılan toprak örneklerinden meydana gelen yansımalar kıyaslanamaz (Cierniewski ve Kusnierek, 2010).

Bower ve Hanks (1965), kaba kil ile kum arasında farklı tekstüre sahip toprakların yansımalarını test etmişler ve yansıma ile partikül büyüklüğü arasındaki ilişkinin eksponansiyel olduğunu bildirmişlerdir. Piech ve Walker (1974), partikül büyüklüğü 2mm` den 0.062 mm` ye azaldıkça 500-900 nm aralığında daha yüksek bir yansıma elde etmişlerdir. Bu ve benzeri çalışmalar laboratuvar koşullarında bozulmuş toprak örneklerinde agregat büyüklükleri düştükçe yansımalarında da yükselmeler

meydana geldiğini teyit etmiştir. Agregatlar ne kadar küçük olursa yüzeyleri daha küreselken, agregatlar büyüdükçe daha düzensiz bir şekil almakta agregatların aralarındaki boşluk ve çatlaklarda daha fazla olacağından gelen ışık hapsolacak ve yansıma azalacaktır.

Organik madde arttıkça toprak yansıması azalmaktadır. %1' den daha az bir organik madde artışı toprak yansımasında önemli bir azalışa neden olabilir. Toprak içerisinde %1.5-2 arasındaki organik madde toprak partiküllerinin mineralojik özelliklerinden etkilenir. Organik maddenin toprak yansıması üzerindeki etkisini inceleyen araştırmacılar organik maddenin 600-700 nm aralığında diğer bir araştırma da ise daha uzun dalga boylarında (1744, 1870 ve 2052 nm) etkili olduğunu bulmuşlardır (Dalal ve Henry, 1986). Ayrıca topraktaki yansıma üzerine sadece organik madde değil, organik karbon fraksiyonları, humik ve fulvik asitlerinde etkili olabildiği belirtilmiştir.

Topraktaki $CaCO_3$ miktarı da topraklardan meydana gelen yansımaları artırmaktadır. $CaCO_3$ miktarı yükseldikçe yansımada artış gösteriyor. $CaCO_3$' ın 2208 nm ve 2341 nm dalga boylarında elektromanyetik dalgaları adsorbe ettiği de rapor edilmiştir (Lagacherie ve ark., 2008).

Topraklardaki mineral ve organik fraksiyonlar daha çok kısa dalga boylarında ki enerjiyi adsorbe eder, bu yüzden daha uzun dalga boylarında 1300 nm den 2500 nm' ye yansımada artan bir eğim mevcuttur. 1450 ve 1950 nm civarlarda ise su moleküllerince kuvvetli bir şekilde tutularak bu dalga boylarında derin bir adsorpsiyon oluşur. Özellikle de arazi koşullarında. Toprak yüzeyindeki nemde yansımaları etkileyen önemli bir faktördür. Genel olarak toprak nemindeki artışa bağlı olarak yansıma seviyeleri de azalır. Bu azalış özellikle koyu renkli topraklara nispeten organik maddece düşük açık renkli topraklarda daha belirgindir.

Elde edilen spektra değerleri ile toprak örneğinin toprak özellikleri arasında oluşturulan nicel (kantitatif) modellerin güvenlir ve standart metotlar ile kalibre edilmesi gerekmektedir. Kalibrasyon amacıyla çok değişkenli istatistiksel metotlar

kullanılmaktadır (Ünal, 2005). Spektral veriler ile materyale ait özelliklerin sayısal değerleri arasında kurulan kalibrasyon modelleri için yaygın olarak kullanılan istatistiksel (kemometrik) metotlar arasında; çok değişkenli regrasyon (Ben-Dor ve Banin, 1995), Çoklu Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri (MARS) (Shepherd ve Walsh, 2002), Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve Regresyonu (PCR) (Chang ve ark., 2001), Yapay Sinir Ağları (ANN) (Daniel ve ark., 2003; Çini, 2009) ve Kısmı En Küçük Kareler Regresyonu (PLSR) (McCarty ve ark., 2002; McCarty ve ark., 2011; Bilgili, 2011) gelmektedir.

Ön işlemler spektral verilerin toplanması esnasındaki gürültüleri (noise) ortadan kaldırılmasına yardımcı olabilir (Stenberga ve ark., 2010). Ön işlem sonucu elde edilen veriler birincil, ikincil türev (first, second derivative) olarak adlandırılır. Elde edilen ham yansıma ya da türevleri regrasyonda kullanılır. Regasyon modelinin (Kalibrasyon) doğruluğu kalibrasyon hatası (SEC) ve kalibrasyon modelinin gerçek değerler ile test edilmesi sonucundaki doğruluk oranı ise tahmin hatası (SEP) ve doğruluk katsayısı (R^2) ile belirlenir.

Topraklardan meydana gelen spektral yansımalar üzerine parçacık boyutu ve nemin oldukça etkili olduğu bildirilmiştir. Parçacık büyüklüğünün azalmasıyla 400-1000 nm aralığında meydana gelen yansımada üstel bir şekilde artış göstermiştir (Bower ve Hanks, 1965). Parçacık boyutuna bağlı olarak yansımada meydana gelen değişimin yüzey pürüzlülüğü ile alakalı olduğu belirtilmiştir. Büyük agregatlara sahip topraklardan meydana gelen yansımadaki azalmanın düzensiz şekilli agregatlar arasındaki boşluklara düşen ışığın yakalanması ile açıklanmıştır (Baumgardner ve ark., 1985). Aynı şekilde toprak neminin yansıma üzerine etkisini gösteren bir çalışmada ise örnekler kuru olduğunda toplam yansımada artışlar meydana geldiği ayrıca 1400 ile 1900 nm de yer alan su absorbsiyon bantlarında ışığın absorpsiyonunun azaldığı belirtilmiştir (Krishnan ve ark., 1980).

Toprak rengi, organik madde içeriği, toprak parçacık çapı toprak yüzeyinden meydana gelen yansımaları etkilediği farklı toprak tekstürüne sahip toprakların yansımalarında önemli farklılıkların olduğu bildirilmiştir (Mouazen ve ark., 2005).

VNIRS tekniği topraklardaki C-O–N–H den meydana gelen ve doğrudan spektral signaller ile ilişkili olan organik fonksiyonel gruplardan oluşan toprak karbonu gibi özelliklerin karakterize ve tahmin edilmesinde daha başarılı iken pH gibi toprak çözeltisindeki H iyonu molar konsantrasyonlarının bir fonksiyonu olan ve spektral signaller ile doğrudan ilişkisi olmayan özelliklerin tahmin edilmesinde başarılı bulunmamıştır. Bu gibi spektral veriler ile doğrudan ilişkili bulunmayan parametrelerin VNIRS metodu ile tahmin edilmesi bunların organik madde ve toprak tekstürel parametreler ile dolaylı ilişkileri vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Bu nedenle bu spektral olarak aktif olmayan parametrelerin kil ve organik madde ile ilişkileri ne kadar kuvvetli ise tahminleride o derecede başarılı olacaktır (Bilgili, 2011).

Toprak mineralojisinin VNIRS tekniği ile karakterizasyonu kil partiküllerinin kızılötesi bölgede aktif olmasından dolayı mümkündür. Kil içeriği ve Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) gibi parametrelerin spektral veri ile kalibrasyonun da ise minerallerin kristal yapısındaki Fe, Mg ve Al- OH ile su moleküllerindeki O-H bantları önemli rol oynamaktadır. KDK nin karakterize edilmesi 2000 nm civarındaki katyonların (Ca, Mg, K ve Na) etrafındaki su molekülleri ile ilişkili bağlar sayesindedir. Değişebilir Ca topraklarda varolan 2:1 tipi kil minerallerinin tabakaları arasında ya da diğer kalsit ve dolomit benzeri minerallerin yapısında yer aldığından kızılötesi bölgede aktiftir ve VNIRS metodu ile başarılı bir şekilde tahmin edilmesi mümkündür. Değişebilir Mg da dolomit mineralinde yer alan Ca ve Mg CO_3 ile kil minerallerindeki doygun Mg nedeniyle değişebilir Ca a benzer bir şekilde doğru olarak tahmin edilebilmektedir. VNIRS tekniği ile kimi toplam elementlerin tahmin başarısı da killer, Fe-Al oksitler ve hidroksitler ile bu elementleri içeren sülfatlardaki spektral olarak aktif bantlar ile ilgilidir (O'Rourke ve ark., 2016).

Chang ve ark. (2001), değişik ülkelerden toprak yüzeyi ve yüzey altı derinliklerden toplanan 802 adet toprak örneklerinde laboratuar ortamında belirlenen 33 farklı toprak özelliğini spektral yansımalar kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Toprak özellikleri ile spektral veriler arasındaki kalibrasyonlar Temel Bileşenler Analizi regresyonu kullanılarak yapılmış ve araştırmacılar toplam karbon

ve azot, toprak nemi, KDK, kum, silt, değişebilir Ca gibi parametreler için başarılı sonuçlar (R^2>80) elde ederken , aynı teknikle değişebilir kil, Fe, Mg, Mn, K, Ca, Mg ve K için yapılan modeller için daha az başarılı sonuçlar (R^2=80-0.50) ve farklı çaptaki agregatlar için ise düşük başarı seviyesi elde etmişlerdir (R^2=0.46-0.60). Araştırmacıların PCR metodu ile değişebilir Zn, P, Cu ve Na için güvenilir olmayan başarısız tahminler rapor etmişlerdir (R^2 <0.50)

Keith ve ark. (2002), Afrika bölgesindeki toprakların spektral kütüphanesini elde etmek amacıyla 1000 in üzerinde yüzeyden alınmış toprak örneklerinin 350-2500 nm aralığında yansımalarını elde etmiş çoklu uyarlanabilir regresyon eğrileri (Multiple Adaptive Regression Splines; MARS) tekniği kullanarak toprak parametrelerinin tahmin edilebilirliğini test etmişlerdir. Araştırmacılar veri setindeki 2/3 örneği kalibrasyon modelleri için geri kalan 1/3 örneğide kalibrasyon modellerini test etmek için validasyon seti olarak kullanmışlardır. Araştırmacıların elde ettikleri tahmin sonuçlarına göre değişebilir Ca, Mg, organik karbon ve KDK için R^2 > 0.80 değerini, kum içeriği ve pH için ise sırasıyla 0.76 ve 0.70 R^2 değerlerini elde etmişlerdir.

Kamrunnahar ve ark. (2003), elektromanyetik alanın üç farklı; UV (250-400 nm), görülebilir (400- 700 nm) ve kızılötesi (700-2500 nm) bölgesinde 161 adet toprak örneğine ait yansımaları toplayarak laboratuar analizleri ile spektralar yansımalar arasında kalibrasyon modelleri geliştirmişlerdir. Elde edilen kalibrasyon model sonuçlarına göre araştırmacılar pH, organik karbon, gravimetrik nem muhevası, kil, KDK, değişebilir Ca ve Mg için başarılı sonuçlar (0.60< R^2 < 0.80), elde ederken, EC, Fe, kum, değişebilir Na ve K ve silt için ise başarısız sonuçlar (R^2<0.60) elde etmişlerdir.

Chang ve ark. (2005), toprak neminin spektral yansıma ile toprak özelliklerinin tahmin başarısı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada 400 adet toprak örneğinin iki farklı nem koşullarında (nemli ve hava kurusu) laboratuvar ortamında farklı karbon fraksiyonlarını (toplam, organik ve inorganik), toplam azotunu, KDK, pH, tekstürünü belirlemişler ayrıca örneklere ait NIRS bölgesindeki yansımaları toplamışlardır.

Araştırmacılar her iki nem durumunda da toprak özellikleri ile spektral yansımalar arasında kabul edilebilir bir başarı seviyesi ($R^2 > 0.60$) elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Song ve Annia (2005), Çin'in Zhejiang Eyaletinden elde ettikleri 165 adet toprak örneğinde hava kurusu durumda iken elde edilen görülebilir ve yakın kızılötesi spektral yansımaları farklı toprak özellikler ile ilişkilendirdikleri çalışmada örneklerin 135 adetini kalibrasyon modelleri için geri kalan 30 adet örneğinde kurulan kalibrasyon modellerinin validasyon doğruluğunu test etmek amacıyla kullanmışlardır. Kalibrasyon modellerinin elde edilmesinde PLSR tekniği kullanan araştırmacılar tahmin edilen ve laboratuar ortamında ölçülen gerçek değerler arasında azot ve organik madde için sırasıyla 0.93 ve 0.92 olarak Fosfor ve Potasyum için R^2 değerlerini sırasıyla 0.48 ve 0.68 olarak rapor etmişlerdir.

Brian ve ark. (2005), nispeten küçük bir deneme alanından (1.6 ha) topladıkları 2 mm' den elenmiş hava kurusu 300 adet toprak örneğinin yakın kızılötesi bölgede spektral yansımalarını elde etmişler ve labortuar ortamında belirlenen toplam karbon ve azot analiz sonuçları ile ilişkilendirmişlerdir. Laboratuar sonuçları ile spektral veriler arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler (R^2>0.97**) belirlemişlerdir . Spektral veriler ile incelenen toprak özellikleri arasındaki en düşük ilişki hacim ağırlığı için (R^2 = 0.72**) elde edilmiştir.

Pirie ve ark. (2005), Avusturalya Queensland bölgesinde elektromanyetik spekturumun üç farklı bölgesinden (UV, görülebilir, yakın kızılötesi ve orta kızılötesi) spektroradyometre tekniğiyle 415 adet yüzey ve yüzey altı derinlikten toplanan örnekler için elde ettikleri toprak yansımalarını farklı toprak özellikleri (kum,kil,silt, organik karbon, pH, KDK, değilebilir Mg ve Ca) ile Temel Bileşenler Regrasyon Analiz (PCR) metodu yardımıyla ilişkilendirdikleri çalışmada orta kızılötesi bölgeden elde edilen yansıma değerleri ile kurulan modellerin başarısının (R^2=0.62-0.85) UV görülebilir ve yakın kızılötesi bölgeden elde edilen modellerin başarısına (R^2=0.28–0.76) göre daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.

Farifteh ve ark. (2007), toprak tuzluluğunun karakterize edilmesinde spektroradyometrik teknikleri kullanmıştır. Bu amaçla değişen oranlarda tuz içeriğine

sahip toprakların yansımaları toplamış ayrıca PLSR tekniği ile elde edilen yansımalar ve toprak tuz konsantrasyonları arasında modeller geliştirmişlerdir. Kurulan PLSR modellerine göre toprak tuz içerikleri ile yansımalar arasında başarılı seviyede ilişkiler (R^2=0.80; RPD=2.20) rapor eden araştırmacılar tuz içeriğinin düşük olduğu kumlu alanlarda kurulan modellerin tuz içeriği yüksek olan kumlu tınlı alanlara göre daha başarılı modeller elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Awiti ve ark. (2008), Afrika Sahrasında yer alan ormanlık alanların zamana bağlı değişimi ile toprak özelliklerindeki farklılıkları belirlemek amacıyla NIR spektroradyometre tekniği kullanmışlar. Çalışmada bölgeden toplanan 582 adet toprak örneğinin yansımalarını elde eden araştırmacılar yansımalar ile toprak karakteristikleri arasındaki ilişkileri kurmak için PLSR tekniğini test etmişlerdir. Veri setini iki gruba ayırarak toprakları Diskriminant sınıflandırma tekniği ile sınıflandıran araştırmacılar üçte bir örneği kalibrasyonda geri kalan üçte iki örneğin test seti olarak kullanmışlardır. PLSR tekniğiyle toplam karbon, azot ve KDK için R^2 = 0.90, değişebilir Ca için R^2 = 0.85, kil ve silt içerikleri için R^2 = 0.77, değilebilir Mg için R^2 = 0.76, toprak pHsı için R^2 = 0.72 ve K için ise R^2 = 0.64 başarı oranını elde etmişlerdir.

Nduwamungu ve ark. (2009), Inceptisol grubu toprakların hakim olduğu 15 ha lık bir araziden topladıkları 150 adet örneği hava kurusu durumda iken NIRS tekniği kullanarak yansımaları toplamışlar. Aynı örnekler laboratuar ortamında farklı özellikler içinde analiz edilerek analiz edilen özeliklerin spektral yansımalar ile tahmin edilebilirliğini araştırmışlardır. Araştırmacılar tahminlerin başarılarını test etmek amacıyla R^2, RPD ve RER gibi performans parametreleri kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre Kil, Kum ve N içerikleri için başarılı tahminler ($R^2 \geq 0.90$, RPD $\geq$ 3), pH için ise orta seviyede başarılı ($0.51 \leq R^2 \leq 0.74$; $1.39 \leq$ RPD ≤ 1.92) tahmin sonuçları elde etmişlerdir.

Mouazen ve ark. (2010), VNIRS spektroradyometre tekniği kullanarak toprak özelliklerinin tahmininde üç farklı data madenciliği metodunu (PCA, PLSR ve ANN) kıyaslamışlardır. Toplanan 168 adet toprak örneğine ait özelliklerin spektroradyometerik teknikler ile elde edilen tahminlerin başarısı için çapraz

doğrulama (cross validation) yaklaşımını test etmişler bu amaçla veri setindeki örneklerin % 90 ını kalibrasyonda % 10 unuda test setinde kullanmışlardır. Kıyaslanan modeller arasında en iyi sonucu geri beslemeli yapay sinir ağları (ANN) tekniğiyle elde eden araştırmacılar organik karbon için R^2=0.84 ve RPD=2.54; Mg için R^2 =0.84 ve RPD=2.54 performans değerlerini elde etmişlerdir. N, P ve K için ise bu değerler R^2 =0.68-0.74 ve RPD=1.77-1.94 arasında değişim göstermiştir.

Cierniewski ve Kusnierek (2010), kil, $CaCO_3$, organik madde gibi mineral ve organik materyaller ve toprak neminin toprak yansıması üzerine etkilerini araştırmak için incelenen özellikler bakımından geniş bir aralığa (range) sahip 28 adet toprak örneğinin laboratuvar koşullarında spektral yansımalarını 350-2500 nm aralığında ASD FieldSpec Pro 3 spektroradyometre ile toplayarak farklı dalga boylarında yansımaları grafik haline getirmişler, ayrıca toprak yansımalarını data seti içindeki en yüksek yansımaya sahip örneğin yansımasına orantılayarak spektral oranı hesaplayıp farklı parametrelerin etkisini daha detaylı incelemişlerdir. Araştırmacıların elde ettiği sonuca göre toprak organik maddesinin yansımayı çoğunlukla 400–700 nm aralığında etkilediğini, humik ve fulvik organik madde fraksiyonlarında meydana gelen iki kat organik madde artışının yansımada beş kat azalışa neden olduğunu, % 4' lük $CaCO_3$ azalışında ise 1000 nm' nin üzerinde ki yansımada %7' lik bir azalış meydana geldiğini, kil fraksiyonun ise 500-700 nm dalga boyu aralığında etkiye sahip olduğunu, kil fraksiyonundaki %13 azalmanın yansımada % 10' luk bir düşüşe neden olduğunu, tamamen doygun hale getirilmiş toprak örneklerinin ise hava kurusu hale getirildikten sonra yansımalarında %80- 90 arasında artışlar meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

Bilgili ve ark. (2011), Harran Ovası tuzdan etkilenmiş yaklaşık 1000 ha lık bir alandan yüzey ve yüzey altı derinlikten toplanan 150 adet toprak örneğinde laboratuar ortamında EC ölçümlerinin yanısıra FieldSpec Pro hyperspectral spectroradyometre aleti kullanarak örneklerin 350-2500 nm dalga boyu aralığındaki yansımalarını da elde etmişlerdir. EC değerler ile spektral yansımalar arasındaki ilişkilerin modellemeleri PLSR metoduyla gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon ve sınıflandırma modelleri olarak PLSR, Çoklu Uyarlanabilir Regresyon eğrileri (MARS) ve Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları (CART) yöntemlerini kullanan araştırmacılar data setindeki

yüksek jips değerlerine sahip örneklerin veri setinden çıkarılmasıyla tuzluluk için daha başarılı tahmin sonuçları elde ettiklerini (R^2 =0.86 ve RPD=2.70), topoğrafik parametrelerinde modellere dahil edilmesiyle tahmin başarılarında % 12 oranında ilerleme olduğunu ayrıca VNIRS metoduyla toprak tuzluluk parametrelerinin değerlendirilmesinde tekstür ve mineral yapının da etkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Şenol ve Akgül (2012), Isparta, Antalya, Burdur, Afyonkarahisar ve Denizli illerinde yer alan yaygın büyük toprak gruplarının horizonlarından toplanan toprak örneklerinin NIRS tekniği ile yansımaları elde edilmiş ve toprak özellikleri ile ilişkilendirilmiştir. Spektral yansımaları kullanarak yapılan en başarılı tahmin Kireç içeriği ve Katyon Değişim Kapasitesi (R^2 =0.90) için elde edilirken bunu sırasıyla tarla kapasitesi (R^2=0.70), hacim ağırlığı (R^2 =0.70), tarla kapasitesi su muhtevası (R^2=0.74), solma noktası su muhtevası (R^2=0.70), değişebilir K (R^2=0.66), değişebilir Ca+Mg (R^2=0.64), kil (R^2=0.59), silt (R^2=0.59), değişebilir Na (R^2=0.58), organik madde (R^2=0.57), kum (R^2=0.56), pH (R^2=0.51) ve COLE (doğrusal genişleme katsayısı) (R^2=0.50) izlemiştir.

Brosinky ve ark. (2014), İspanya' da su havzasının farklı alt havzalarında farklı noktalardan taşınan sedimentleri toplayarak hava kurusu hale getirip daha sonra 60 ^oC de kurutulan sediment örneklerinde spektral yansımaları toplayıp sedimentin geldiği noktayı belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar 152 sediment örneği ile farklı ana materyal (karbonat ve marn) ve arazi kullanımlarından (çalılık, ormanlık, çim alanı) akışa geçen sedimentin kaynağını temel bileşenler analizi ve spektral veriler yardımıyla bulmak istemişlerdir. Araştırmacılar hem toplanan sedimentlerin yansımalarını laboratuar ortamında elde etmişler hem de arazi çalışmalarıyla farklı bitki deseni altında yer alan farklı ana materyal üzerinde meydana gelmiş toprak alanlarında spektraları yerinde toplamışlardır. Diskriminant fonksiyon analizi uygulanarak spektranın farklı kaynaklardan ulaşan toprakların ayrım gücü test edilmiştir. Spektral verilere uygulanan PCA analizi yardımıyla farklı arazi desenlerinden ulaşan sedimentlerden toplanan yansımalara göre çalılık alanlar, işlenen araziler ormanlık alanlar ile çakışırken, otlak alanlar ise ormanlık alanlar ile çakışmalar oluşturmuştur. İlk 2 PC data setindeki %82 değişkenliği açıklarken, 7 PC toplam %98

değişkenliği açıklayabilmiştir. Diskriminant fonksiyon analizi sınıflandırma doğrulukları farklı gruplama sayılarına bağlı olarak %20–77 arasında değişim göstermiştir.

Eisele ve ark. (2015), termal kızılötesi dalga boyunda salınım yapan enerji ile (8–14 mikrometre) görülebilir ve kızılötesi dalga boyunda salınım yapan enerjiyi toplayan spektroradyometre teknikleri kullanarak Avustralya'nın kurak–yarı kurak alanlarından toplanan 137 toprak örneğinde toprak tekstürel dağılımını ve toprak organik karbonunu tahmin etmeye çalışmışlar ayrıca XRF ile SiO_2 ve Al_2O_3 analizleri de yaparak modellere dahil etmiştir. Araştırmacıların topraklarındaki yüksek kum içeriklerine (%85-95) bağlı olarak SiO_2 ve Al_2O_3 düzeyleri sırasıyla % 60.30-97 ile % 0.90-14.60 oranında değişim gösterdiğini ve bunun nedeninin toprak örneklerinin demir ve kil minerallerince kaplanmış olabileceği ve bu durumda da uzun dalga kızılötesinin (LWIR) daha başarılı sonuçlar üretebileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar özellikle çalışma alanına benzer kurak ve yarı kurak alanlarda çok düşük miktarlarda organik madde içeriğine (%0.17-1.12) sahip toprak örneklerinde VNIRS' a kıyasla LWIR bölgeden toplanan enerjinin bu ve benzeri toprak özelliklerini tahmin etmede daha başarılı olacağını sonuçlar ile göstermişlerdir.

Lazar ve ark. (2019), Fas Triffa ovasından farklı toprak tiplerinden 26 farklı noktadan toprak yüzeyinden toplanan örneklerde VIS-NIR spektroskopi yardımıyla toprak yansımaları elde edilmiş, elde edilen yansımalar yardımıyla toprak örneklerinin ayırt edilebilirliği araştırılmıştır. Araştırmacılar ayrıyeten organik madde ve $CaCO_3$ gibi faktörlerin toprak yansımaları üzerine etkilerini araştırarak, incelenen toprak örnekleri arasında ayrım gücüne sahip en önemli spektral bantları teşhis etmişlerdir. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre organik maddenin özellikle görülebilir spektral bölgede 580-750 nm aralığında önemli bir etkiye sahip olduğunu, $CaCO_3$ içeriğince zengin toprakların yüksek bir yansımaya sahip olduğunu doğrusal diskriminant analiz metodunu kullanarak 1999, 686, 1280, 2340 ve 1951 nm' deki spektral bantların ovada toprak örneklerinin ayrımında önemli bulunduğunu belirtmişlerdir.

2.4. Toprakların Adli Uygulamalarda Kullanımı

Toprak yer yüzeyinde olduğundan doğası gereği insanlar ile suç mahali arasında bağlantı oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Toprağın delil olarak kullanılabilmesinin önemi büyük ölçüde onun değişken karakteristiklerine bağlanmaktadır. Toprak sadece onun mineraller, oksitler, organik madde, mikro organizmalar gibi içerik yönünden değil ayrıca partikül büyüklüğü ve sahip olduğu boşluklar yönünden de kompleks bir yapıya sahiptir. Toprakların çeşitliliği topoğrafya, biota, zaman ve iklim gibi farklı toprak oluşturan işlemler ve bunların ana materyalin üzerine yaptıkları etkileme şekilleri neticesinde meydana gelir. Toprak delilinin değeri, suç mahallindeki yaygınlığı ve olay yeri ile şüpheli arasında aktarılabilirliği ile ilgilidir. Topraklar'ın adli analizi doğa ile karşılaştırmalıdır. Toprakların kompozisyonundaki çeşitlilik ve farklılık onların örnekler arasındaki yüksek ayrım gücüne sahip olmasına neden olur. Toprak örnekleri gözlemlenebilir ve doğrudan analiz edilebilir ayrıca büyük bir varyasyona sahip olduğundan da çok önemli bir delil kaynağı sunarlar (Onion, 2009).

Adli bilimin öncülerinden Fransız Edmond Locard da bir kişi ya da bir nesne diğer bir kişi ya da nesne ile bir temas olduğunda kanıtların çapraz aktarımı bir başka deyişle partikül değişimi olduğunu söylediği “Locardın değişim prensibi” teorisini ortaya çıkarmıştır. Toprak 1904’ de Almanya da bir delil olarak bir sanığın mahkumiyetine neden olmuştur. 1900’ lü yıllardan beride toprağın adli kullanımı gelişmeler göstermiş önemli ölçüde ve mahkemelerde önemli delil olarak da kabul edilmeye başlanmıştır (Onion, 2009).

Marumo ve ark. (1988), adli bilimde toprak kil minerallerinin teşhisinde XRD, Infrared Absorpsiyon Spektrometre (IR) ve difransiyel termal analiz (DTA) gibi enstrumental analiz yöntemlerini kullanmıştır. Bu amaçla 0.05 mm'den küçük partiküller içerisindeki organik madde ve demir oksitler imha edildikten sonra enstrümental analize tabi tutulmuştur. Tabakalı yapıya sahip olan kil mineralleri arasındaki bazal boşluklar XRD analizi ile belirlenerek teşhisler sağlanmıştır. IR gibsit

ve kaolinit gibi minerallerin teşhisi için, DTA yöntemi de XRD veya IR yöntemiyle teşhis edilemeyen allofan benzeri minerallerin teşhisinde kullanılmıştır. Araştırmacılar forensik bilimde kil minerolojik analizinin kullanılabilirliğini doğrulamak amacıyla granit ana materyal üzerinde oluşmuş bir bölgeden toplanan toprak örneklerine enstrümental analizler uygulamışlar. Sonuç olarak araştırmacılar kil mineral kompoziyonunun arazi topoğrafyasını yansıtan biçimde değişim göstermiş olduğunu açıklamışlardır.

Japonya Kyoto bölgesinden toplanan 110 toprak örneğinin sınıflandırılmasında ve ayırt edilmesinde X-ray floresan spektrometreden (XRF) yayılan enerji kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre rubidium, strontium, potasyum ve demir konsantrasyonları ile toprak örneklemelerinin yapıldığı alanlardaki jeolojik materyaller arasında önemli korelasyonlar bulunmuştur (Hiraoka, 1994). Araştırmacılar XRF in toprak örneklerinin orjinal lokasyonun belirlenmesinde faydalı olabileceğini de belirtmişlerdir.

FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) 1 mg a kadar örnekler ile toprak imzasını ortaya çıkarabilir. Bu yüzdende adli kullanımda faydalı bir araç olarak görülmüştür. Topraklarda FTIR hem inorganik hem de organik parçacıkların parmakizlerini verebilir. Organik maddenin topraktan elemine edilmesinden sonra FTIR yönteminin toprakların ayırt edici gücü artırılmıştır başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Cox ve ark., 2000). IR analiz metodu hem çok az örnek kullanılması hem de örneklerin bozulmaması yönleriyle avantajlara sahiptir.

Croft and Pye (2007), spektrofotometrik renk tespiti, lazer difraksiyon partükül dağılım analizi, stabil izotop analizi ve kimyasal element analiz gibi 4 farklı analitik tekniği kıyaslamışlardır. 4 toprak tipi ve 5 ayakizi çeşidi araştırılmıştır. Araştırmacılar farklı toprak tipleri arasında 4 farklı metotla da mükemmel doğruluk ve iyi bir çözünürlük gücü elde etmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre renk, stabil karbon, azot izotop oranları, element kimyası bakımından kaynak ve taşınan toprak örnekleri arasında küçük farklar bulunurken, tane büyüklüğü bakımında önemli farklar elde edilmiştir.

Muccio and Jackson (2009), Jeokimyasal tekniklerden izotop oranı ile jeokimyasal imzaları adli bilimde kullanmıştır.

Onions (2009), Kızılötesi spektroskopi metodunu kemometrik teknikler ile beraber kullanarak topraklar hakkında bilgi sahibi olmak ve çişitli toprakları kıyaslama amacıyla bu metodunun potansiyelini adli toprak bilimi alanında test etmiştir. Adli bilimde bu her iki birleştirilmiş metodun toprakları ayırt edebilme gücünü test etmiştir. Bu metodun adli bilimde önemli avantajlara sahip olduğunu, bu avantajlar arasında örneklerin herhangi bir ön hazırlığa gerek duymadığını, suç mahalinin olduğu arazi koşullarınada taşınabilir olduğunu ayrıca analiz içinde çok az miktarlarda örnek gerektiğini vurgulamıştır. Birde bu metotda örneğin herhangi bir kimyasala maruz kalmadığından sonraki zamanlarda örneklerin farklı metotlar kullanılarak diğer analizlere tabi tutulabileceğini belirtmiştir.

Dawson ve Hillier (2010), adli toprak biliminde toprak özelliklerinin karakterizasyonunda kullanılabilecek farklı metotların olduğunu (kimyasal analiz metotları, mineroloji ve palinoloji, DNA profil oluşturma, X ray difraksiyon, infrared spektroskopi ve organic marker analizi); her bir tekniğin farklı çözünürlüğe ve suçun doğasına ve kapsamına bağlı olarak uygunluğa sahip olduğunu ayrıca her bir metodun kendine özgü güçlü ve zayıf tarafları olduğunu belirtmişlerdir.

Uitdehaag ve ark. (2016), Toprak örneklerinin adli kıyaslamaları için Hollanda da yürütükleri çalışmada XRF elemental analiz tekniği kullanarak 50 toprak örneğinde 20 ye yakın element belirlemişler; örnekler arasındaki benzerlik ve farklılıkların belirlenmesini 5 farklı mesafe istatistiği analizi kullanarak tespit etmeye çalışmışlardır. Örnekler istatistiksel analizlere tabi tutulmadan elemental analiz değerleri farklı ön işleme (standard sapma, normalize etme, logaritma alma, karakök) tabi tutulmuş. Örnekler arasındaki benzerliğe en yakın sonuç değerlerin karakökünün alınıp normalize edildikten sonra Canberra benzerlik testinin uygulandığı sonuçlardan elde edilmiştir. Yöntemin doğruluğu ayrıca 12 farklı noktada uygulanan ayakkabı izlerinden sonra temin edilen toprak örnekleri ile örnekleme noktası arasında test

edilmiştir. Test sonucuna göre örneklerden 8 tanesi tam benzerlik gösterirken 3 tanesi yakın 1 taneside farklılık göstermiştir.

Cheshire (2016), Jeokimyasal analiz tekniklerinin adli tıpta kullanılma ve karmaşık kökenli örneklerin yorumlanması amacıyla Birleşik Krallıkta adli olarak birbiriyle ilişkili iki lokasyon seçilerek ,ayrıca zamansal değişimi değerlendirmek amacıyla dörder ay aralıkla bir yıl boyunca örnekleme yaparak analiz yapmıştır.

Hiraoka (1994), bilinmeyen toprak kaynaklarını belirlemek için, Japonya'nın Kyoto bölgesindeki 110 farklı alandan toplanan örnekleri XRF ile analiz etmiş ve çok değişkenli analiz yöntemiyle ana kaya ile karşılaştırmıştır ve tüm örnekler dokuz kategoride sınıflandırılmıştır. Araştırma sonuçları K, Fe gibi majör elementlerin yanısıra Sr ve Rb iz elementlerinin de belirlenmesinin mümkün olduğunu göstermiştir. Analiz sonuçlarıyla kökeni bilinmeyen toprak örneklerinin %71 doğrulukla ayırt edilebileceğini belirlenmiştir.

Croft ve Pye (2004), adli toprak analizinde kararlı izotop potansiyelini incelemişlerdir. Araştırma sonuçları karbon ve nitrojen izotoplarının toprak tiplerinin ayırt edilmesinde başarılı olarak kullanılacağını göstermiştir. Sürekli akış izotop oranı kütle spektrometresi potansiyeli de desteklenmiştir.

Caritat ve ark. (2019), varolan sayısal toprak haritalarını CBS (QGIS) ile bir araya getirerek "Toprak Kaynağı Tahmini" yaklaşımını oluşturmuştur; daha sonra elde ettiği sayısal veri tabanında hedef toprak örneklerinin analiz sonucu elde edilen özelliklerinin bu özelliklere ait güven aralıkları ile birleştirilmiş hallerini sorgulatarak incelenen toprak örneğinin potansiyel olarak gelebileceği alanları belirlemeyi hedeflemişlerdir. Bu amaçla 1 g'lık toprak numunelerinde kolorimetrik, XRF ve Dumas gibi teknikler kullanarak toplam azot, toplam fosfor, pH, kil gibi analizler yapıp onlar ait güven aralıkları elde etmişlerdir. Daha sonra elde edilen "analiz sonucu ± güven aralığı" bilgilerini bir araya getirilen sayısal veritabanında taratarak toprak kaynaklarının yerlerini belirlemişlerdir.

Caritat ve ark. (2019), yerinde toprak incelemeleri gerektirmeyen toprağın kaynağını orjinini tahmin etmek için yöntemler geliştirmişlerdir. Toprak kaynağı delil

olarak var olan toprağın jeokimyası, mineralojisi gibi bilgileri daha önce varolan ya da farklı bir amaçla elde edilen bilgiler ile karşılaştırarak elde edilmesini kapsayan bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu tür bilgiler genel olarak toprak jeokimya analizlerinden elde edilir. Burdaki amaç daha önce farklı amaçlar ile elde edilmiş veri setleri ile kayıslamak, fakat burada bazı engeller olabilir; örnekleme yoğunluğu, örnekleme metodu. Daha önce veri tabanı oluşturulmuşsa, tek değişkenli, çok değişkenli istatistikler, tanımlayıcı veri analizi, varyans analizi, muhtevasal veri analizi, alansal enterpolasyon metotları, jeoistatistiksel metotlar, kümeleme analizi, eğitimli ve eğitimsiz sınıflandırma veri madenciliği gibi metotlar kullanılabilir. Daha sonraki adımda ise delil olarak varolan toprağın içeriği (kimyasal muhtevası, mineralleri vb) mevcut veri seti ile farklılıkları ortaya koyabilecek istatistiksel metotlar kullanarak kıyaslanabilir. Bu amaçla faktör ya da Temel Bileşen analizleri, korelasyon analizleri kullanılabilir. Bu metotlar ile toprağın kaynağının belirlenememesi durumunda ise detaylı adli incelemeler yapılabilir.

Caritat ve ark. (2021), toprağın kaynağının belirlenmesinde varolan teknikleri bütünleyici olarak bir dizi farklı teknikler uygulamıştır; öncelikle bir çalışma alanında grid örnekleme yapılmış ve bu grid noktalarının dışında üç farklı noktadan kör örnekleme yaparak, ilk önce grid noktalarından örneklerin analizlerini yapmış, daha sonra IDW metoduyla enterpole ederek haritalanmış, ve kaynağının belirlenmek istendiği kör noktalardaki hedef örneklerin benzerlikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için hedef noktalara bir araştırma sınırları (hedef değer artı eksi delil örneğini araştırma sınırları) güven aralıkları kullanılmıştır.

Thornton ve ark. (1975), adli toprak araştırmalarında mikrobiyal aktivite çalışmışlardır. Araştırmacılar kullanılmak üzere topraktaki biyolojik aktiviteleri ölçmek amacıyla titrasyon ve kolorimetrik yöntemler gibi biokimyasal analizleri önermiştir. Araştırmacılar bu amaçla fosfataz, üreaz tiripsin benzeri enzim aktivitelerinin titrimetrik ve kolorimetrik yöntemler ile ölçülmesini önermiştir.

Horrocks ve Walsh (1999), bir taciz vakasının çözümü amacıyla polen analizi uygulamış. Bu amaçla şüphelinin çeketi ve pantolonundan alınan toprak örnekleri suç

mahalinden alınan toprak örnekleri ile kıyaslandığında; toprak örneklerindeki polen analizi şüphelinin suçunu doğrulamıştır.

Marumo (2003), toprak örneklerinin adli kullanımlar için teşhisi ile ilgili yapmış olduğu derleme çalışmasında toprak örneklerinin renk, tane (fraksiyon) dağılımı, yoğunluğu, içerisindeki kaya fraksiyonlarının, kum ve kil parçacıkları mineralojisi, kil mineralleri ve organik madde analizleri, mikrobiyolojik ve enzim analizleri ile polen ve spor analizlerinin ve adli kullanımlar için başarılı biçimde kullanılabileceğine dair örnek çalışmalar göstermiştir.

Menchata ve ark. (2018), kuru toprak rengi, partikül büyüklük dağılımı ve manyetik duyarlılığı adli toprak biliminde toprak değişkenliğinin ortaya konulmasında kullanmıştır. Bu özelliklerden hangisinin toprak birimleri arasında en fazla ayırt edici güce sahip olduğunu ortaya çıkarmak amacı ile Kaliforniya eyaletini temsil eden 15 farklı jeolojik birimden 0-5 cm yüzey derinliğinden 255 toprak örneği toplamışlardır.

İngilterenin doğusunda aynı anamateryal üzerinden alınmış toprak örnekleri çoklu element kimyasal analizleri ile birbirinden % 99 başarı ile ayırt edilebilmiş fakat elemental analiz için yeterince toprak örneği olmaması sınırlayıcı bir faktör olmuştur (Rawlings and Cave, 2004).

Adli araştırmalarda genel olarak delil olarak kullanılabilecek toprak materyalinin miktarı azdır sınırlıdır, dolayısıyla toprağı bir sonraki analizler içinde kullanılabilecek şekilde tahrip etmeden örneğin herhangi bir ön işlemeye ya da kimyasala tabi tutmadan karakterize edebilecek teknikler çok önemlidir. Toprakların elemental içeriklerinin belirlenmesinde farklı teknikler kullanılmıştır; XRD, ICP-AES, ICP-MS ve ED-XRF. Bu teknikler arasında XRF in avantajı, toprak örneği analiz edildikten sonra toprak örneğinin farklı analizler için tekrar kullanılabilmesidir. XRF ile toprak analizinde topraklar iki farklı ön aşamaya tabi tutulabilir, toprak örnekleri çok ince eleklerden (örneğin 250 mikron) elenebilir ya da öğütülerek toz haline getirilebilir. Öğütülüp toz haline getirildiğinde toprak örneği içerisindeki polen ya da fosil benzeri organik yapılar kaybolacağından bazı durumlarda eleme tercih edilebilir,

buna rağmen öğütüldüğünde toprak daha homojenize hale geleceğinden temsil gücüde artmış olacaktır (Uitdehaag ve ark., 2016).

Adli bilimde kullanılmak üzere farklı toprak örneklerinin spektral veriler ile birleştirilmiş kemometrik analizler yardımıyla ayırt edilebilirliğinin araştırıldığı çalışmada, Australya da 27 farklı toprak örneğinin Görülebilir ve Yakın Kızılötesi Spektroradyometre tekniği yardımıyla 400-2500 nm aralığında spectral yansımaları toplandıktan sonra yaygın olarak kullanılan Temel Bileşenler Analizi (PCA), Fuzzy Kümeleme ve Çok kriterli karar alma (Multi Criteria Decision making) gibi teknikler kullanılarak spektral verilerin yorumlanmasına çalışılmıştır. PCA metodu kullanılarak spektral verileri toplanan toprak örnekleri arasında başarılı ayrımlar yapılabilmiştir (Onion, 2009).

Baron ve ark. (2011), farklı toprak tiplerinin kriminal ayrışımı üzerine yaptıkları çalışmada farklı arazi kullanımlarından (ormanlık, çiçeklik, nehir kıyısı) 10 cm derinlikten aldıkları 60 adet toprak örneğinde orta kızılötesi spektroskopi aletiyle 2500 – 25000 nm dalga boyounda elde edilen spektralar doğrusal olmayan yinelemeli kısmi en küçük kare regresyon (Non-linear iterative Partial Least Square Regression) yöntemiyle ön işleme tabi tutularak veri sayısı azaltılmış, daha sonra doğrusal ayrımcı analizi (Linear Discriminant Analysis) kullanarak farklı arazi kullanımlarına göre toprak örneklerinin sınıflandırılması yapılmıştır. Ayrıca kademeli diskriminant analizi kullanılarak toprakların ayırt edilmesinde en önemli bantlar seçilmiştir. Spektral veriler ayrıca temel bileşenler analizine (PCA) tabi tutulmuştur.

Menchaca ve ark. (2018), Kademeli Diskriminant Analizi (Stepwise Discriminant Analysis) yöntemi kullanarak, 15 farklı jeolojik birimden alınan 255 toprak örneğine ait özellikleri kullanarak toprak örneklerinin alındıkları jeolojik birimleri tahmin etmeye çalışmışlardır. Hangi toprak özelliği ya da özelliklerinin kullanılabileceğini göstermek amacıyla, toprak örnekleri %90 ve %10 olacak şekilde model kalibrasyon ve test data seti olarak ayrılmıştır. Araştırmacılar analiz ettikleri toprak özelliklerine dayanarak farklı jeolojik birimlerin tahmininde %30 ile %100 arasında bir tahmin doğruluğu bildirmişlerdir.

Onions (2019), adli bilimde enstrümantal teknikler ve kemometrik teknikler ile beraber kullanılan NIR metodolojisinin materyalin kimyasal kompozisyonu hakkında materyali zedelemeden hızlı ve basit bir biçimde bilgi sağlamasından dolayı önemli bilgiler verdiğini, buna rağmen bu konuda ki uygulamalarda eksiklikler olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı VNIR yöntemi ile kemometrik teknikleri birleştirerek toprakların ayırt edilme potansiyelini araştırmıştır. Ayrıca nesneler ile toprak taşınımını simule ederek VNIRS tekniğinin adli bilimdeki potansiyelini test etmiştir. Bu amaçla araştırmada Avustralya Logan bölgesinde araziden 27 farklı noktadan spektral yansımalar toplanıyor, quartz mineralince zengin üç toprak farklı oranlarda Kaolinit minerali ile karıştırılarak VNIRS spektralar elde ediliyor, toplanan spektralar farklı toprak sıcaklıklarında alınıyor (oda sıcaklığından 600 ^{o}C ye kadar değişen sıcaklıklar da), ayrıca ayakkabı üzerinde transfer edilen toprak örneklerinden de spektral yansımalar toplanıyor. Spektraların yorumlanmasında kemometrik analiz olarak da üç farklı yöntem kullanılmıştır; Temel Bileşenler Analizi, Fuzzy Kümeleme ve Çok kriterli Karar Verme Tekniği. Araştırmacı elde edilen sonuçlara göre sonuçların ümit verici olduğunu, bilinen minerallerden toplanan spektralar ile örneklere ait spektraların karşılaştırılması ile yansımalarda meydana gelen piklerin ayırtedilebildiğini, adsorpsiyon piklerindeki yoğunluğun ICP ve XRD teknikleri ile belirlenen kimyasal ve mineraolojik sonuçlar ile bağdaştığını, ayrıca PCA ve Fuzzy kümeleme tekniği ile farklı oranlarda quartz ve kaolinit mineralleri içeriklerine kısmende oluştukları horizonlara göre toprakların ayırt edelebildiğini, ayrıca kemometrik metotlar yardımıyla NIRS tekniğini kullanımıyla farklı kaolinit içeren toprakların ayırt edilebileceğini göstermiştir.

Numune ön işleminin türü veya miktarı, numunenin tabi tutulduğu inorganik kimyasal analiz biçimine bağlıdır. Aşağıdaki teknikler, özellikle adli analizin aksine, ağırlıklı olarak jeoloji ve jeomorfolojide oluşturulmuş olsa da, aynı ilkeler geçerli olacaktır. Mikrobiyal gelişmenin ve diğer toprak işlemlerinin devam etmesini önlemek için her şeyden önce toprak/tortu örnekleri kurutulmalı ve organik içerikleri uzaklaştırılmalıdır. Bu örnekleri dondurarak kurutma ve ardından hacimli organik materyali çıkarmak için elle toplama veya eleme yoluyla veya yakma yoluyla

gerçekleştirilebilir (Theocharopoulos ve ark., 2004). Daha sonra, numunenin seçilmiş bir parçasını değil, tüm numuneyi temsil eden verileri elde etmek için materyali eşit olarak dağıtmak için homojenleştirilmelidir. Bu da havan tokmağı ve havan kullanılarak elle veya mekanik olarak yapılabilir, ancak manuel yaklaşımın daha etkili olduğu bulunmuştur (Pye ve Croft, 2007). Homojenize edildikten sonra numune XRF' e tabi tutulabilir. Ancak, AAS, ICP-MS ve ICP-AES yoluyla analiz için numunelerin çözelti içinde olması gerekir ve bu nedenle numune, mineral veya oksitleyici asitler kullanılarak parçalanır ve ısıya tabi tutulur (Langford ve ark., 2005).

Farklı jeolojik materyaller için farklı toprak parçalama (digestion) protokolleri geliştirilmiştir (Yu ve ark., 2001). Farklı protokoller arasındaki farklılıklar genel olarak hangi çözeltilerin seçildiği kapalı veya açık bir kap kullanılıp kullanılmayacağı ve sıcaklık kaynağını içerir (Theocharopoulos ve ark., 2004; Reidy ve ark., 2013). Toz haline getirilmiş toprak malzemesinin çözünmesi için farklı asitler kullanılır, ancak kullanılacak bu asitlerin kombinasyonu veya kullanma hacmi için evrensel bir protokol mevcut değildir ve bu nedenle bu, laboratuvar veya analistin tercihine bağlıdır. Kapalı bir kapta numuneyi ayrıştırma, kontaminantların numuneye girme olasılığını azaltır ve uçucu sıvıların kaybını önler; örneğin, toprağı parçalamak için HF asidi kullanılıyorsa, kapalı bir kap kullanılması silika kaybını önleyebilir (Bernas, 1968).

Kimyasal analiz, adli soruşturmalarda arzu edilen bir kanıt değerlendirme şeklidir. Bunun nedeni, bu yöntemin hızı, otomatikleştirilebilmesi, minimum numune miktarı gerektirmesi ve birden fazla ana ve eser elementin eş zamanlı kalitatif ve kantitatif analizinin yapılabilmesidir (Pye ve ark., 2006). Fiziksel analizle karşılaştırıldığında, fiziksel analiz genellikle analistin bilgi ve deneyimine bağlıdır ve daha çok zaman alıcı olabilir (Langford ve ark., 2005). Bununla birlikte, binoküler mikroskop kullanılarak yapılan fiziksel değerlendirme, genellikle kanıtların ilk değerlendirmesini yapmak için kullanılır ve halen karışık kökenli örnekleri değerlendirmek için en güvenilir yöntemdir (Murray, 2011). Numunelerin analizinden önce tabi tutulduğu hazırlık işlemleri nedeniyle, karışık kaynaklı numunelerin kimyasal imzalarını yorumlamak fiziksel değerlendirmeden biraz daha zordur.

Örneğin, numunenin homojenleştirmesi ile ilgili sorun, homejenleştirme daha önce mevcut olabilecek herhangi bir katmanlaşma kanıtını ortadan kaldırması nedeniyle numune içindeki çoklu katkıların her biri arasındaki ayrımı karmaşık hale getirmesi (Bull ve Morgan, 2008). Bu homojenize haline getirilmiş numune daha sonra ICP-MS ve ICP-AES gibi teknikler aracılığıyla element analizinde kullanılmak üzere çözelti haline getirmek için asitle parçalandığında bu sorun daha da kötüleşir. Sindirim yarı saydam bir sulu çözelti ile sonuçlandığından ve tekniklerin kendileri çoklu kaynakları tanımlamadığından ve kimyasal sinyallerini ayrı varlıklar olarak ayırmadığından burada yine katkıda bulunanlar arasında görsel bir ayrım yapılamaz (Yu ve ark., 2001).

Toprak örneklerinin kimyasal analizi için evrensel olarak kabul edilmiş bir protokol bulunmamaktadır (Pirrie ve ark., 2014). Bu da adli laboratuvarlar arasındaki sonuçların karşılaştırmasını karmaşık hale getirir, çünkü analistler gözlemlenen herhangi bir farklılığın protokolün kendisinden mi, numuneler arasındaki/örnekler arasındaki varyasyondan, insan hatasından veya kullanılan aletler arasındaki varyasyondan mı kaynaklandığını belirleyemez (Croft ve Pye, 2004). Analistin sonuçların anlamlı bir yorumunu yürütmesini sağlamak için bu problemin ortadan kaldırılması gerekir, bu da daha sonra yargılama sırasında jüri üyelerine güvenle iletilebilir.

Element analizi gözlemlenen elementin çeşidi veya konsantrasyonlarının belirlenmesinde dalgalanmalara neden olabilecek belirli müdahalelerle karşılaşabilir. Örneğin, XRF için beklenebilecek üç tür müdahale vardır; spektral, çevresel ve/veya matris etkileşimleri (Watson ve ark., 1999). Spektral müdahale, örneklerin tepe noktasının başka bir kaynakla çakışması şeklinde, çevresel etkileşimler ise daha hafif elementlerin sinyaline müdahale eden dış kaynaklarla ilgilidir (Feather ve Willis, 1976). Matris müdahaleleri için iki olası sonuç vardır; elementler, absorpsiyon olarak bilinen ilgili element tarafından üretilen sinyali emebilir veya dağıtabilir veya bir element X-ışını, numune içindeki başka bir elementi uyararak, bu element için gözlemlenen sinyalde artışa neden olarak, güçlendirme olarak bilinen bir artışa neden olabilir. (Feather ve Willis, 1976; Langford ve ark., 2005).

XRF yarı nicel bir tekniktir (Rothwell ve Croudace, 2015), elde edilen element değerleri numunedeki diğer elementlere orantısaldır. Bu, orantısız ölçümler verebileceğinden, spektral (ör. K ve Ca) veya çevresel etkileşime (ör. daha hafif elementler Na ila Cl) eğilimli elementler söz konusu olduğunda sorun oluşturabilir (Langford ve ark., 2005). Bu nedenle, tüm analizlerde olduğu gibi, analitik okumaların doğruluğuna ve kesinliğine güven sağlamak ve bu hataların azaltılmasını sağlamak için uygun kalite kontrol ve kalite güvence önlemleri alınmalıdır (Prichard ve Barwick, 2007).

ICP-AES, spektral ve matris olmak üzere iki çeşit etkileşim (müdahale) biçimiyle karşılaşır. Spektral ekileşimler, ilgili elementin emisyon hattını etkileyebilecek, elementlerden, taşıyıcı gazdan, numune içindeki veya dışındaki safsızlıklardan gelen emisyon çizgilerini içerir (Kostadinova ve ark., 2000). Matris etkileşimleri ise genellikle plazma içindeki iyonlaşabilir elementlerin varlığından veya örneğin giriş hızı gibi sisteme girişini etkileyen faktörlerden kaynaklanır, çünkü bu hassasiyeti etkileyebilir (Todoli ve ark., 2002). ICP-MS'de, izobarik etkileşimler, çok atomlu etkileşimler ve çift yüklü türler dahil olmak üzere, deneyimlenebilecek üç spektral enterferans formu vardır (Evans ve Giglio, 1993). İzobarik etkileşimler, farklı elementlerin izotoplarının doğrudan örtüşmesinden kaynaklanır. Poliatomik enterferanslar, örneğin, suyun veya ortam havasının parçalanmasında kullanılan taşıyıcı gaz veya çözeltiler gibi analizi yapılan elementler ile ortamlar arasındaki etkileşimlerin bir sonucu olarak ortaya çıkar (Pick ve ark., 2010).

Yorumlama, özellikle karışık orijinli örneklerden elde edilen temel verilerle ilgili olarak, adli jeolojide ele alınması gereken önemli bir konudur. Ele alınması gereken ilk sorun, sadece kimyasal bileşime dayanarak numune içinde birden fazla kaynak olup olmadığını belirlemenin mümkün olup olmadığıdır. Bundan sonra ki kısımda ise, kimyasal imzaların nasıl ayrılacağını belirlemeye ihtiyaç vardır, böylece belirli bir element grubundan sorumlu kısımlar tanımlanabilir ki bu son derece karmaşık bir meseledir (Morgan ve Bull, 2006).

Genel olarak, yorumlamaya yardımcı olmak ve bulguların önemini belirlemek için elementel verilere çok değişkenli istatistikler uygulanır. Verilerin doğasına bağlı olarak Temel bileşen analizi (PCA), diskriminant analizi ve olabilirlik oranları dahil olmak üzere birden fazla seçenek mevcuttur. PCA ve diskriminant fonksiyon analizi, daha geniş bilimsel topluluk tarafından kabul edilir. Belgeler, liflere cam ilaçlara ve çevresel verilere gibi diğer kanıt biçimlerine halihazırda uygulandıkları için popüler veri değerlendirme yöntemleri olarak görülür. Ancak, bu istatistiksel yöntemler verilerin doğası gereği karışık kaynak örneklerinin anlaşılmasına yardımcı olamaz. Son zamanlarda, karışımın karmaşıklığı hakkında daha net bir anlayış elde etmek için çevresel araştırmalarda parçacık boyutu verilerine ve temel verilere son üye modelleme (end member modeling) uygulanmıştır (McGee ve ark., 2013). Bu büyük ölçekte olmasına rağmen, göl veya okyanus tabanlarındaki sedimanlar topluluğunu değerlendirmede adli soruşturmada kullanılması için bir miktar potansiyele sahip olabilir. Karıştırmanın daha küçük ölçekli yapısını karşılamak için bazı ayarlamalar gerekebilir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Türkiye' nin Güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunan Şanlıurfa ilini kapsamaktadır. Şanlıurfa' nın alanı yaklaşık 200 bin km^2 olup 36^0 $38^{'}$ $00^{''}$-37^0 $59^{'}$ $37^{''}$ kuzey enlemleri, 37^0 $49^{'}$ $03^{''}$ - 40^0 $14^{'}$ $37^{''}$ doğu boylamları içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Şanlıurfa ilinin Türkiye haritasındaki yeri

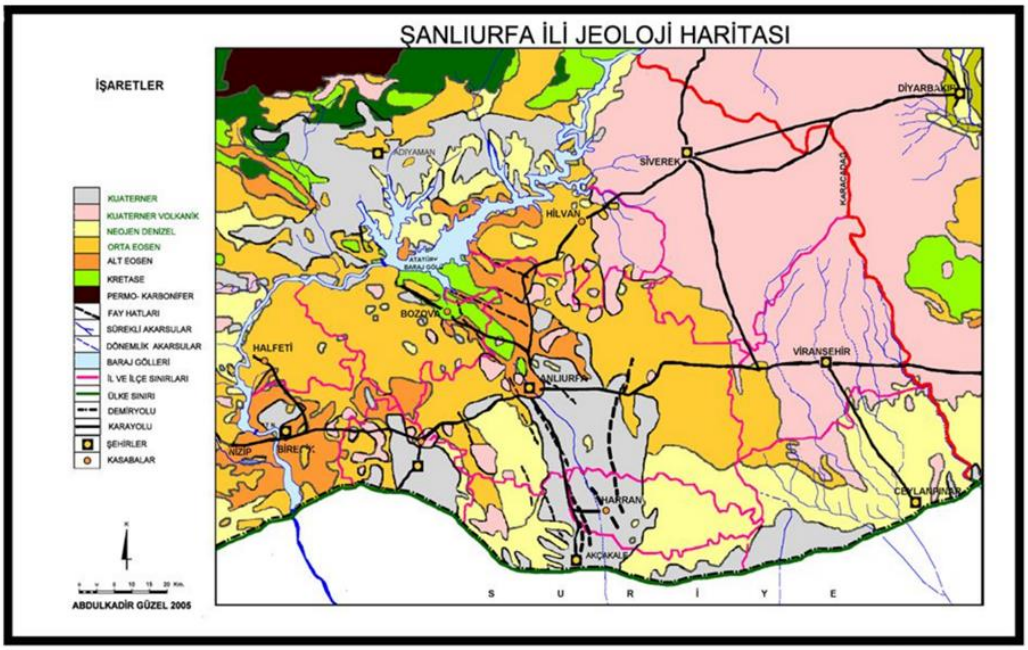
3.1.1. Çalışma alanı jeolojisi ve jeomorfolojisi

Şanlıurfa ili jeolojisi tersiyer yaşlı karasal sedimanter karbonat kayaçlar ve volkanik kayaçlardan meydana gelmektedir. Bunun yanısıra lokal olarak kuarterner aluviyal ve koluviyal materyaller yer almaktadır (MTA, 1996). Şanlıurfa ili genel jeolojik yapısı Şekil 3.2. ' de verilmiştir.

Şanlıurfa içerisinde kalan alanların önemli bir kısmı jeolojik açıdan III. zaman formasyonlarından meydana gelmiştir. Bu oluşumlarda Eosen kalkerleri geniş bir alanı kapsamaktadır. Oligo-Miosen devrine ait kalkerler ilin Güneybatı ve güney

kesimlerindeki plato alanlarında baskındır (DSİ, 1972). Kalker formasyonundan sonra Şanlıurfa ili'nin kuzeydoğusunda Karacadağ'dan püskürmüş veya volkanizma sırasında oluşan çatlaklardan sızan bazalt lavları bulunmaktadır. Bunun yanısıra başta Harran ovası olmak üzere çöküntü ovalarında ve vadi tabanlarında koluvyon ve alüvyonlar önemli yer tutmaktadır.

Şanlıurfa jeolojik açıdan III. jeolojik zamanın Pliosen bölümünün karakterini taşımaktadır. III. zamanın sonu ve IV. zamanın başında meydana gelen basınçlar ve patlamalardan çok etkilenmeyen il, üzerinde yer aldığı sert katman üzerinde kısmen yükselmiş ve yer yer kıvrılmalara uğramıştır. Bunu, Plio-Kuaterner yaşlı bazalt örtmektedir.



Şekil 3.2. Şanlurfa ili genelleştirilmiş jeoloji haritası (MTA, 1976)

En yaşlı ve yaygın jeolojik formasyonlar Paleosen ya da Alt Eosen yaşlı kırmızı, gri renkli killer ve oldukça sert yapılı sileksli kalkerlerdir. Sileksli kalkerler, doğuda fosilli Eosen kalkerlerin, kuzeydoğuda is kırmızı ve gri renkli killerin altına girmektedir. Sileksli ve oldukça sert yapılı bu kalkerler yeşil veya gri renklidir (DSİ, 1972). Çalışma alanında yer alan bu Eosen yaşlı kalker oluşumlar çeşitli doku ve sertlikte olmalarına rağmen karstik olaylara da müsait ve çatlaklı bir yapıdadır. Bu jeolojik formasyonun üzerinde daha genç (Oligo-Miosen), altlarda beyaz-gri, yeşilimsi

marnlarla başlayıp üstlerde çok killi, kısmen gevşek, sarımsı-gri, ince göl kalkerleri vardır (DSİ., 1972). Oligo-Miosen yaşlı bu kalker oluşumu, Harran Ovası'nın batısındaki Fatik Platosu ile Harran Ovası'nın doğusundaki Tektek platosunun alt kısımlarında yaygın olarak bulunurken, ovanın kuzeyindeki Germüş Platosu üzerinde ise daha dar bir kesimde yer almaktadır (Şekil 3.2.).

Şanlıurfa ilinde bulunan diğer önemli jeolojik formasyon ise bazalttır ve bu bazalt oluşumlar esas olarak Karacadağ bazalt formasyonuna dahil edilir.

Bazalt örtüsü Şanlıurfa ilinin özellikle kuzeydoğusunda Siverek -Viranşehir platosu üzerinde yayılım göstermektedir (Şekil 3.2.). Ayrıca lokal olarak ilin hemen her bölgesinde volkanizma sırasında oluşan çatlaklardan sızan lav akıntıları mevcuttur. Bazalt örtüsü kısmen gaz boşluğu içeren bazaltlardan meydana gelmiş olup, kalınlığı 50-60 m arasındadır (Gürsel ve ark., 2000).

Karacadağ volkanizması üst Miyosenden itibaren etkili olmuştur. Genel olarak bazik lavlara sahip tipik kalkan şeklinde bir volkandır.

Geniş bir yayılım gösteren Karacadağ volkanizması en çok ilk evrelerde bazaltik lavlar çıkarmış olup, eski vadi içlerinde 5-10 m kalınlıkta ki lav akıntıları, çıkış merkezlerine doğru 100 m, en kalın olduğu Siverek ilçe merkezinin doğusunda ise 250 m kalınlığa kadar ulaşmaktadır. Karacadağ kütlesi ikinci evrede meydana gelmiş ve birinci evredeki plato bazaltlar üzerinde bazaltik lav akıntıları yer almışlardır. Daha az yer kaplayan üçüncü evre bazik lavları, dağınık, birbirleriyle bağlantılı olmayan lav akıntıları halindedir (Haksal,1981).

Bunun yanısıra tektonik kırıklar ve vadi yamaçlarında koluviyal ve çeşitli akarsu boyları ve tabanlarında koluviyal ve aluviyal topraklar yer almaktadır.

3.1.2. İklim özellikleri

Şanlıurfa ili kurak ve yarı kurak iklim kuşağındadır. Akdeniz iklimi ve karasal iklim geçiş kuşağına giren "Güneydoğu Anadolu Geçiş Bölgesi" de yer almaktadır (Atalay, 2002). Yazları sıcak ve kurak kışları ılıman ve yağışlıdır. Yaz ile kış arasında sıcaklık farkı yüksektir. Bu sıcaklık farkı bazen 40 ^{0}C' yi aşar. En yüksek ortalama sıcaklığa sahip ay Temmuz olup (31.9 ^{0}C), en soğuk ay ise Şubat (5.5 ^{0}C)' dır. Yağışların büyük bir kısmı kışın düşmekte olup; ortalama yıllık yağış miktarı 451 mm'dir (Çizelge 3.1.). USDA Toprak Taksonomi Sınıflandırma Sistemine (1999) göre Şanlıurfa ilinin toprak rutubet rejimi xeric, sıcaklık rejimi Termik'tir (Aydemir, 1989).

Çizelge 3.1. Şanlıurfa meteoroloji istasyonuna ait uzun yıllar ortalama iklim parametreleri

İklim parametreleri	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.5	6.9	10.7	16.1	22.1	28.0	31.9	31.3	26.8	20.1	12.8	7.4	18.3
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.1	5.1	6.2	7.5	10.1	12.2	12.3	11.4	10.1	8.6	6.6	4.0	98.2
Ortalama Yağış (mm)	88.3	69.8	62.8	49.3	25.8	3.4	0.6	0.6	2.6	24.5	44.5	78.8	451.0

3.1.3. Bitki örtüsü

Şanlıurfa ilinde antropojen bozkırlar geniş bir alanı kapsar ve kotu 600 m'den az olan alanlarda bozkırlar yaygındır. Ormanlık alanlar azınlıkta olup, plato ve dağlar, meşe ormanları ekosisteminde yer almaktadır. Orman alanlarının tahrip olduğu alanlarda antropojen bozkırlar yer almaktadır. Bozkırların büyük çoğunluğu tarıma açılmıştır.

3.1.4. Toprak özellikleri

Çalışma alanı olan Şanlıurfa ilinde genel olarak Kırmızı kahverengi, Kahverengi orman, Kireçsiz kahverengi, Kahverengi, Bazaltik, Koluviyal ve Aluviyal gibi büyük toprak grupları bulunmaktadır (Şekil 3.3.) (Tarım ve Köy işleri Bakanlığı, 1985).

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak profillerinin tanımlanması ve örneklerin alınması

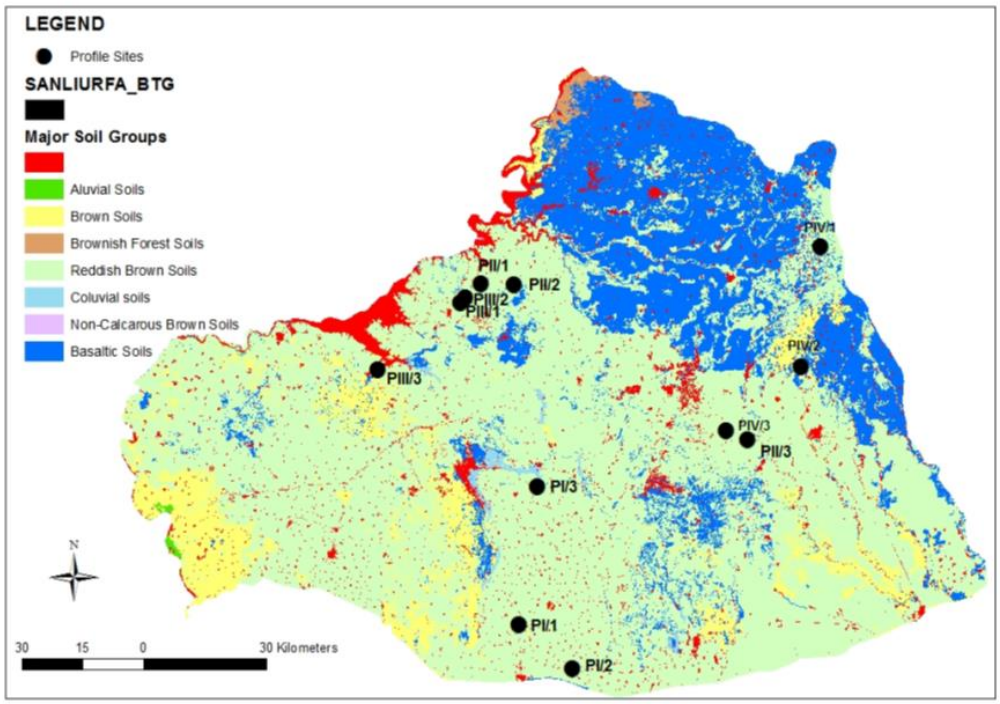
Şanlıurfa da I-Çamur akıntıları, II- Eosen-Miyosen kireçtaşları, III-Neojen Marnlar, IV-Bazalt materyalleri olmak üzere dört yaygın ana materyal bulumaktadır. Bu ana materyaller üzerinde Bazaltik topraklar, Kırmızı kahverengi topraklar, Kahverengi topraklar yer almaktadır.

Dört farklı ana materyal üzerinde herbirinden üç farklı profil açılarak toprak örneklemeleri horizon esasına göre yapılmıştır (Soil Survey Staff, 1993). Ayrıca her bir profilin yakın çevresinden profil özelliklerine sahip 0-20 cm den işlenmiş ve işlenmemiş alanlardan üçer olmak üzere toplam 59 adet toprak örneği de alınmıştır. Çalışma alanında açılan profillerin çalışma alanı ve topoğrafik kesit üzerinde ki yerleri Şekil 3.3 ve 3.4.'de gösterilmiştir.

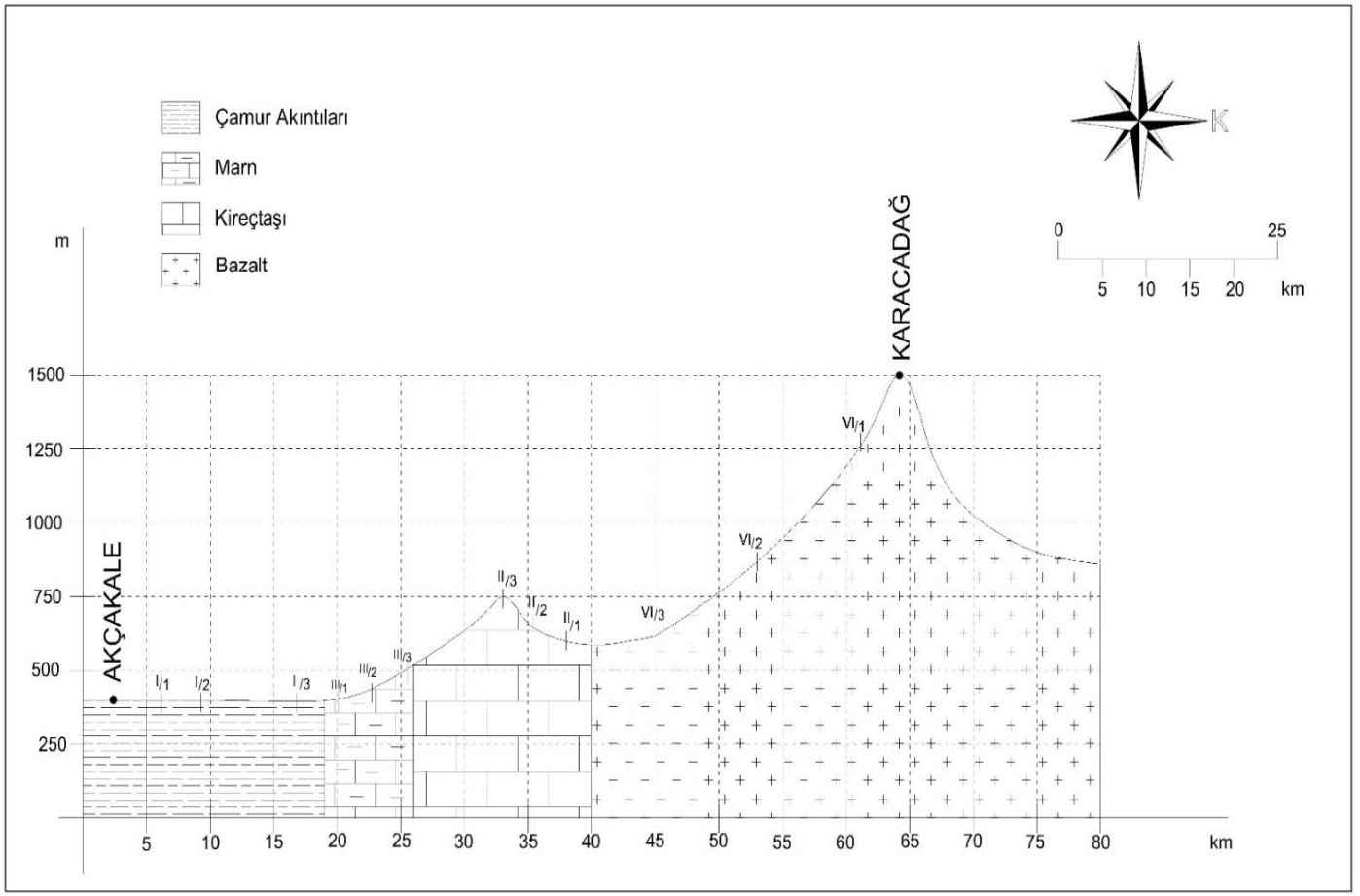
Çalışma alanının jeolojisi jeomorfolojisi ve topraklarına ilişkin yapılmış çalışmalardan da yararlanılarak farklı ana materyalleri temsil etmek üzere ters kepçe ile 1.5-2 metre kadar derinlikte örnek toprak profilleri açılarak bunların morfolojik özellikleri arazide yerinde tanımlanmıştır (Soil Survey Staff, 1993). Toprak rengi

Munsell renk ıskalası ile kireç %10′ luk HCI çözeltisi ile ve kil birikimi gibi bazı mikromorfolojik görünümlerin saptanması el büyüteci ile yapılmıştır.

Her toprak profilinde horizon derinliği, horizon kalınlığı, horizonlar arası sınır, horizonun tekstürü, horizon rengi ve kıvamı, horizon $CaCO_3$ içeriği, bitki kök dağılımı, taşlılık, kayalılık, gözeneklilik, özel görünümleri arazide tanımlanıp profil tanımlama kartlarına yazılarak her bir horizon ayrı ayrı örneklendirilmiştir (Soil Survey Staff, 1993; Dinç ve ark., 1989).



Şekil 3.3. Çalışma alanında farklı ana materyal üzerinde açılan toprak profil noktaları



Şekil 3.4. Akçakale-Karadağ jeolojik kesit

3.2.2. Toprak örneklerinin analize hazırlanması

Dört ana materyali temsil eden 12 adet profilden horizon esasına göre alınan 59 adet ve açılan profillerin yakın çevresinden işlenmiş ve işlenmemiş alanlardan alınan 59 ilave örnek olmak üzere toplam 118 adet toprak örneği gerekli analizler için hava kuru ortamda kurutulmuştur. Bunun için kesekler ufalanarak tepsilere serilmiş içerisindeki taş, kök ve diğer yabancı maddeler elle temizlenerek 2 mm elekten elenip 3 L'lik plastik bidonlara aktarılıp etiketlenip analizler için muhafaza edilmiştir.

Rutin analizler, enstrümental ve spektroradyometrik analizler için gerekli laboratuvar çalışmaları Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde; ICP analizleri Harran Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma Merkezinde (HÜBTAM) ve XRF analizleri Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri laboratuarında gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Toprak analizleri

Profillerden horizon esasına göre alınan toprak örneklerinin rutin fiziksel ve kimyasal analizleri laboratuar ortamında gerçekleştirilmiştir. Topraklardaki % kil, silt ve kum içerikleri Bouyoucos Hidrometre yöntemine göre (Gee ve Bauder, 1986); toprak pH ve Elektiriksel İletkenlik (EC) değerleri satürasyon çamuru süzüğünde pH ve dijital EC metre kullanarak (Jansen, 1993); organik madde içeriği modifiye Walkey-Black metoduna göre (Nelson ve Sommers, 1982); kireç muhtevası Scheibler kalsimetresiyle (Allison ve Moodie, 1965); değişebilir katyonlar (kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum) 1 N Amonyum Asetat yöntemine göre (Thomas, 1982); Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) 1.0 N amonyum asetat (pH=7.0) yöntemiyle (Jackson, 1958); ESP değerleri değişebilir katyonlar ve KDK değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (U.S. Salinity Lab., 1954).

3.2.4. Toprak sınıflandırması

Toprak profilleri, arazide elde edilen bilgiler, morfolojik, fiziksel ve kimyasal analiz bulguları değerlendirilerek toprak taksonomisi sistemine göre sınıflandırılmıştır (Soil Survey Staff, 1993).

3.2.5. Enstrümental analizler

Profillerinin yüzey horizonu ile yakın çevresindeki işlenmiş ve işlenmemiş alanlardan alınarak analize hazır hale getirilmiş toprak örneklerinde ICP-OES ve XRF analizleri yapılmıştır. ICP-OES ve XRF gibi temel teknikler, adli tıp laboratuvarlarında kolaylıkla bulunabildikleri ve bu nedenle toprak/tortu kanıtları üzerinde rutin kullanım için kolaylıkla uygulanabildikleri için çalışma için seçilmiştir. Bu tekniklerle yapılan analizler hızlıdır ve adli soruşturmalarda gerekli olan minimum miktarda materyalden ölçülebilir veriler üretir.

3.2.5.1. Endüktif olarak birleştirilmiş plazma optik emisyon spektroskopisi (ICP-OES)

Endüktif Olarak Birleştirilmiş Plazma Optik Emisyon spektroskopisi (ICP-OES), bir numunede belirli elementlerin konsantrasyonunu belirlemek için kullanılan analitik bir tekniktir. ICP-OES analizi, atomların ve iyonların elektronları temel durumdan uyarılmış bir duruma taşımak için enerjiyi absorbe edebilmesi ilkesine dayanır. ICP-OES; de bu enerjinin kaynağı 10.000 kelvin de çalışan bir argon plazmasından gelen ısıdır. Bir elektron yüksek enerji seviyesinden düşük enerji seviyesine, genellikle temel duruma dönerken, çok spesifik bir dalga boyunda ışık yayar. Atom veya iyonun türü (yani hangi element olduğu) ve elektronun hareket ettiği enerji seviyeleri, yayılan ışığın dalga boyunu belirler. Her dalga boyunda salınan ışık miktarı, geçişi yapan atom veya iyonların sayısı ile orantılıdır. Işık yoğunluğu ile elementin konsantrasyonu arasındaki ilişki Beer Lambert yasasına göre tanımlanır. Bir element atomundaki uyarılmış elektronlar temel duruma geri döndüklerinde, bu çok özel dalga boylarında ışık yayarlar. ICP-OES, her dalga boyunda yayılan ışığın

miktarını ölçer ve bu bilgiyi numunedeki element konsantrasyonunu hesaplamak için kullanır.

Örnekler ICP de analiz edilmeden önce toprak numuneleri içerisindeki bileşikler çözeltiye alınmıştır. Bu amaçla öncelikle toprak numuneleri 100 ℃ nin üzerinde etüvde kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra toprak numunelerinden en fazla 4 en az 0.25 gram olmak üzere mikrodalga fırını çözünme kaplarına alınır. Üzerine %65' lik HNO_3 ten 6,5 ve %37' lik HCl den 3,5 ml alınarak numuneye eklenir. Yaklaşık 5 dakika beklenir. Bu sürede asitlerin organik bileşiklerle reaksiyonundan çıkan gazlar ortamdan uzaklaşır. Mikro dalga fırında uygun program seçilerek işlem başlatılır. İşlemin sonunda bileşikler çözünerek çözeltiye geçer. Elde edilen çözelti belli hacimlere seyreltilir (Ör: 50 veya 100ml). Bu çözeltiden bir miktar alınarak ICP de istenen analizler yapılır. ICP analizleri ICP OES Optima 5300 DV (Güç 1350 watts, Plazma gaz akışı (Ar) 15 L/min, yardımcı gaz akışı (Ar) 1.5 L/min, nebulizer gaz akışı (Ar) 0.75 L/min, RF jeneratörü 40 MHz ve Pompa hızı 15 rpm. Sample flow rate (ml/min) 1,5) ile yapılmıştır. ICP analizleri numunenin yaklaşık 6000 – 10000 °C sıcaklıktaki plazmaya püskürtülmesi ile gaz fazına geçerek uyarılan atomların yaptıkları emisyonun ölçümüne dayanır. Numune olarak sıvı ve gazların doğrudan ölçümü mümkün iken katı numuneler için ekstraksiyon veya parçalama işlemi gerekmektedir. Sarf malzeme olarak argon, azot gazları kullanılır.

3.2.5.2. X-ışını floresan (XRF) spektroskopisi analizleri

X-ışını floresan (XRF) spektroskopisi malzemelerdeki atomik elementlerin konsantrasyonunu doğrudan ölçüm yapan analitik araçtır. XRF bir x-ışını kaynağı ile uyarılmış bir numuneden yayılan ikincil radyasyonun karakteristiklerini ölçerek toprak ve bitki materyallerindeki çeşitli elementlerin varlığını ve konsantrasyonunu değerlendiren bir element analizi yöntemidir. X-ışını emisyon spektrografisi olarak da bilinen yöntem, hızlı, güvenilir, genellikle tahribatsız ve çoğu durumda geleneksel kimyasal analiz tekniklerinden daha hızlı ve daha doğrudur. XRF spektroskopisi ile element analizi, bir hedef tüpten gelen birincil x-ışınlarının numunede bulunan elementlerin ikincil (floresan) x-radyasyonu yaymasına neden olduğu ilkesine dayanır.

Her element uyarıldığında, spesifik dalga boyuna (atom numarasının karesiyle ters orantılı) ve o elementin miktarıyla kabaca orantılı olan yoğunluğa sahip olan x-ışınları yayar. Yüksek atom numaralı elementler kısa dalga boylu ve yüksek enerjili radyasyon yayarlar, düşük atom numaralı elementler ise uzun dalga boylu ve düşük enerjili radyasyon yayar.

3.2.5.3. Görünür ve yakın kızılötesi yansıma tekniği (VNIRS) metodolojisi

Farklı ana materyaller (Çamur akıntıları, Bazalt, Kireçtaşı, Marn) üzerinde meydana gelmiş üç farklı noktadan alınan profillerin yüzey horizonları ve profillerin yakın çevresindeki işlenmiş ve işlenmemiş alanlardan alınan bozulmuş toprak örnekleri hava kurusu hale getirildikten ve 2 mm çapındaki elekten elendikten sonra yaklaşık 20 gr olacak şekilde cam petri kaplarına yerleştirilmiş ve spektral okumalar için hazır hale getirilmiştir. Laboratuar ortamında toprak örneklerinin 350-2500 nm dalga boyundaki yansımaları 1 nm spektral çözünürlüğe Spektroradyometre cihazı (ASD FieldSpecPro III) kullanılarak Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Spektroradyometre laboratuarında elde edilmiştir (Şekil 3.5.). Toprakların nihai yansımaları toprak örneklerinden elde edilen yansımaların, beyaz standartdan (white specktralon standart material) elde edilen yansımalara orantılanmasıyla elde edilmiştir (Denklem 3.1.)

$$R = \frac{Toprak\ Yansıması}{White\ Spektralon\ Yansıması\ (Referans)} \qquad (3.1)$$

Belirli aralıklarla spektroradyometrenin kalibrasyonu için white spektralon kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Spektroradyometre (ASD FieldSpec III) ile örnek okumaları

Toplanan spektral veriler sonraki istatistiksel analizlerde kullanılmak üzere ViewSpecPro programında ASCII (txt dosya) formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra yansımalar ve toprak özelliklerinden oluşan veri seti Unscrumbler yazılım programına aktarılıp, spektral yansıma verileri ile incelenen toprak özellikleri arasındaki ilişkiler bulunulmaya ve tahmin edilmeye çalışılmıştır. Spektral verilerin istatistiksel analizlerinde Kısmi En küçük Kareler Regresyon Yöntemi (PLSR; Partial Least Square Regression) kullanılmıştır.

3.3. İstatistiksel Analizler

XRF, ICP-OES elementel analizleri, ve VNIRS spektroradyometre ile elde edilen verileri değerlendirmek için çok değişkenli istatistikler analizlerinden Temel Bileşen Analizi (PCA) kullanıldı. Bu yöntem grup içi ve gruplar arası varyasyonları göstermek için grafik çıktılarının elde edilmesine yardımcı olur (Morrison ve ark., 2009). Gruplar içi ve gruplar arasındaki varyansı belirlemede öncelikle grup ortalamalarının istatistiksel bir değerlendirmesi olan Varyans Analizi (ANOVA) kullanıldı. Farklı ana materyal ve işlenme şekilleri (işlenen, işlenmemiş) üzerinde oluşmuş profillerden alınan toprak örnekleri analiz sonuçları arasındaki farklılıklar ANOVA-Tukey analizi ile belirlenmiştir. ANOVA analizleri için MINITAB programı kullanılmıştır. Toprak özelliklerine ait temel tanıtıcı istatistiksel ve korelasyon analizleri R programında yapılmıştır.

3.3.2. Temel Bileşenler Analizi (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) çok değişkenli bir istatistiksel yöntem olarak değişken sayısının indirgenmesinde kullanılan bir yöntemdir. PCA verilerin boyutunu azaltırken orijinal veri setinde yer alan varyasyonu da korur. PCA analizinin amacı bir veri kümesinde yüksek oranda ilişkili olan çok fazla sayıdaki değişkenlerden temel bileşenler (principal components) olarak adlandırılan, birbirinden bağımsız değişkenlerden meydana gelen daha az sayıdaki bir veri seti elde etmektir. Her bir PC veri setinde bulunan orijinal değişkenlerin ağırlıklı doğrusal kombinasyonlarından meydana gelir (Brejda ve ark., 2000). Çalışmada PCA analizleri Unscrumbler programında gerçekleştirilmiştir.

3.3.3. Kısmi en küçük kareler regresyon analizi (PLSR)

Spektroradyometre kullanılarak 350-2500 nm aralığında elde edilen toprak yansımaları ile toprak değişkenleri (Kil, Organik madde vs.) arasındaki doğrusal ilişkiler Kısmi en küçük kareler regresyon (Partial Least Square Regression; PLSR) tekniği ile modellenmiştir. PLSR tekniği X (350-2500 nm aralığındaki spektral yansımalar) ve Y (Toprak parametreleri – Laboratuvar ölçümleri) matrislerinin birbiriyle olan ilişkisini doğrusal çok değişkenli bir modelle oluşturarak açıklar. Çok değişkenli regresyon modeli olan Multiple Linear Regression (MLR) modelinden farkı PLRS tekniğinin spektral veri gibi aralarında önemli oranda ilişki bulunan çok fazla sayıdaki X değişkeninden (bu çalışmada yer alan toplam X veri adeti 2150 (350-2500 nm)) meydana gelmiş olan veri setlerinin modellenmesinde kullanılabilmesidir (Esbensen, 2010). Bu çalışmadaki örnek sayısı (toprak örneği sayısı) göz önünde bulundurularak PLSR modellerinin validasyonu amacıyla full-cross validation kullanılmıştır. Bu kapsamda her bir örnek veri setinden otomatik olarak çıkarılıp geri kalan örnekler ile model oluşturulup, çıkarılan örnek tahmin edildikten sonra veri seti içerisine tekrar alınmıştır. Çapraz doğrulama yaklaşımı PLSR modelinde yer alacak optimum orandaki faktörün belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Milos ve Bensa, 2018).

PLSR modelleri ile elde edilen tahminlerin doğruluğunun belirlenmesinde, belirleme katsayısı (R^2), tahmin hatalarının ortalamalarının karekökü (RMSE), performansın sapmaya oranı (RPD) gibi parametreler kullanılmıştır. RMSE değeri validasyon data seti içerisindeki örneklerin 1:1 regresyon eğrisi çevresindeki dağılımın genişliğini ve ortalama hatayı belirler. RMSE değerleri gerçek ölçülen değerler ile tahminler arasındaki farkların ortalamalarının karekökleri olarak hesaplanır (Denklem 3.2.).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n}(Y_{tahmin} - Y_{lab.gözlemi})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

Formülde yer alan n validasyon data setindeki örnek sayısını, Y_{tahmin} ve $Y_{lab.\ gözlemi}$ sırasıyla veri içindeki tahmin değerlerini ve gerçek ölçüm değerlerini göstermektedir. Belirleme katsayısı olan R^2 verilerin regresyon eğrisine yakınlığını belirler; RPD parametresi ise validasyon setinin standart sapmasının (SD) RMSE değerine orantılanması ile bulunur (Denklem 3.3.);

$$RPD = {SD}/{RMSE} \quad (3.3)$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Toprakların Morfolojik, Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Şanlıurfa ilindeki toprakları temsil eden toprak profillerini tanımlamak üzere Karacadağ Akçakale hattı üzerinde dört farklı ana materyal üzerinde; her bir ana materyal üzerinde üçer adet olmak üzere 12 toprak profili açılıp tanımlanmıştır. Bu toprak profillerinin morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda ana materyalllerine göre ayrı ayrı detaylı olarak açıklanmıştır.

4.1.1. Çamur akıntıları üzerinde oluşan topraklar

Çamur akıntıları üzerinde üç toprak profili açılmış ve tanımlanmıştır (Şekil 4.1., Şekil 4.3., Şekil 4.5.).

Çamur akıntıları üzerinde açılan 1 nolu profilde oluşan topraklar derin A -B- C horizonlu genç topraklardır (Şekil 4.1.). 1 nolu profilin morfolojik özellikleri ve fiziksel, kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Tüm profil kil tekstürlüdür. Üst ve alt topraklar orta yarı köşeli blok yapıdadır. Tüm profil çok kireçli, alt horizonlar da orta yoğunlukta kireç tanecikleri vardır. Toprak pH'sı 7.36 ile 7.52 arasında değişmektedir. Derinlikle azalan organik madde genel olarak %1 den daha azdır (Şekil 4.2.). KDK 8.54 ile 10.19 me/100 g arasında değişmekte olup baz yoğunluğu %50 den fazladır (Çizelge 4.2.).

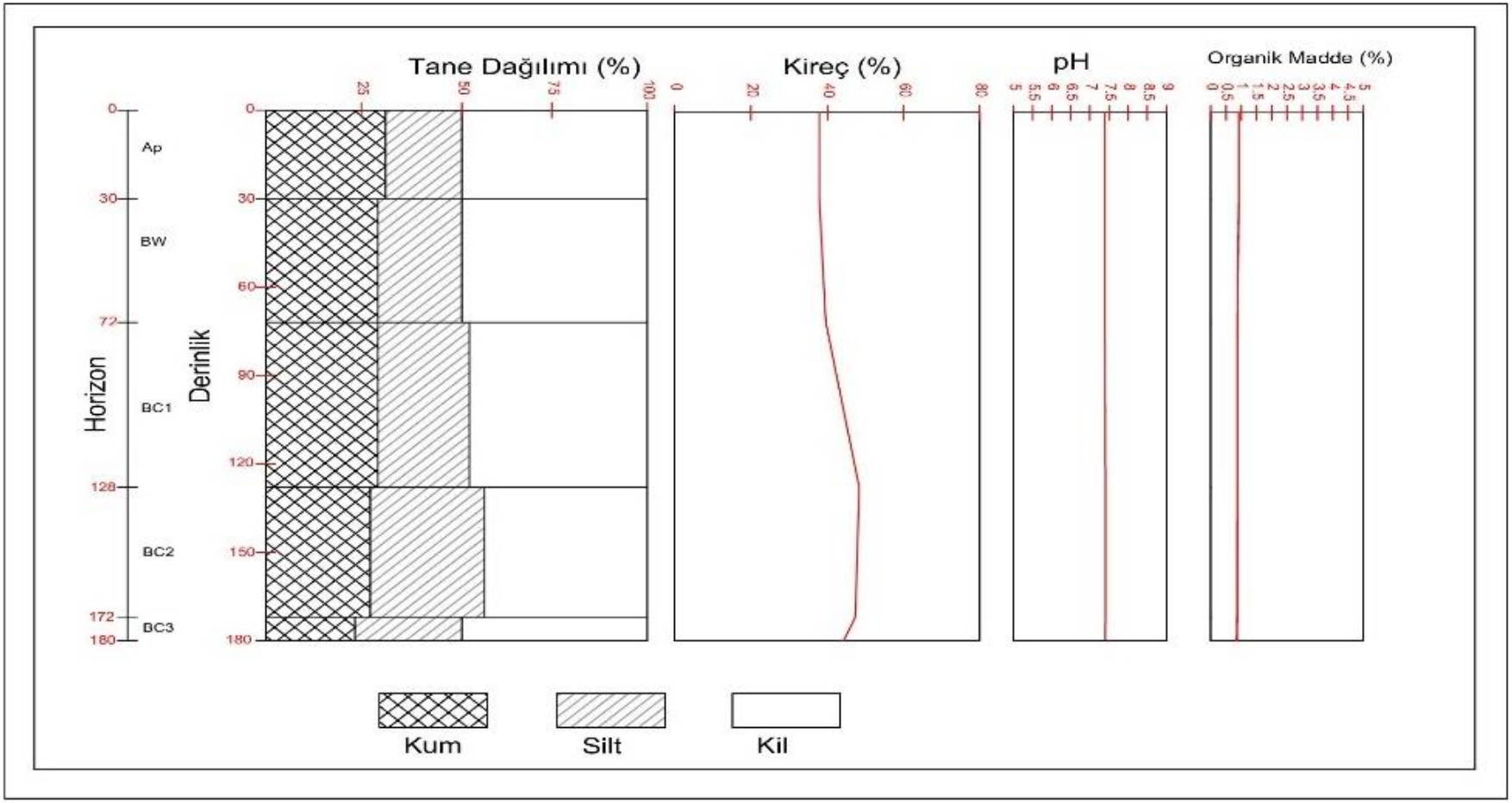
Çizelge 4.1. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/1 nolu profilin özellikleri

Profil Adı ve No	PI/1
Yeri ve Coğrafi Konumu	Şanlıurfa İli, Akçakale İlçesi, Hurma Köyü 494907 Doğu– 4075620 Kuzey (WGS 84 Zone 37)
Denizden Yükseklik	368 m
Yüzey topoğrafyası	Ova tabanı
Arazi kullanım durumu	Sulu tarım
Ana materyal	Çamur akıntıları
Fizyoğrafya	Ova tabanı
Drenaj	İyi
Taban suyu	Yok
Anakaya	+172 cm
Geçirgenlik	İyi



Horizon	Derinlik	Tanımı
Ap	0-30	Kırmızımsı kahverengi (2,5YR 4/4) nemli; Siltli Kil; Kuvvetli orta yarı köşeli blok; Kuru iken sert nemli iken sıkı, yaşken çok yapışkan ve çok plastik; Şiddetli köpürme; Seyrek saçaklı kök, Kesin düz sınır.
Bw	30-72	Kırmızı (2,5YR 4/6) nemli; Siltli Kil; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken sıkı yaşken çok plastik çok yapışkan; çok köpürme; sıkışma yüzeyleri; belirgin dalgalı sınır.
BC1	72-128	Kırmızı (2,5YR 5/6) nemli; Siltli Kil; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken sıkı yaşken çok plastik çok yapışkan; şiddetli köpürme; çok fazla kireç benekleri, belirgin dalgalı sınır.
BC2	128-172	Sarımsı kırmızı (5YR 4/6) nemli; Kil; orta küçük yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken sıkı yaşken çok plastik çok yapışkan; şiddetli köpürme; orta yoğunlukta kireç benekleri, belirgin dalgalı sınır.
BC3	+172	Sarımsı kırmızı (5YR 4/6) nemli; Kil; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken sıkı yaş iken çok plastik çok yapışkan; şiddetli köpürme orta yoğunlukta kireç benekleri.

Şekil 4.1. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/1 nolu profil ve profil PI/1'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler



Şekil 4.2. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/1 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı

Çizelge 4.2. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/1 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek	No	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil %	Silt	Bünye	Organik Madde %
1	**I/1**	Ap	0-30	37,90	7,40	2,56	31,36	48,64	20	Kil-C	0,97
2	**I/1**	Bw	30-72	39,62	7,40	1,48	29,36	48,64	22	Kil-C	0,76
3	**I/1**	BC1	72-128	48,41	7,36	2,19	29,36	46,64	24	Kil-C	0,57
4	**I/1**	BC2	128-172	47,40	7,50	2,80	27,36	42,64	30	Kil-C	0,49
5	**I/1**	BC3	172	44,36	7,42	2,26	23,36	48,64	28	Kil-C	0,46

Horizon	Derinlik cm	Değişebilir Katyonlar me/100g				KDK me/100g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
Ap	0-30	0,56	0,84	32,67	6,64	10,19	6,92
Bw	30-72	0,63	0,47	34,89	5,75	9,90	1,81
BC1	72-128	0,63	0,37	32,76	4,82	8,70	1,11
BC2	128-172	0,61	0,39	34,72	4,68	8,54	1,40
BC3	128	0,62	0,44	32,82	5,83	9,40	0,95

Çamur akıntıları üzerinde açılan 2 nolu profil A-B-C horizonlu olup bu toprakların tüm profili çok kireçlidir. Toprak profilinin horizonları killi tın, alt kumlu killi tın, kumlu tın, siltli tın tekstürlüdür (Şekil 4.3.). Üst horizonlarda kireç benekleri, alt horizonlarda hayvan delikleri görülmektedir. 2C horizonunda 118-150 cm derinliğinde jips bantları görülmüştür. Toprak pH sı 7.42-7.69 arasında değişmekte olup organik madde düşüktür (Şekil 4.4.). Organik madde miktarı % 0.46-0.81 arasında değişmektedir. KDK ise 8.94 ile 42.64 me/100 g arasındadır (Çizelge 4.4.).

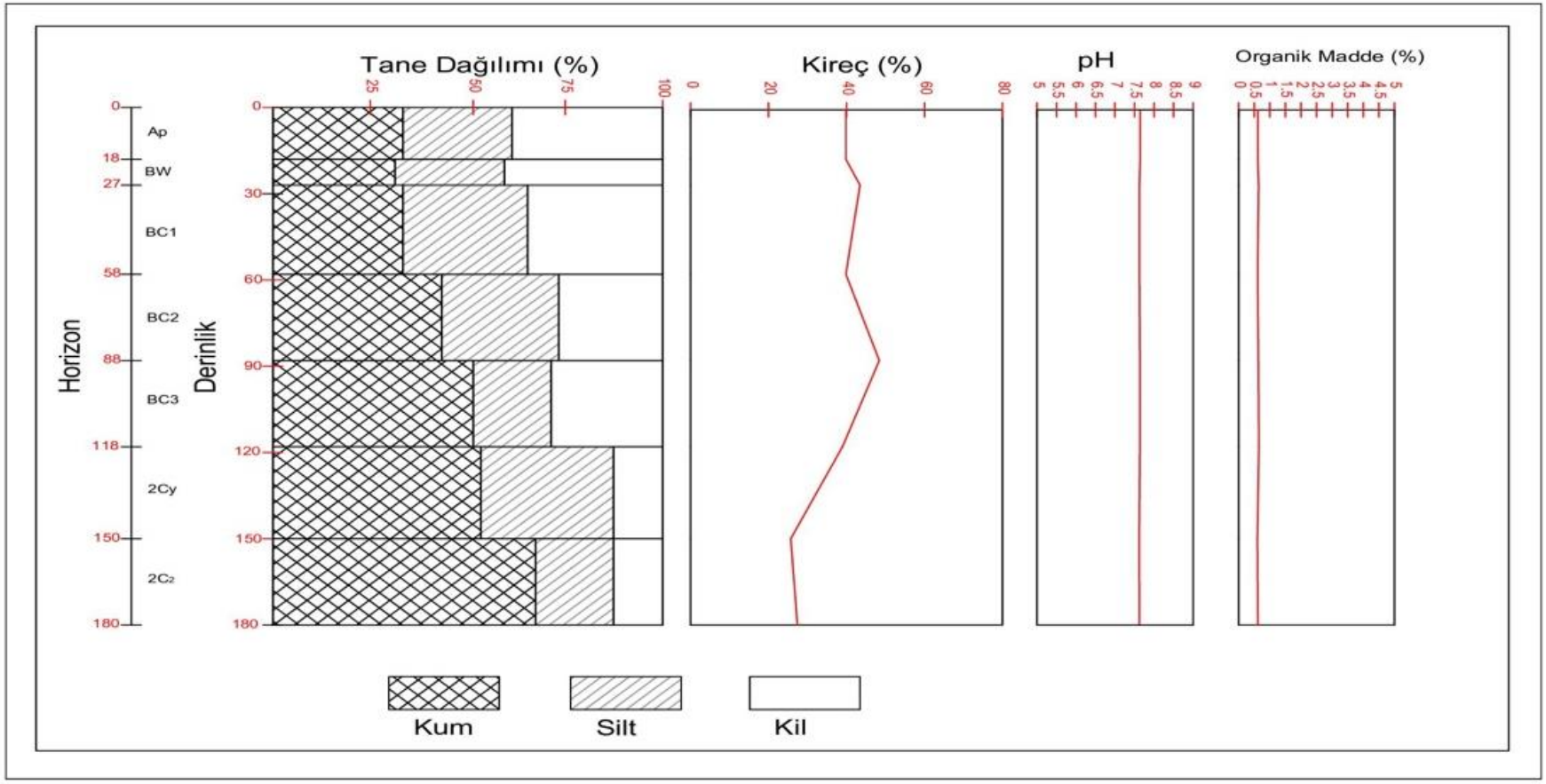
Çizelge 4.3. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/2 nolu profilin özellikleri

Profil Adı ve No	PI/2
Coğrafi Konum:	Şanlıurfa İli, Akçakale İlçesi, Günören Köyü 508043 Doğu– 4065162 Kuzey (WGS 84 Zone 37)
Denizden Yükseklik:	365
Yüzey topoğrafyası	Ova tabanı
Arazi kullanım durumu:	Sulu tarım
Ana materyal	Çamur akıntıları
Fizyoğrafya	Taban arazi
Drenaj	İyi
Taban suyu	Yok
Anakaya	+150 cm
Geçirgenlik	İyi
Yüzey Taşlığı	Yok



Horizon	Derinlik(cm)	Tanımı
Ap	0-18	Açık kahverengi (7,5YR 6/3) nemli; Kil; masif; kuru iken sert nemli iken sıkı yaşken plastik, yapışkan; şiddetli köpürme; çok seyrek saçaklı kök, belirgin düz sınır.
Bw	18-27	Açık kahverengi (7,5YR 6/3) nemli; Kil; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken sıkı yaşken plastik, yapışkan; şiddetli köpürme; belirgin düz sınır.
BC1	27-58	Kahverengi (7,5YR 5/4) nemli; Siltli Kil; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken sıkı yaşken çok plastik çok yapışkan; şiddetli köpürme; orta yoğunlukta kireç benekleri, belirgin düz sınır.
BC2	58-88	Kahverengi (7,5YR 5/3) nemli; Siltli Kil; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken sıkı yaşken çok plastik çok yapışkan; şiddetli köpürme; orta yoğunlukta kireç benekleri; C ve B horizon malzemeleri, kayma yüzeyleri; belirgin düz sınır.
BC3	88-118	Kahverengi (10YR 5/3) nemli; Siltli Killi tın; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken dağılgan yaşken plastik yapışkan; şiddetli köpürme; C ve B horizonu malzemeleri, kayma yüzeyleri; belirgin düz sınır Akçakale- Güngören köyü
2Cy	118-150	Sarımsı kahverengi (10YR 6/3) nemli; tınlı kum; kuvvetli orta prizmatik blok; kuru iken sert nemli iken dağılgan yaşken plastik yapışkan değil; şiddetli köpürme; jips bantları
$2C_2$	150	

Şekil 4.3. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/2 nolu profil ve profil PI/2' ye ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler



Şekil 4.4. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/2 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı

Çizelge 4.4. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/2 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek	No	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil %	Silt	Bünye	Organik Madde %
6	**I/2**	Ap	0-18	39,85	7,68	0,66	33,36	38,64	28	Killıtın (CL)	0,63
7	**I/2**	Bw	18-27	43,43	7,48	0,92	31,36	40,64	28	Kil C	0,81
8	**I/2**	BC1	27-58	39,85	7,69	0,63	33,36	34,64	32	Killıtın (CL)	0,57
9	**I/2**	BC2	58-88	48,37	7,66	1,12	43,36	26,64	30	Tın (L)	0,76
10	**I/2**	BC3	88-118	38,92	7,66	1,12	51,36	28,64	20	Kumlu-illıtın (SCL)	0,88
11	**I/2**	2Cy	118-150	25,68	7,42	2,56	53,36	12,64	34	Kumlutın (SL)	0,46
12	**I/2**	2C2	150	27,4	7,53	2,58	67,36	12,64	20	Siltlıtın (SiL)	0,59

Horizon	Derinlik cm	Değişebilir Katyonlar me/100g				KDK me/100g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
Ap	0-18	0,11	0,13	7,55	1,14	8,94	2,97
Bw	18-27	0,11	0,12	7,62	1,18	9,03	1,81
BC1	27-58	0,17	0,06	8,47	1,45	10,15	1,32
BC2	58-88	0,25	0,04	9,54	1,13	10,95	2,31
BC3	88-118	0,32	0,03	10,43	1,36	12,14	1,44
2Cy	118-150	0,29	0,05	41,58	0,73	42,64	0,70
2C2	150	0,28	0,04	34,62	1,10	36,04	0,95

Çamur akıntıları üzerinde açılan 3 nolu profil, A-B-C horizonlu derin topraklardır. Ass horizonunda uzun derin geniş çatlaklar gözlemlenmiştir. Profilde haif sertlik, kayma yüzeyleri şişme büzülme gözlenmiştir. BC ve 2BC1 horizonların da biyolojik aktivite ve mikrobiyolojik canlılar görülmüştür (Şekil 4.5.). Üst Topraklar hariç tüm alt horizonlara inildikçe azalan akarsu çakılları görülmüştür (Taşlılık alt horizonlarda azalmaktadır). Toprak pH'sı 7.31 ile 7.80 arasında olup organik madde yüzde 1.42 oranındadır. KDK ise 8.73 ile 16.66 me/100 g arasındadır (Çizelge 4.6.).

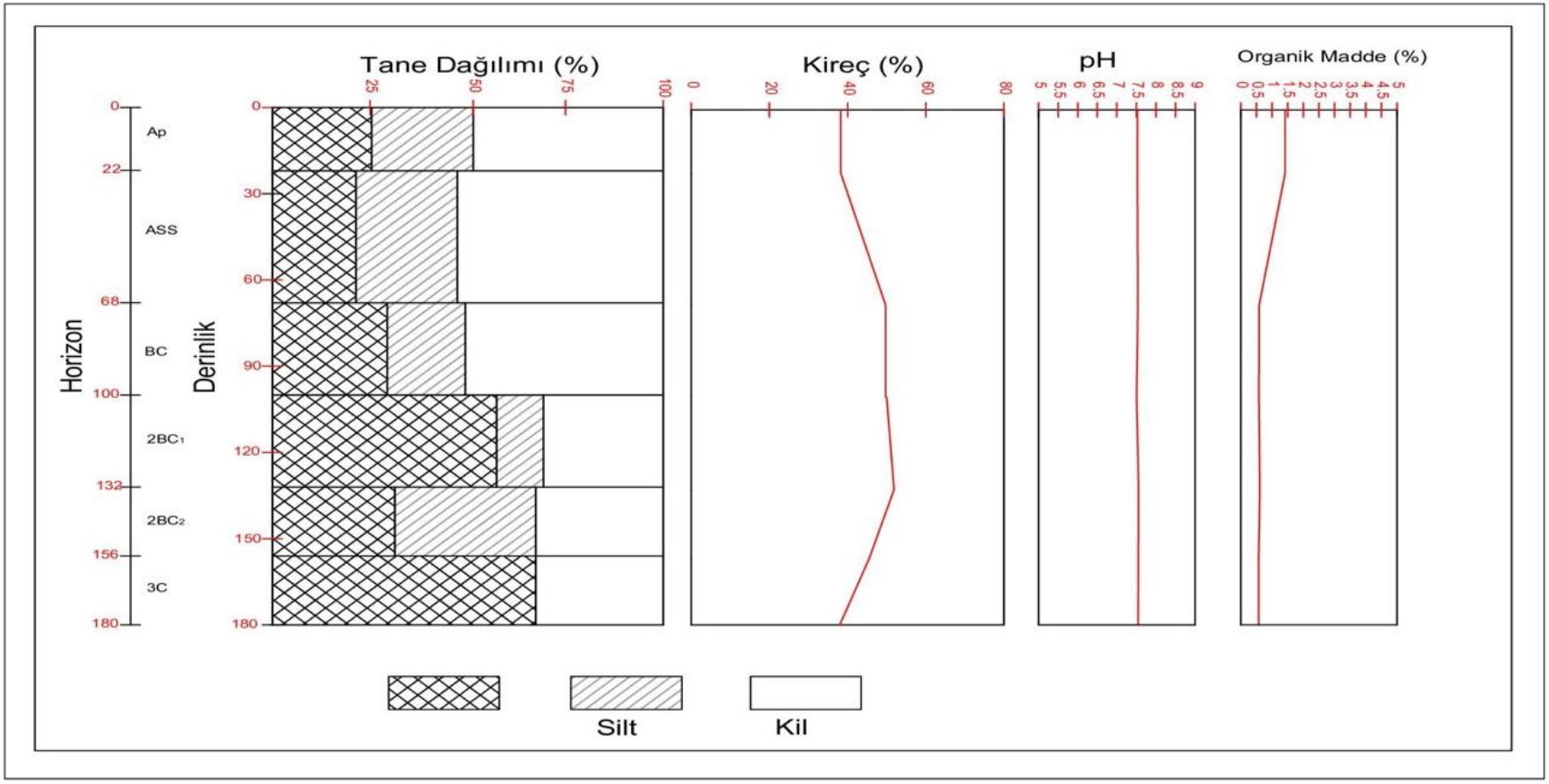
Çizelge 4.5. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/3 nolu profilin özellikleri

Profil Adı ve No	Profil I/3
Coğrafi Konum	Şanlıurfa İli, Haliliye ilçesi, Güçlü köyü 499309 Doğu–4108214 Kuzey (WGS 84 Zone 37)
Denizden Yükseklik	446 m
Yüzey topoğrafyası	ova tabanı
Arazi kullanım durumu	Sulu tarım
Ana materyal	Çamur akıntıları
Fizyoğrafya	Taban arazi
Drenaj	İyi
Taban suyu	Yok
Anakaya	156 cm
Geçirgenlik	Orta
Yüzey Taşlığı	yok



Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0-22	Koyu kahverengi (7,5YR 3/4) nemli; Kil; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken çok sert nemli iken çok sıkı yaşken plastik, yapışkan; şiddetli köpürme; orta yoğun saçaklı kök, belirgin dalgalı sınır.
Ass	22-68	Sarımsı kırmızı (5YR 4/6) nemli; Kil; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken sıkı yaşken plastik, yapışkan; şiddetli köpürme; kesin dalgalı sınır
BC	68-100	Sarımsı kahverengi (5YR 5/6) nemli; Kil; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken sıkı yaşken çok plastik, çok yapışkan; şiddetli köpürme; orta yoğun iri çakıl; seyrek saçak kök, orta yoğun biyolojik aktivite belirgin dalgalı sınır.
2BC1	100-132	Sarımsı kırmızı 5YR 4/6) nemli; Siltli Killi Tı; orta küçük yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken dağılgan yaşken plastik yapışkan; şiddetli köpürme; yaygın çakıl, akarsu canlıları; belirgin dalgalı sınır.
2BC2	132-156	Sarımsı kırmızı (5YR 4/6) nemli; Siltli Killitın; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken dağılgan yaşken plastik yapışkan; şiddetli köpürme; akarsu çakılları, kesin dalgalı sınır
3C	156	Sarımsı kırmızı (5YR 5/6) nemli; Kil; kuvvetli orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken dağılgan yaşken çok plastik çok yapışkan; şiddetli köpürme; çok seyrek çakıl

Şekil 4.5. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/3 nolu profil ve profil PI/3'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler



Şekil 4.6. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/3 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı

Çizelge 4.6. Çamur akıntıları üzerinde oluşan PI/3 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek	No	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil %	Silt	Bünye	Organik Madde %
113	**I/3**	Ap	0-22	35,4	7,52	1,20	25,36	48,64	26	Kil (C)	1,42
114	**I/3**	Ass	22-68	37	7,60	1,10	21,36	52,64	26	Kil-C	0,65
115	**I/3**	BC	68-100	38,1	7,31	0,70	29,36	50,64	20	Kil-C	0,61
116	**I/3**	2BC1	100-132	51	7,80	0,50	57,36	30,64	12	Kumlukillitınlı (SCL)	0,84
117	**I/3**	2BC2	132-156	41,6	7,76	0,66	31,36	32,64	36	Kil (C	0,57
118	**I/3**	3C	156	71,6	7,70	0,50	67,36	32,64	0	Kumlukillitın (SCL)	0,56

Horizon	Derinlik cm	Değişebilir Katyonlar me/100g				KDK me/100g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
Ap	0-22	0,57	1,01	48,29	7,94	11,31	4,33
Ass	22-68	0,66	0,64	54,80	5,20	16,66	1,81
BC	68-100	0,72	0,69	50,95	4,28	11,05	2,55
2BC1	100-132	0,56	0,43	39,49	2,44	8,73	4,53
2BC2	132-156	0,72	0,69	48,32	4,94	11,57	1,85

4.1.2. Kireçtaşı üzerinde oluşan topraklar

Kireçtaşları üzerinde üç toprak profili açılmış ve tanımlanmıştır. Bu profillere ait morfolojik, fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları çizelge ve şekillerde verilmiştir.

Kireçtaşları üzerinde açılan 1 nolu profil A-B-C horizonlu topraklar olup profil kil tekstürlü olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4.8.). Toprak pH 7.40 ile 7.58 arasında değişmekte olup organik madde yüzeyde %2.17 dir. KDK ise 8.15 ile 17.51 me/100 g arasında değişmektedir (Çizelge 4.9.).

Kireçtaşı üzerinde oluşan 2 nolu profil tüm profil boyunca kil tekstürlü olup A horizonunda bir ochric epipedon tanımlanmıştır (Şekil 4.8.). Alt horizonlar da ortak kireç tanecikleri görülmüştür. pH 7.07 ile 7.72 arasında değişmektedir. Organik madde miktarı % 0.55- 1.1 arasındadır. KDK'leri 12.96 ile 17.03 me/100 g arasındadır. Baz doygunluğu yüksektir (Çizelge 4.11.) (Şekil 4.9.).

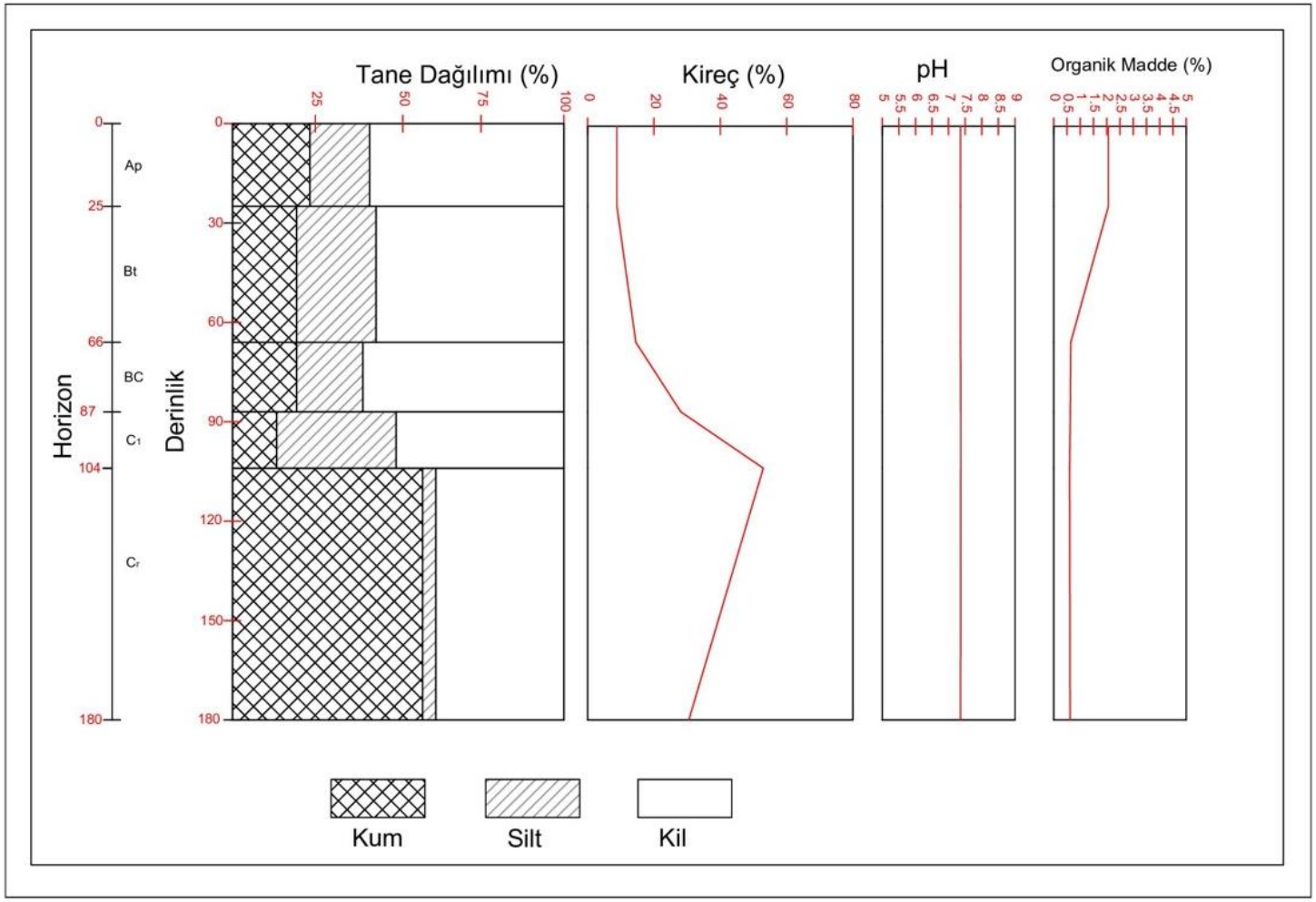
Kireçtaşı üzerinde oluşan 3 nolu profilin toprak pH sı 7.31 ile 7.47 arasında değişmekte olup organik madde yüzeyde %2'dir. KDK'leri 12.08 ile 14.85 me/100 g arasında değişmektedir (Çizelge 4.13.). A-B-C horizonlu bir profildir. Tüm profil kil tekstürlüdür. Yüzeyde bir ochric epipedon tanımlanmıştır. Bw1, Bw2, BCk1 de cambic, BCk2'de calcic horizon tanımlanmıştır (Şekil 4.10.). Derinlere doğru indikçe taşlılık ve kireç cepleri artmaktadır (Şekil 4.10.).

Çizelge 4.7. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/1 nolu profilin özellikleri

Profil Adı ve No	Profil II/1
Coğrafi Konum	Şanlıurfa İli, Hilvan İlçesi, Ovacık/Hasenik Köyü 481622 Doğu– 4153573 Kuzey (WGS84 Zone 37)
Denizden Yükseklik	644 m
Yüzey topoğrafyası	Düz
Arazi kullanım durumu	Tarla bitkileri
Ana materyal	Kireçtaşı
Fizyoğrafya	Taban
Drenaj	İyi
Taban suyu	Yok
Anakaya	+120ü
Geçirgenlik	Orta
Yüzey Taşlığı	Çok seyrek

Çizelge 4.8. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/1 nolu profile ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikleri

Profil II/1	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0-25	Koyu kırmızımsı kahverengi (2,5YR 2.5/3) nemli; Kil; orta küçük köşeli blok; kuru iken sert, nemliyken dağılgan, yaşken çok plastik çok yapışkan; hafif köpürme; çok seyrek köşeli çört, kesin düz sınır.
Bt	25-66	Koyu kırmızı (10R 3/4) nemli; Kil; orta orta köşeli blok; kuru iken sert, nemli iken sıkı, yaşken çok plastik çok yapışkan; hafif köpürme, kesin belirgin sınır.
B	66-87	Kırmızı (10R4/6) nemli; Siltli Kil; orta küçük köşeli blok; kuru iken sert, nemli iken dağılgan, yaş iken çok plastik, çok yapışkan; orta köpürme, kesin dalgalı sınır.
C1	87-104	Kırmızı (10R 5/6) nemli; Siltli Kil; zayıf küçük blok; kuru iken sert, nemli iken dağılgan, yaşken çok plastik çok yapışkan; şiddetli köpürme; kesin kırıklı sınır.
Cr	+104	Açık kırmızı (2,5YR 7/6) nemli; Kumlu killi tın; zayıf küçük blok; kuru iken sert, nemli iken dağılgan, yaşken çok plastik çok yapışkan; şiddetli köpürme, İri silisleşmiş kireç taşı



Şekil 4.7. Kireç taşı üzerinde oluşan PII/1 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı

Örnek	No	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil %	Silt	Bünye	Organik Madde %
13	II/1	Ap	0-25	8,79	7,42	2,03	23,36	58,64	18	Killi	2,17
14	II/1	Bt	25-66	14,55	7,41	2,66	19,36	56,64	24	Killi	0,79
15	II/1	BC	66-87	28,10	7,58	2,35	19,36	60,64	20	Killi	0,67
16	II/1	C_1	87-104	52,93	7,44	2,22	13,36	50,64	36	Killi	0,46
17	II/1	C_r	104	30,51	7,40	1,91	57,36	38,64	4	Kumlu-Killi (SC)	0,57

Çizelge 4.9. Kireçtaşı üzerinde üzerine oluşan PII/1 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özelliklerini

Horizon	Derinlik cm	Değişebilir Katyonlar me/100g				KDK me/100g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
Ap	0-25	0,37	1,29	63,90	2,92	16,34	3,67
Bt	25-66	0,41	0,99	86,60	3,42	17,51	1,03
BC	66-87	0,39	0,78	66,40	2,97	14,29	1,19
C_1	87-104	0,39	0,62	61,25	2,15	11,35	0,82
C_r	104	0,38	0,52	52,25	1,70	8,15	2,18

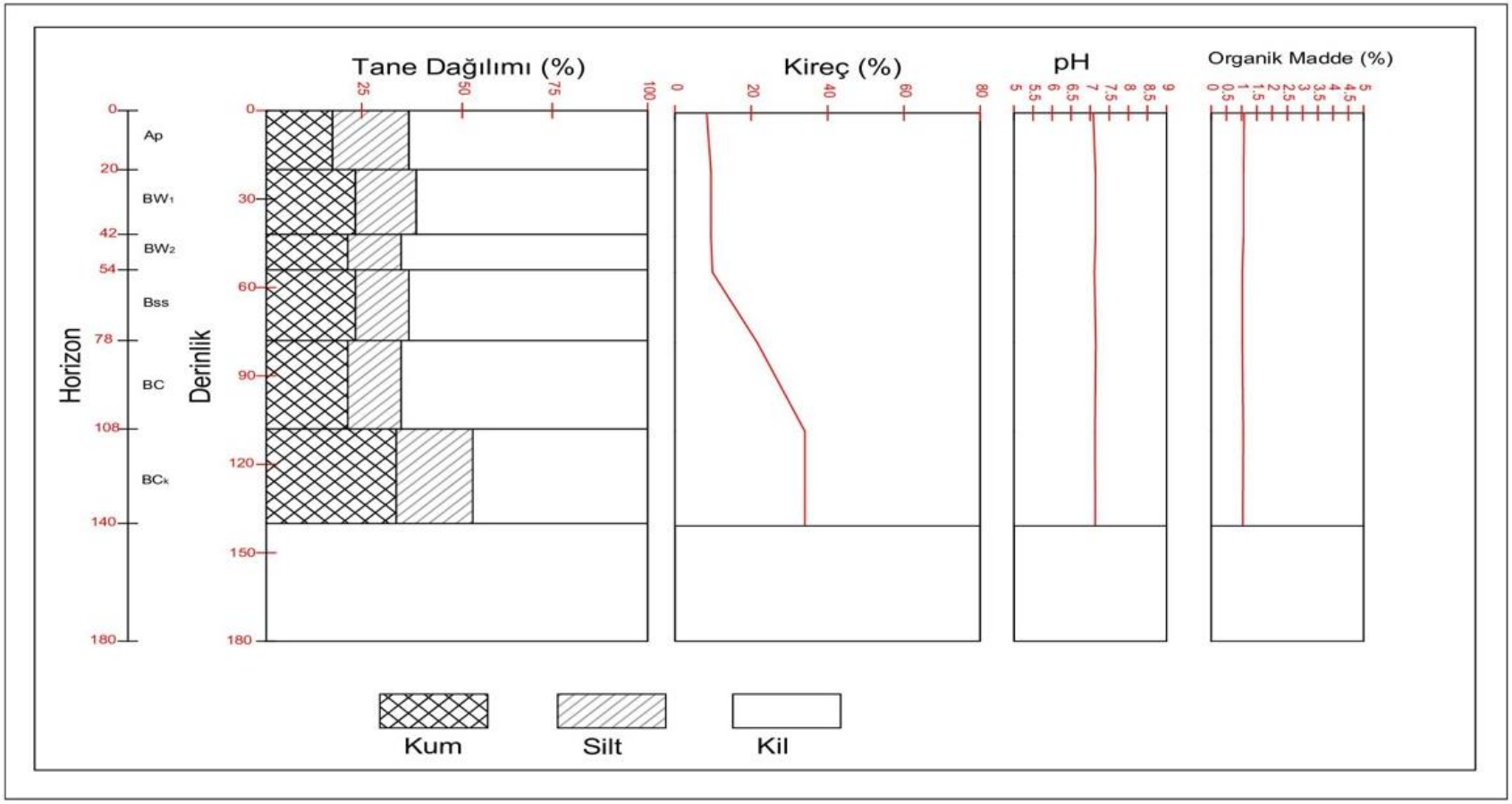
Çizelge 4.10. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/2 nolu profilin özellikleri

Profil Adı ve No	Profi II/2
Coğrafi Konum	Şanlıurfa İli, Hilvan İlçesi, Üçüzler köyü girişi 493741Doğu –4156799 Kuzey (WGS84 Zone 37)
Denizden Yükseklik	599 m
Yüzey Topoğrafyası	Düz
Arazi Kullanım Durumu	Tarla Bitkileri
Ana Materyal	Kireçtaşı
Fizyoğrafya	Tarla
Drenaj	İyi
Taban Suyu	Yok
Anakaya	+140
Geçirgenlik	Orta
Yüzey Taşlığı	Yok



Horizon	Derinl(cm)	Tanımı
Ap	0-20	Koyu kırmızımsı kahverengi (5YR 3/3) nemli; Kil; kuvvetli orta granüler blok; kuru iken sert, nemli iken dağılgan, yaşken plastik, yapışkan; orta köpürme; seyrek saçaklı kök; belirgin düz sınır.
Bw1	20-42	Kırmızımsı kahverengi (5YR 4/4) nemli; Kil; kuvvetli orta blok; kuru iken sert, nemli iken sıkı, yaşken plastik, yapışkan; orta köpürme; seyrek saçaklı kök, belirgin düz sınır.
Bw2	42-54	Koyu kırmızımsı kahverengi (2,5 YR 3/4) nemli; Kil; kuvvetli orta blok; kuru iken sert nemli iken dağılgan yaşken plastik, yapışkan; orta köpürme; çok seyrek saçaklı kök, belirgin düz sınır.
Bss	54-78	Kırmızı (2,5 YR 4/6) nemli; Kil; masif; kuru iken sert, nemli iken sıkı, yaşken çok plastik, çok yapışkan; orta köpürme; çok seyrek saçaklı kök; kayma yansımaları; belirgin düz sınır
BC	78-108	Kırmızı (2,5 YR 4/6) nemli; Kil; kuvvetli orta blok; kuru iken sert, nemli iken sıkı yaşken plastik, yapışkan; orta köpürme; seyrek kireç benekleri; belirgin düz sınır
BCk	108-140	Kırmızı (2,5 YR 4/6) nemli; Kil; kuvvetli orta blok; kuru iken sert, nemli iken sıkı, yaşken plastik, yapışkan; şiddetli köpürme; yoğun kireç benekleri; kesin düz sınır
C	140	

Şekil 4.8. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/2 nolu profil ve profil PII/2'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler



Şekil 4.9. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/2 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profildeki dağılımı

Çizelge 4.11. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/2 profile ait fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil %	Silt	Bünye	Organik Madde %
18	**II/2**	Ap	0-20	8,29	7,07	1,52	17,36	62,64	20	Killi-C	1,1
19	**II/2**	Bw1	20-42	9,46	7,62	0,64	23,36	60,64	16	Killi-C	0,86
20	**II/2**	Bw2	42-54	9,81	7,38	1,05	21,36	64,64	14	Killi-C	0,68
21	**II/2**	Bss	54-78	9,85	7,72	0,50	23,36	62,64	14	Killi-C	0,55
22	**II/2**	BC	78-108	21,64	7,51	1,66	21,36	64,64	14	Killi-C	0,83
23	**II/2**	BCk	108-140	34,09	7,57	1,59	31,36	48,64	20	Killi-C	0,68

Horizon	Derinlik	Değişebilir Katyonlar me/100 g				KDK me/100 g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
Ap	0-20	0,37	1,94	71,85	4,85	16,91	4,24
Bw1	20-42	0,39	1,62	79,40	5,38	16,98	1,61
$Bw2_2$	42-54	0,40	1,42	59,90	5,64	17,03	1,32
Bss	54-78	0,40	1,38	64,20	5,82	16,88	0,99
BC	78-108	0,40	1,32	60,80	5,70	15,49	1,19
BCk	108-140	0,42	1,02	53,10	4,73	12,96	1,65

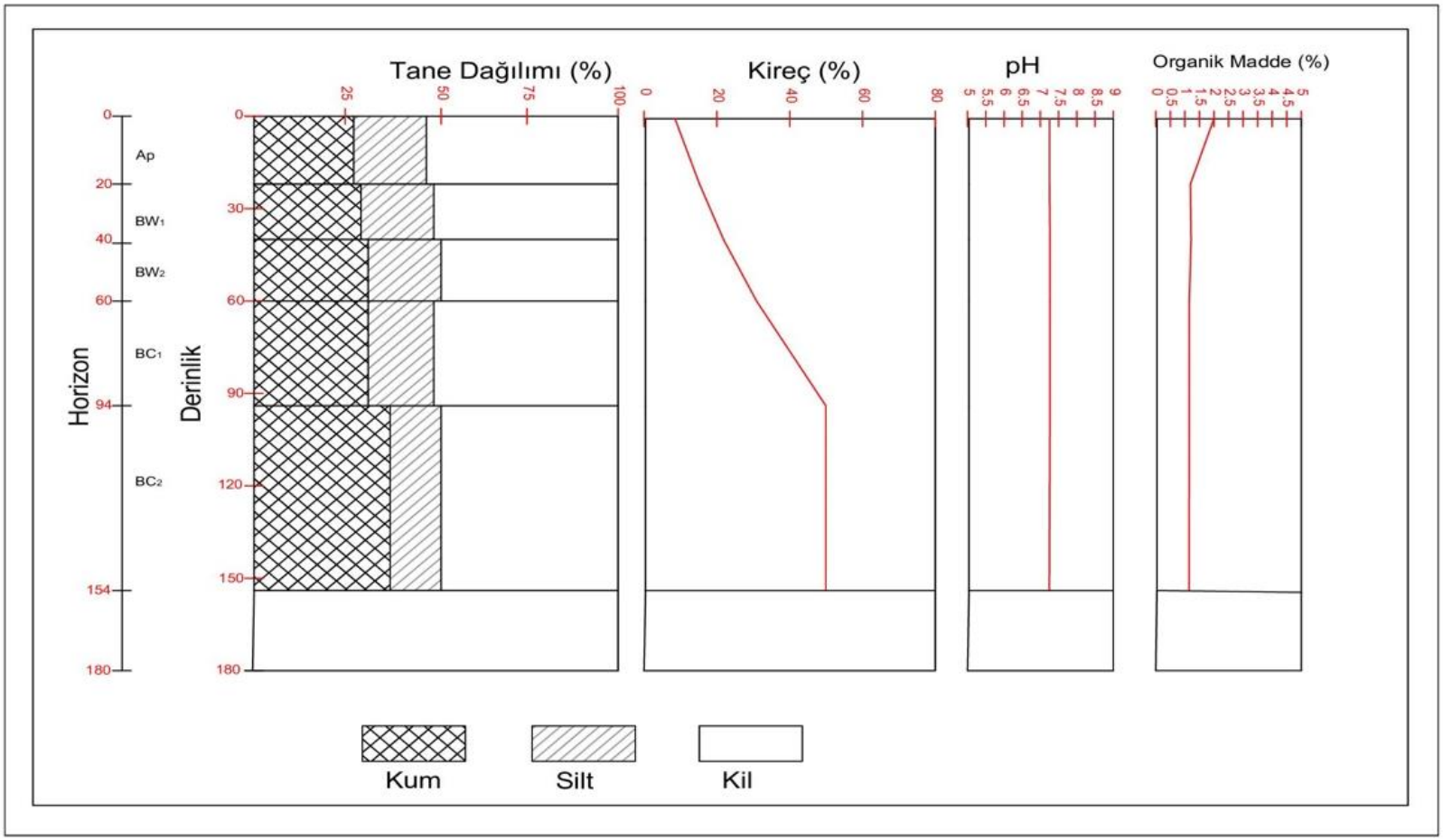
Çizelge 4.12. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/3 nolu profilin özellikleri

Profil Adı ve No	PII/3
Coğrafi Konum	Şanlıurfa, Viranşehir ilçesi, Akkese köyü 550733 Doğu – 4111985 Kuzey (WGS 84 Zone 37)
Denizden Yükseklik:	586 m
Yüzey topoğrafyası:	Dalgalı plato
Arazi kullanım durumu:	Yarı-kurak
Ana materyal :	Kireçtaşı
Fizyoğrafya :	Plato
Drenaj:	İyi
Taban suyu	Yok
Anakaya	+154
Geçirgenlik	Orta
Yüzey taşlığı	Orta yoğun köşeli



Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0-22	Koyu kırmızımsı kahverengi (5YR 3/3) nemli; Kil; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken çok sert, nemli iken sıkı, yaşken çok plastik, çok yapışkan; hafif köpürme; orta taşlı orta saçaklı kök, kesin dalgalı sınır.
Bw1	22-40	Kırmızımsı kahverengi (5YR 4/4) nemli; Kil; kuvvetli orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken dağılgan yaşken çok plastik, çok yapışkan; şiddetli köpürme; seyrek saçaklı kök, belirgin dalgalı sınır.
Bw2	40-60	Koyu kırmızımsı kahverengi (5YR 3/4) nemli; Kil; kuvvetli kuvvetli yarı köşeli blok; kuru iken çok sert, nemli iken, sıkı yaşken çok plastik, çok yapışkan; şiddetli köpürme; hafif taşlık; orta saçaklı kök, belirgin dalgalı sınır.
BC1	60-94	Kırmızımsı kahverengi (2,5 YR 4/4) nemli; Siltli Kil; kuvvetli orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken dağılgan yaşken plastik, yapışkan; şiddetli köpürme; çok taşlı kesek; orta iri yuvarlak taş; seyrek kireç cepleri; belirgin dalgalı sınır
BC2	94-154	Kırmızı (2,5 YR 4/6) nemli; Siltli Kil; kuvvetli orta yarı köşeli blok; kuru iken sert, nemli iken dağılgan, yaşken plastik, yapışkan; şiddetli köpürme; çok taşlı kesek; yuvarlak yarı köşeli taş; geniş kireç cepleri; biyolojik aktivite; belirgin dalgalı sınır
C	+154	

Şekil 4.10. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/3 nolu profil ve profil PII/3'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler



Şekil 4.11. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/3 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı

Çizelge 4.13. Kireçtaşı üzerinde oluşan PII/3 nolu profile ait fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek	No	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil %	Silt	Bünye	Organik Madde %
24	**II/3**	Ap	0-22	7,86	7,34	0,97	27,36	52,64	20	Killi-C	2
25	**II/3**	Bw1	22-40	14,83	7,47	2,04	29,36	50,64	20	Killi-C	1,09
26	**II/3**	Bw2	40-60	21,44	7,39	1,47	31,36	48,64	20	Killi-C	1,31
27	**II/3**	BC1	60-94	30,51	7,47	1,38	31,36	50,64	18	Killi-C	0,8
28	**II/3**	BC2	94-154	49,54	7,31	1,71	37,36	48,64	14	Killi-C	0,7

Horizon	Derinlik cm	Değişebilir Katyonlar me/100g				KDK me/100g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
Ap	0-22	0,43	1,72	58,30	8,12	14,85	5,81
Bw1	22-40	0,51	0,82	63,05	3,07	14,05	1,81
Bw2	40-60	0,54	0,74	77,15	3,03	13,80	1,44
BC1	60-94	0,54	0,66	57,25	2,99	13,04	1,53
BC2	94-154	0,50	0,56	51,65	2,82	12,08	1,61

4.1.3. Marn üzerinde oluşan topraklar

Marn anamateryali üzerinde üç toprak profili açılmış ve tanımlanmıştır. Bu profillere ait, morfolojik, fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir;

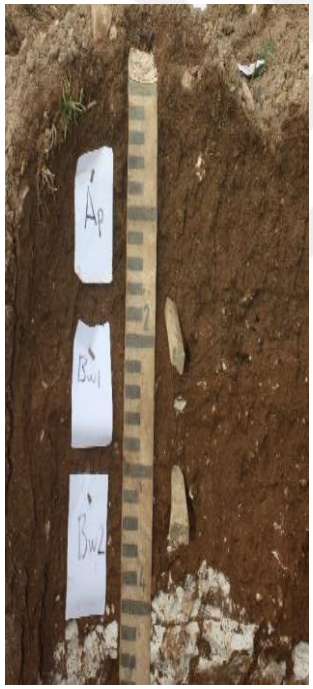
Marn ana materyali 1 nolu profili A-B horizonlu derin olmayan profillere sahiptir. A horizonu kumlu killi tın, B horizonları killi tındır. Bw2'de hafif köşeli çörtler görülmüştür. R horizonları üzerinde litolojik kesimlere rastlanmıştır (Şekil 4.12.). pH 7.34 ile 7.73 arasında değişmekte organik madde %1.16 ile %1.53 arasında değişmektedir. KDK 7.92 ile 8.88 me/100 g arasındadır (Çizelge 4.15.).

Marn üzerinde oluşan 2 nolu profil A- B -C horizonlu sığ topraklardır. Toprak tekstürü tüm profil boyunca kildir. Altta derinlere doğru azalan kireç benekleri görülmektedir pH 7.56 ile 7.79 arasında değişmekte olup organik madde yüzeyden aşağılara doğru azalmaktadır. Baz yoğunluğu %50 den fazladır. KDK 10.74 ile 13.10 me/100 g arasında değişmektedir (Çizelge 4.17.) (Şekil 4.14.).

Marn üzerinde oluşan 3 nolu profil A- B -C horizonlu orta derin topraklardır. Tüm profil kumlu killi tın tekstürlü topraklardır (Şekil 4.16.). pH aralığı 7.19 ile 7.95 arasında değişmektedir, organik madde yüzeyde % 1.28 olup derinlik arttıkça düzgün olarak azalmaktadır (Şekil 4.17.). KDK 6.01 ile 6.53 me/100gr arasında değişmektedir (Çizelge 4.19.).

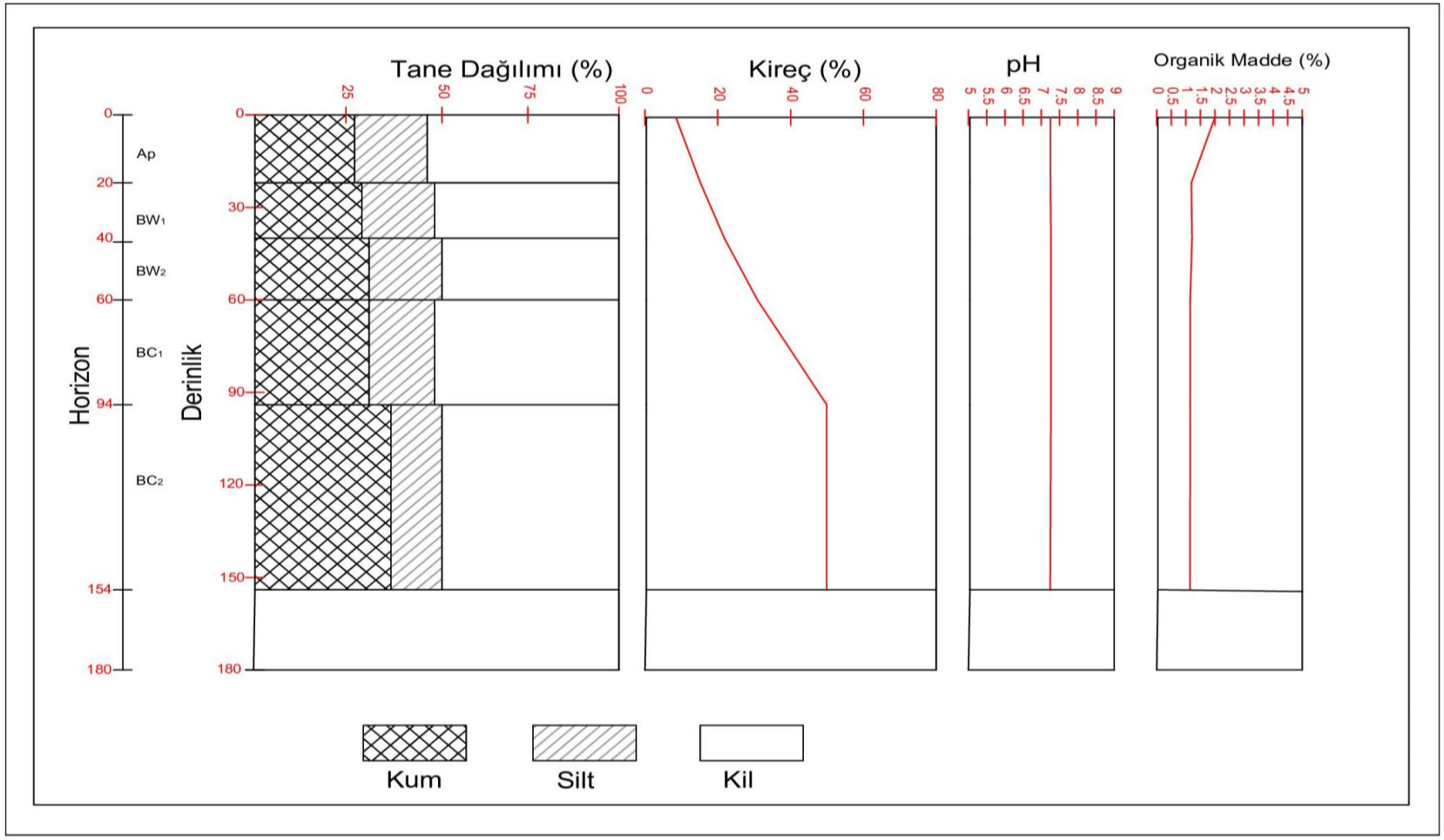
Çizelge 4.14. Marnı üzerinde oluşan PIII/1 nolu profilin özellikleri

Profil Adı ve No	PIII/1
Coğrafi Konum	Şanlıurfa İli, Hilvan ilçesi, Ovacık/Hasenik köyü, 480548 Doğu-4152217 Kuzey (WGS84 Zone 37)
Denizden Yükseklik	658 m
Arazi kullanım durumu	Yarı-kurak
Ana materyal	Marn
Fizyoğrafya	Yamaç
Drenaj	İyi
Taban suyu	Yok
Anakaya	+38 cm
Geçirgenlik	İyi
Yüzey Taşlığı	yok



Horizon	Derinlik	Tanımı
Ap	0-18	Kahverengi (7,5YR 4/4) nemli; Kumlu killi tın; orta, küçük yarı köşeli blok; şiddetli köpürme; kuru iken sert değil, nemli iken dağılgan, yaşken yapışkan, plastik; orta orta levhalı marn; seyrek saçak kök kesin düz sınır.
Bw1	18-30	Kırmızımsı kahverengi (5YR 4/4) nemli; Siltli killi tın; orta orta köşeli blok; Kuru iken sert değil, nemli iken dağılgan, dağılgan, yaşken yapışkan ve plastik; şiddetli köpürme; seyrek saçak kök; kesin düz sınır
Bw2	30-38	Sarımsı kahverengi (5YR 4/6) nemli; siltli killi tın; orta, orta köşeli blok; kuru iken sert değil, nemli iken dağılgan, yaşken yapışkan, plastik; şiddetli köpürme; hafif köşeli çört, kesin düz sınır.
R	38	Marn

Şekil 4.12. Marnı üzerinde oluşan PIII/1 nolu profil ve profil PIII/1'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler



Şekil 4.13. Marnı üzerinde oluşan PIII/1 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı

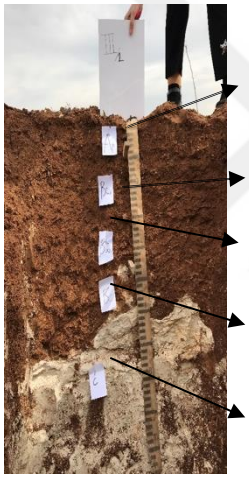
Çizelge 4.15. Marnı üzerinde oluşan PIII/1nolu profile ait fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek	No	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil %	Silt	Bünye	Organik Madde %
29	**III/1**	Ap	0-18	33,47	7,45	1,18	49,36	30,64	20	Kumlu-Killi-Tınlı (SCL)	1,53
30	**III/1**	Bw1	18-30	68,49	7,34	1,53	35,36	36,64	28	Killi-Tınlı (SL)	1,3
31	**III/1**	Bw2	30-38	65,03	7,73	0,47	41,36	36,64	22	Killi-Tınlı (SL)	1,16

Horizon	Derinlik cm	Değişebilir Katyonlar me/100g				KDK me/100g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
Ap	0-18	0,36	2,94	38,38	1,82	7,92	15,70
Bw_1	18-30	0,34	2,55	37,45	1,45	8,88	16,07
BW_2	30-38	0,36	1,66	43,00	1,50	8,10	6,67

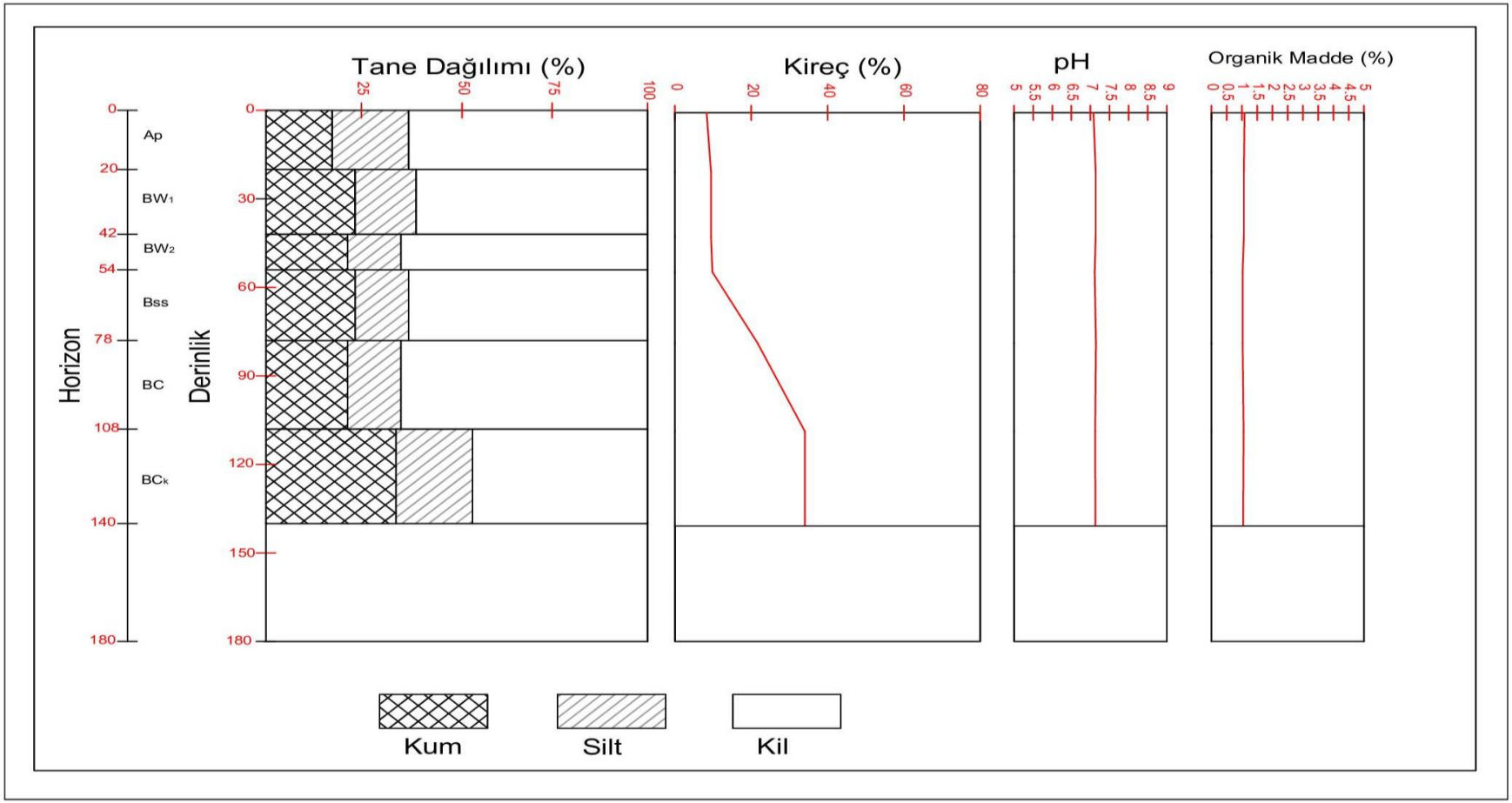
Çizelge 4.16. Marn üzerinde oluşan PIII/2 nolu profilin özellikleri

Profil Adı ve No	PIII/2
Coğrafi Konum	Şanlıurfa ili, Karaköprü ilçesi Akziyaret-/Halis Köyü 485501 Doğu, 4136896 Kuzey (WGS84 Zone 37)
Denizden Yükseklik	715 m
Arazi kullanım durumu	Yarı-kurak
Ana materyal	Marn
Fizyoğrafya	Antep fıstığı Etek
Drenaj	Orta
Taban suyu	Yok
Anakaya	+38 cm
Geçirgenlik	İyi
Yüzey Taşlığı	Yok



Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0-10	Koyu kahverengi (7,5YR 3/3) nemli; Siltli killi tın; Levhalı orta granüler; Şiddetli köpürme; kuru iken sert değil, nemli iken dağılgan, yaşken yapışkan ve plastik; Orta yoğun saçak kök; Seyrek kireç benekleri; belirgin düz sınır.
Bw1	10-30	Sarımsı kırmızı (5YR 4/6) nemli; Kil; Orta orta levhalı blok; Kuru iken sert değil, nemli iken sıkı, yaşken yapışkan ve plastik; Şiddetli köpürme; Seyrek saçak kök; Belirgin düz sınır
Bw2	30-42	Sarımsı kırmızı (5YR 4/6) nemli; Siltli killi tın; Orta kuvvetli blok; Kuru iken sert nemli iken dağılgan yaşken yapışkan ve plastik; Şiddetli köpürme; Seyrek saçak kök; Belirgin düz sınır.
BC	42-58	Sarımsı kırmızı (5YR 5/6) nemli; Siltli killi tın; Küçük kuvvetli blok; Kuru iken sert değil, nemli iken dağılgan yaşken yapışkan ve plastik; Şiddetli köpürme; Seyrek saçak kök; Kesin kırıklı sınır.
C	58	Marn

Şekil 4.14. Marn üzerinde oluşan PIII/2 nolu profil ve profil PIII/2'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler



Şekil 4.15. Marn üzerinde oluşan PIII/2 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı

Çizelge 4.17. Marn üzerinde oluşan PIII/2 nolu profile ait fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek	Numara	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil	Silt	Bünye	Organik Madde %
32	**III/2**	Ap	0-10	46,35	7,63	0,52	29,36	48,64	22	Killi-C	1,5
33	**III/2**	Bw1	10-30	48,41	7,56	1,12	25,36	50,64	24	Killi-C	1,05
34	**III/2**	Bw2	30-42	49,27	7,93	1,35	23,36	52,64	24	Killi-C	0,94
35	**III/2**	BC	42-58	56,19	7,79	0,54	23,36	54,64	22	Killi-C	0,84

Horizon	Derinlik cm	Değişebilir Katyonlar me/100g				KDK me/100g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
Ap	0-10	0,41	0,91	55,10	3,22	13,10	5,85
Bw1	10-30	0,50	0,67	58,15	2,68	12,79	2,55
Bw2	30-42	0,53	0,60	53,50	2,28	11,41	1,69
BC	42-58	0,53	0,53	49,20	2,15	10,74	0,91

Çizelge 4.18. Marn üzerinde oluşan Profil III/3 nolu profilin özellikleri

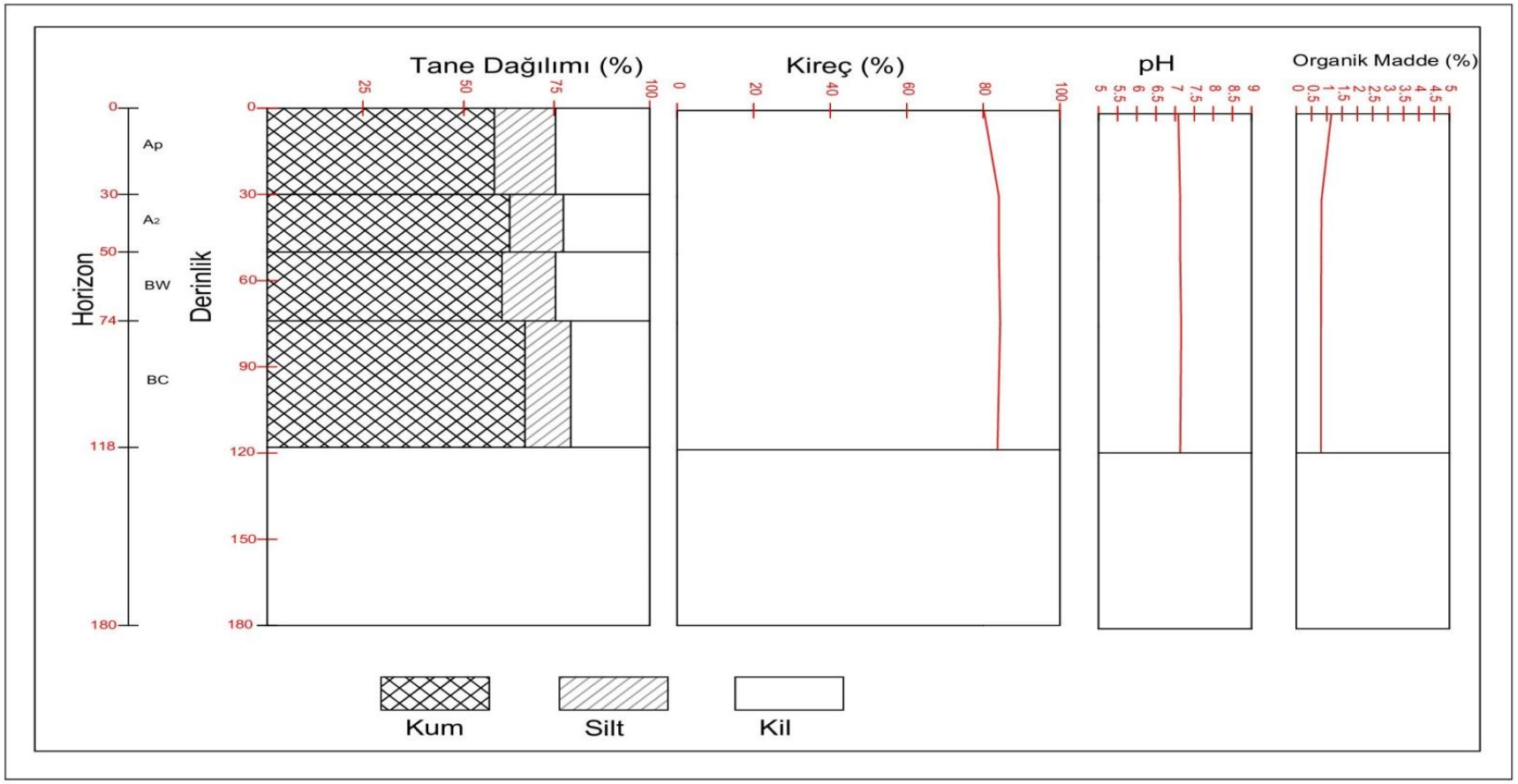
Profil Adı ve No	PIII/3
Coğrafi Konum	Şanlıurfa/Bozova-Çatak Köyü 460248 Doğu, 4136450 Kuzey (WGS84 Zone 37)
Denizden Yükseklik:	550 m
Arazi kullanım durumu	Yarı kurak
Ana materyal	Marn
Fizyoğrafya	Plato
Drenaj	Orta
Taban suyu	Yok
Anakaya	Marn
Geçirgenlik	İyi
Yüzey Taşlığı	Seyrek



PIII/3 Marn

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
Ap	0-30	Sarımsı kahverengi (10YR 6/3) nemli; kumlu killi tın; levhalı küçük granüler; şiddetli köpürme; kuru iken hafif sert, nemli iken dağılgan, yaşken az yapışkan, ve az plastik; orta yoğun çört; belirgin düz sınır.
A_2	30-50	Açık sarımsı kahverengi (10YR 6/4) nemli; kumlu killi tın; zayıf küçük granüler; şiddetli köpürme; kuru iken hafif sert , nemli iken dağılgan, yaşken az yapışkan, az plastik; hafif çört; seyrek saçaklı kök; orta yoğun orta çört belirgin dalgalı sınır.
Bw	50-74	Çok sarımsı kahverengi (10YR 7/4) nemli; siltli tın; zayıf küçük yarı köşeli blok; kuru iken hafif sert, nemli iken dağılgan, yaşken az yapışkan ve az plastik; şiddetli köpürme; belirgin dalgalı sınır.
BC	74-118	Açık sarımsı kahverengi (10YR 6/4) nemli; siltli killi tın; orta küçük yarı köşeli blok; kuru iken sert değil, nemli iken dağılgan; yaşken yapışkan ve plastik; şiddetli köpürme; seyrek küçük çört; orta yoğun pas lekeleri, kesin düz sınır.
Cr	118	Marn

Şekil 4.16. Marn üzerinde oluşan PIII/3 nolu profil ve profil PIII/3'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler



Şekil 4.17. Marn üzerinde oluşan PIII/3 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı

Çizelge 4.19. Marn üzerinde oluşan PIII/3 nolu profile ait fiziksel ve kimyasal özellikler

Örnek	No	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil %	Silt	Bünye	Organik Madde %
36	**III/3**	Ap	0-30	80,2	7,19	1,05	59,36	24,64	16	Kumlu-Killi-Tınlı(SCL)	1,28
37	**III/3**	A2	30-50	84,1	7,72	0,83	63,36	22,64	14	Kumlu-Killi-Tınlı(SCL)	0,75
38	**III/3**	Bw	50-74	84,4	7,95	0,22	61,36	24,64	14	Kumlu-Killi-Tınlı(SCL)	0,67
39	**III/3**	BC	74-118	83,7	7,72	0,94	67,36	20,64	12	Kumlu-Killi-Tınlı(SCL)	0,63

Horizon	Derinlik cm	Değişebilir Katyonlar me/100g				KDK me/100g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
Ap	0-30	0,49	0,58	33,65	1,01	6,53	4,37
A_2	30-50	0,41	0,20	32,78	0,70	6,22	2,97
BW	50-74	0,38	0,18	35,28	0,90	6,09	1,85
BC	74-118	0,40	0,17	32,11	0,85	6,01	2,06

4.1.4. Bazalt üzerinde oluşan topraklar

Bazalt toprakları üzerinde üç toprak profili açılmış ve tanımlanmıştır. Bu profillerin morfolojik özellikleri ve fiziksel kimyasal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Profil IV/1: Bazalt ana materyali üzerinde açılan 1 nolu profil A B C horizonlu derin topraklardır. Profil boyunca köşeli bazalt çakılları gözlemlenmiştir. pH 6.43 ile 7.80 arasında değişmektedir. Organik madde yüzeyde % 4.21'dir, profil derinleştikçe azalmıştır (Şekil 4.19.). KDK 11.04 ile 13.77 me/100 g'dir (Çizelge 4.21.) (Şekil 4.18.).

Profil IV/2: A-B horizonlu bir profildir. Tüm profil kil tekstürlüdür. Tüm profil boyunca kayma yüzeylerine rastlanmıştır. BK horizonun da yoğun kireç cepleri görülmüştür. Orhric A epipedonundan başka vernik ve cambik tanımlama horizonları görülmüştür. pH 7.18 ile 7.64 arasında değişmekte olup organik madde miktarı yüzeyde %1.55' dir. KDK 11.76 ile 16.57 me/100 g 'dir (Çizelge 4.23.) (Şekil 4.20.).

Profil IV/3: Bazalt ana materyalleri üzerinde oluşan A-B-C horizonlu derin profilli topraklardır. Toprak profili kildir. B, C horizonunda ayrışmış bazalt parçacıklarına rastlanmıştır. Ochric epipedondan başka cambic tanımlama horizonları gelişmiştir. A- B-C horizonlu profilin rengi kırmızı siyahtan koyu kırmızı kahverengi arasındadır. pH 7.06-7.75 arasında olup organik madde içeriği %0.60-1.51 arasında değişmektedir. KDK ise 13.68 ile 17.05 me/100 g arasındadır (Çizelge 4.25.) (Şekil 4.22.).

Çizelge 4.20. Bazalt üzerinde oluşan PIV/1 nolu profilin özellikleri

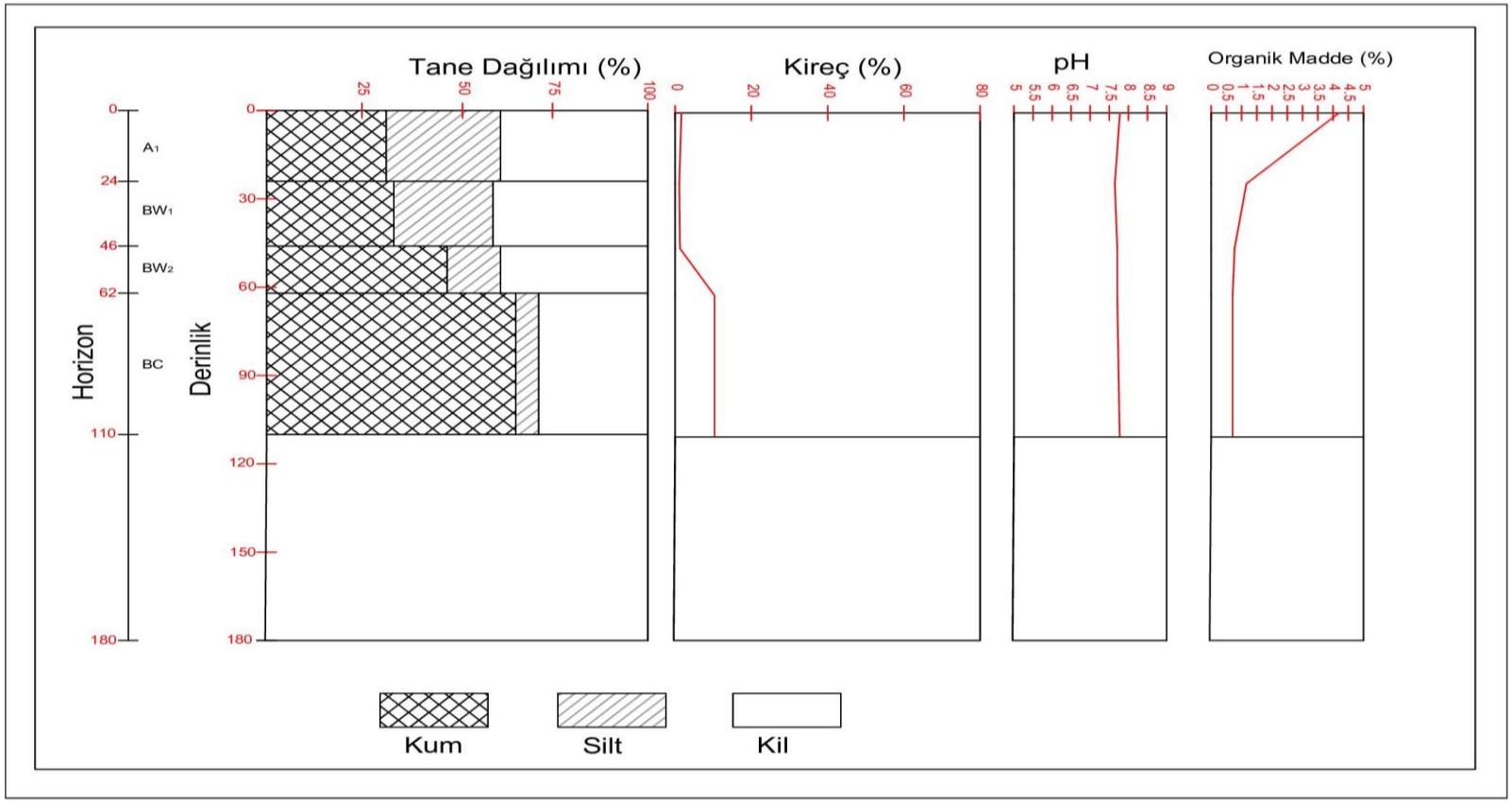
Profil Adı ve No	PIV/1-
Coğrafi Konum	Şanlıurfa/Siverek-Çıkrıkçı-Mehmedli Köyü, 568627 Doğu, 4165646 Kuzey /WGS84 Zone 37)
Denizden Yükseklik	1424 m
Arazi kullanım durumu	Mera
Ana materyal	Bazalt
Fizyoğrafya	Dağlık
Drenaj	İyi
Taban suyu	Yok
Anakaya	+110 cm
Geçirgenlik	iyi
Yüzey Taşlığı	Taşlı



PIV/1

Horizon	Derinlik(cm)	Tanımı
A1	0-24	Siyah (5YR 2.5/1) nemli; kil; orta, orta, granüler; köpürme yok; kuru iken çok sert, nemli iken dağılgan, yaşken çok yapışkan ve çok plastik; yoğun saçak kök; seyrek köşeli bazalt çakılları; düz belirgin sınır.
Bw1	24-46	Koyu kırmızımsı kahverengi (5YR 4/3) nemli; kil; orta orta blok sonra zayıf zayıf levhalı, Çok sert, dağılgan, çok yapışkan ve çok plastik; hafif köpürme; orta yoğun saçak kök; orta yoğun köşeli bazalt; belirgin düz sınır
Bw2	46-62	Kırmızımsı kahverengi (5YR 3/2) nemli; kil; orta, orta prizmatik sonra ota orta blok; çok sert, dağılgan, çok yapışkan ve çok plastik; hafif köpürme, orta yoğun, saçak kök; hafif bazalt kökenli köşeli çakıl, belirgin düz sınır.
BC	62-110	Kırmızımsı kahverengi (5YR 5/4) nemli; kil; orta, küçük levhalı strüktür; sert, sıkı, yapışkan ve plastik; orta şiddetli köpürme, orta yoğun saçak kök; yoğun iri ayrışan bazalt kökenli taş; kesin dalgalı sınır.
Cr	110	Ayrışan bazalt ana materyali

Şekil 4.18. Bazalt üzerinde oluşan PIV/1 nolu profil ve profil PIV/1'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler



Şekil 4.19. Çıkrıkçı mehmetçik köyü PIV/1 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı

Çizelge 4.21. Bazalt üzerinde oluşan PIV/1 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek	No	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil %	Silt	Bünye	Organik Madde %
40	**IV/1**	A_1	0-24	1,63	7,80	0,88	31,36	38,64	30	Killi-Tınlı (CL)	4,21
41	**IV/1**	Bw1	24-46	1,09	6,43	1,62	33,36	40,64	26	Killi-C	1,03
42	**IV/1**	Bw2	46-62	1,25	7,10	0,67	47,36	38,64	14	Kumlu-Killi (SC)	0,56
43	**IV/1**	BC	62-110	10,35	7,73	0,38	65,36	28,64	6	Kumlu-Killi-Tınlı (SCL)	0,56

Horizon	Derinlik cm	Değişebilir Katyonlar me/100g				KDK me/100g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
A_1	0-24	0,41	1,57	36,99	11,76	11,04	12,32
Bw1	24-46	0,52	0,67	40,97	19,97	13,77	2,39
Bw2	46-62	0,63	0,56	39,65	19,42	13,56	2,06
BC	62-110	0,76	0,37	52,30	12,96	12,55	2,68

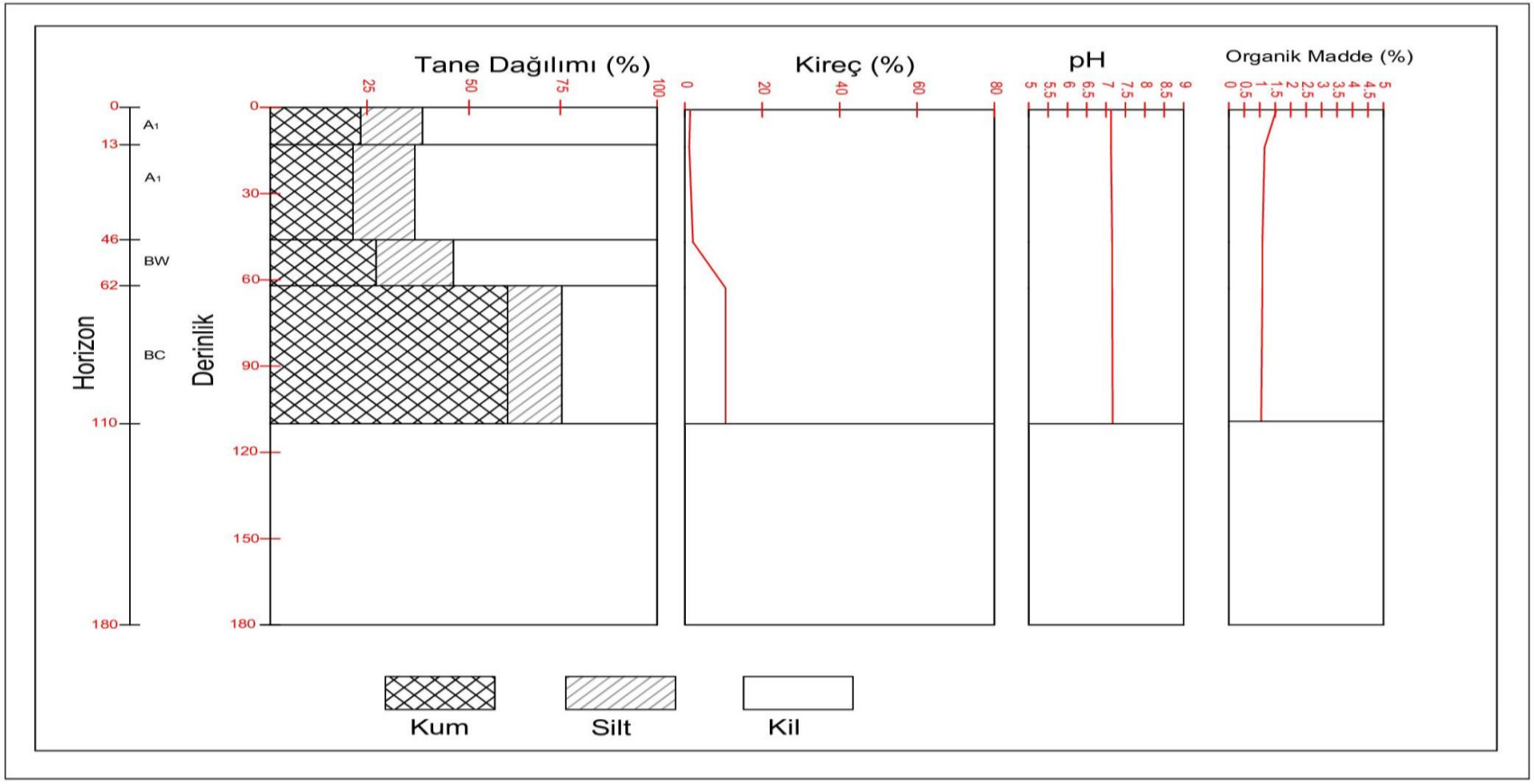
Çizelge 4.22. Bazalt üzerinde oluşan PIV/2 nolu profilin özellikleri

Profil Adı ve No	PIV/2
Coğrafi Konum	Şanlıurfa/Siverek ilçesi Çıkrıkçı/Güzelpınar Köyü, 65280 Doğu, 4157754 Kuzey (WGS84 Zone 37)
Denizden Yükseklik	1031 m
Arazi kullanım durumu	Mera
Ana materyal	Bazalt
Fizyoğrafya	Etek arazi
Drenaj	Orta
Taban suyu	Yok
Anakaya	+110
Geçirgenlik	İyi
Yüzey Taşlığı	Yok



Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
A1	0-13	Kırmızı siyah (5YR 2.5/1) nemli; kil; orta, orta, granüler; kuru iken çok sert, nemli iken gevşek, yaşken yapışkan ve plastik; köpürme yok; bazalt kökenli taş; orta yaygın saçaklı kök; kayma yüzeyleri, belirgin düz sınır
A2	13-46	Kahverengi Kırmızı (5YR 2.5/3) nemli; kil; orta, orta, blok; kuru iken çok sert, nemli iken sıkı, yaşken çok çok yapışkan plastik; köpürme yok; bazalt; seyrek saçaklı kök; belirgin düz sınır
Bw	46-62	Çok koyu kırmızı (5YR2.5/2) nemli; kil; orta, zayıf blok; kuru iken çok sert, nemli iken gevşek, yaşken yapışkan plastik; köpürme yok; kayma yüzeyleri; kesin dalgalı sınır
BC	62-110	Koyu kırmızı kahverengi (5YR3 /3); kumlu kil; kuru iken sert, nemli iken dağılgan; hafif köpürme; hafif ayrışan (kabuksu soyulan) bazalt taşları
R	110	

Şekil 4.20. Bazalt üzerinde oluşan PIV/2 nolu profil ve profil PIV/2'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler



Şekil 4.21. Çıkrıkçı mehmetçik köyü PIV/2 nolu profilin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı

Çizelge 4.23. Bazalt üzerinde oluşan Profil IV/2 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek	No	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil %	Silt	Bünye	Organik Madde %
44	**IV/2**	A1	0-13	1,40	7,18	0,21	23,36	60,64	16	Killi-C	1,55
45	**IV/2**	A2	13-46	1,17	7,43	0,59	21,36	62,64	16	Killi-C	1,09
46	**IV/2**	Bw	46-62	2,10	7,53	0,29	27,36	52,64	20	Killi-C	1,03
47	**IV/2**	BC	62-110	10,51	7,64	0,35	61,36	24,64	14	Kumlu-Killi-Tın(SCL)	0,69

Horizon	Derinlik cm	Değişebilir Katyonlar me/100g				KDK me/100g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
A1	0-13	0,51	1,30	49,50	18,32	16,06	3,50
A2	13-46	0,62	1,10	58,05	20,37	16,53	1,85
Bw	46-62	0,65	0,99	56,05	20,47	16,57	2,27
BC	62-110	0,97	0,49	43,19	10,96	11,76	2,47

Çizelge 4.24. Bazalt üzerinde oluşan PIV/3 nolu profilin özellikleri

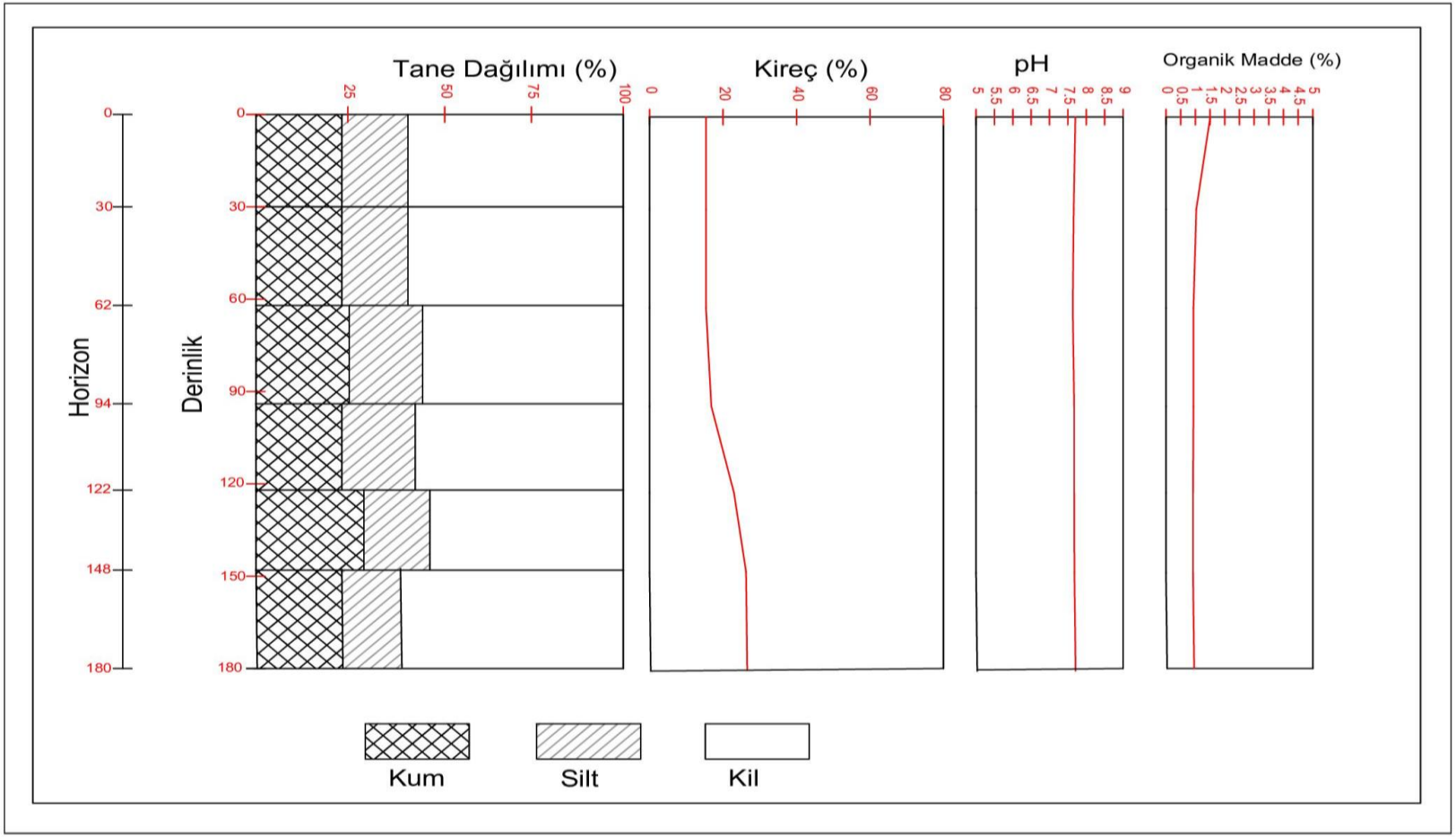
Profil Adı ve No	PIV/3
Coğrafi Konum	Şanlıurfa ili, Viranşehir, Gözeli köyü, 545659 Doğu, 4121835 Kuzey (WGS8 Zone 37)
Denizden Yükseklik	612 m
Arazi kullanım durumu	Tarla
Ana materyal	Bazalt
Fizyoğrafya	Düz
Drenaj	Orta
Taban suyu	Yok
Anakaya	+148 cm
Geçirgenlik	Zayıf
Yüzey Taşlığı	Orta



PIV/3

Horizon	Derinlik(cm)	Tanım
Ap	0-30	Siyah (5YR 3/4) nemli; kil; orta küçük yarı köşeli blok; orta köpürme; kuru iken sert, nemli iken sıkı, yaşken çok yapışkan, çok plastik; çok seyrek saçak kök; çok seyrek çört; belirgin düz sınır.
Ass1	30-62	Koyu kırmızımsı kahverengi (5YR 3/4) nemli; kil; orta küçük yarı köşeli blok; orta köpürme; kuru iken sert, nemli iken sıkı, yaşken çok yapışkan, çok plastik; çok seyrek çört; kayma yüzeyleri; belirgin düz sınır.
Ass2	62-94	Koyu kırmızımsı kahverengi (2,5YR 4/6) nemli; kil; orta küçük yarı köşeli blok; orta köpürme; kuru iken sert, nemli iken sıkı, yaşken çok yapışkan ve çok plastik; çok seyrek çört; kayma yüzeyleri; belirgin düz sınır.
Ass3	94-122	Koyu kırmızımsı kahverengi (2,5YR 4/6) nemli; kil; orta küçük yarı köşeli blok; orta köpürme; kuru iken sert, nemli iken sıkı, yaşken çok yapışkan, ve çok plastik; çok seyrek çört; kayma yüzeyleri; belirgin düz sınır.
Bw	122-148	Koyu kırmızımsı kahverengi (2,5YR 4/6) nemli; kil; orta küçük yarı köşeli blok; çok köpürme; kuru iken sert, nemli iken sıkı, yaşken çok yapışkan, çok plastik; çok seyrek çört; kayma yüzeyleri; belirgin düz sınır.
Bk	148	Koyu kırmızımsı kahverengi (2,5YR 3/4) nemli; kil; orta küçük yarı köşeli blok; çok köpürme; kuru iken sert, nemli iken sıkı, yaşken çok yapışkan, çok plastik; çok seyrek çört; yoğun kireç cepleri; belirgin düz sınır.

Şekil 4.22. Bazalt üzerinde oluşan PIV/3 nolu profil ve profil PIV/3'e ait tanımlayıcı horizonlar ve morfolojik özellikler



Şekil 4.23. Siverek yolu Viranşehir kavşağı PIV/3 nolu profile ait bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin profil içerisindeki dağılımı

Çizelge 4.25. Bazalt üzerinde oluşan PIV/3 nolu profilin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek	No	Horizon	Derinlik cm	Kireç %	pH	EC dS/cm	Kum	Kil %	Silt	Bünye	Organik Madde %
48	**IV/3**	Ap	0-30	15,33	7,75	0,91	23,36	58,64	18	Killi-C	1,51
49	**IV/3**	Ass1	30-62	15,33	7,36	0,80	23,36	58,64	18	Killi-C	0,97
50	**IV/3**	Ass2	62-94	16,58	7,06	1,78	25,36	54,64	20	Killi-C	0,72
51	**IV/3**	Ass3	94-122	16,81	7,48	1,82	23,36	56,64	20	Killi-C	0,67
52	**IV/3**	Bw	122-148	22,96	7,52	0,21	29,36	52,64	18	Killi-C	0,6
53	**IV/3**	Bk	+148	26,23	7,54	0,29	23,36	60,64	16	Killi-C	0,62

Horizon	Derinlik cm	Değişebilir Katyonlar me/100g				KDK me/100g	Fosfor P_2O_5 kg/da
		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
Ap	0-30	0,55	1,34	68,50	9,42	15,65	5,64
A	30-62	0,66	0,94	71,20	7,96	15,97	2,22
Ass2	62-94	0,69	0,78	64,50	7,15	17,05	1,44
Ass3	94-122	0,60	0,74	61,70	7,20	14,44	1,69
Bw	122-148	0,53	0,68	64,75	6,87	13,85	1,19
Bk	+148	0,53	0,61	65,60	7,34	13,68	1,40

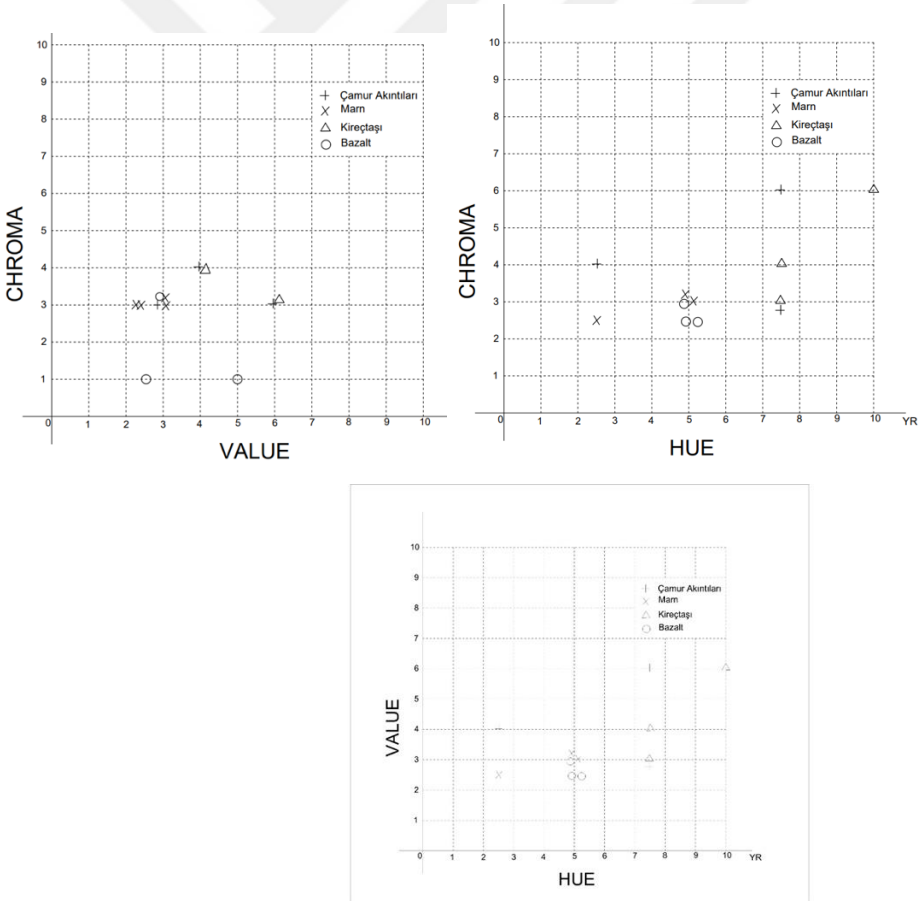
Toprak rengi

Toprak rengi çok kolay değerlendirilen özelliklerinden biridir (Sugita and Marumo, 1996). Toprak rengi Hue, Value, Chroma kombinasyonu ile Munsel renk skalasına göre belirlenir (Soil Survey Division Staff, 1993). Toprakların rengi organik madde içeriği, mineral tipi ve ayrışma durumuna bağlı olarak değişiklik gösterir (Croft ve Pye, 2004). Araştırma alanı topraklarının yüzey horizonlarının tamamı YR HUE değerine sahiptir. Organik madde, ana materyal ve ayrışma düzeyine bağlı olarak 2.5 YR ile 10YR değerleri arasındadırlar. Toprakların HUE değerleri çoğunlukla ana materyalin ayrışma koşuları ile ilişkili iken value ve chromaları organik madde ile ilgilidir. Bu nedenle de havalanma ve dolayısıyla ayrışma koşullarının zayıf olduğu Marn ana materyaller üzerinde oluşan topraklar daha yüksek Hue değerine sahipken yüksek organik madde içerine sahip topraklar düşük value ve chromaya sahip olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.24.). Özellikle erozyon koşullarının baskın olduğu topraklarda organik maddece zengin yüzey horizonu (A horizonu) tamamen veya kısmen aşınıp taşındığından yüksek value ve chroma değerleri ile dikkat çeker.

Munsel renk ıskalası (Chroma-Hue; Chroma-Value ve Value-Hue) Şekil 4.24.'de verilmektedir. Munsel renk ıskalasında ki parametreler farklı lokasyonlardan elde edilmiş toprak örneklerinin ayırt edilmesinde ki kullanım gücü daha önceki bazı araştırmacılar tarafından araştırılmıştır (Suarez ve ark., 2015). Grafikler incelendiğinde Chroma-Value ve Hue-Value grafikleri farklı ana materyal üzerinde meydana gelmiş toprak örnekleri bakımından önemli oranda bir ayrım gücüne sahip olmamıştır. Öteki taraftan Chroma-Hue grafiğinde belirli oranda bir ayrım gücü oluşmuştur. Bazalt anamateryali ve marn anamateryali kireçtaşı ana materyalerinden ayrılmıştır; kireçtaşı çamur akıntıları ile beraber gruplandırılmıştır; kireçtaşları yüksek Hue değerlerine sahip olmuştur. Hue değerleri toprak örneklerinin kırmızılık seviyeleri hakkında bilgi sağlar; düşük Hue değerlerine sahip topraklarda kırmızılık artarken, yüksek Hue değerlerine sahip topraklarda ise sarılık fazladır. Value değerleri toprakların koyuluk oranları hakkında bilgi sağlar, organik maddece yüksek A horizonları düşük value değerlerine sahipken yıkanmış açık renkli E horizonları ise daha yüksek value değerlerine sahiptir. Bu çalışmada Hue değerleri farklı ana materyaller üzerinde oluşmuş topraklarda belirli oranda ayırt edici bir

özelliğe sahip olmuştur. Kireçtaşı üzerinde meydana gelmiş toprak örnekleri daha yüksek bir Hue değerine sahiptir.

Renk farklılıkları toprak ana materyallerinin kimyasal içeriklerindeki hafif değişimleri yansıtabilir veya toprak oluşturan çevre koşullarındaki hafif değişimler hakkında bilgi verir. Bu çalışmada munsell renk parametreleri önemli derecede bir ayrım gücüne sahip olmamıştır; benzer olarak Suarez ve ark (2015) hava kurusu toprak numunelerine ait munsell renk parametrelerine göre farklı bölgelerden gelen topraklar arasında önemli bir ayırım gücüne sahip olmadığını ve toprak renginin farklı toprak grupları arasındaki düşük ayırım gücüne sahip olmasını seçilen toprak örneklerinin benzer özelliklere sahip olması ile açıklamışlardır ve eğer daha zıt karakteristiğe sahip gruplar seçilseydi daha ayırt edici özelliğe sahip olurlardı daha yüksek bir ayırım gücü elde edebileceklerini belirtmişlerdir.



Şekil 4.24. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların Munselrenk ıskalası Chroma- Value, Chroma-Hue ve Value-Hue değerleri arasındaki ilişkiler

Tekstür

Topraklar içerdikleri farklı tanecik boyutlarının; kum (2- 0.050 mm), silt (0.050-0.002 mm), kil (<0.002 mm) oranına göre tekstür gruplarına ayrılırlar (Soil Survey Division Staff, 1993). Toprak parçacıklarının boyutu, ana materyalin ayrışmaya direncine göre değişir. Örneğin bazalt kireç taşı marn gibi ana materyaller çok kolay ayrışırken, granit ve kum taşı gibi ana materyaller ayrışmaya karşı daha dayanıklıdırlar. Bu nedenle araştırma alanı topraklarını çoğu yüksek kil içeriğine sahip killi topraklardır. Yerinde oluşmuş toprak profillerinde toprak tanecik dağılımı düzenli iken aluviyal ana materyaller üzerinde oluşan toprak profillerinde; ana materyalin depolanma koşullarına bağlı olarak horizonların tekstür dağılımı düzensizdir (Dengiz, 2010).

pH

Araştırma alanında tanımlanan tüm topraklar bazik karakterlidir. Bu önemli ölçüde toprakların genel olarak yüksek kireç içerikleri ile ilişkilidir (Cappuyns ve Swennen, 2007). Zira $CaCO_3$ hidrolizi ile açığa çıkan OH^- iyonları toprak pH'sının yükselmesine neden olur (Foth, 1990). Ancak toprak pH, toprak kolloidleri (killer, organik maddeler, oksitler) tarafından tutulan protonlar (H^+) ile dengede olduğundan kolaylıkla toprağın değişmez tamponluk özelliğidir.

Organik madde

Araştırma alanında tanımlanan toprak profillerinin yüzey yüzey altı horizonları genel olarak düzenli olarak azalan düşük organik madde içeriğine sahiptir. Bazalt ana materyali üzerinde oluşan toprakların yüzey horizonları en yüksek organik madde (%1.51-4.21) içeriğine sahipken çamur akıntıları üzerinde oluşan topraklar en düşük (<%1) organik madde içeriğine sahiptir. En yüksek organik madde içeriğine sahip bazalt ana materyali üzerinde oluşan toprak profili (IV/1) mera bitki örtüsüne sahip olup işlemeli tarım yapılmamaktadır.

Toprak organik maddesi toprağa giren bitki ve hayvan atıklarının zamanla ayrışarak yarı stabil organik bileşiklere dönüşmesi ile meydana gelir (Paul, 2016). Toprak mikroorganizmaları biryandan organik maddenin ayrışmasında rol oynarken diğer yandan

yaşamları boyunca oluşturdukları biyokütle ile toprak organik madde içeriğine katkıda bulunurlar (Rethemeyer ve ark., 2004; Dungait ve ark., 2012; Zhang ve ark., 2015).

Toprak organik maddesinin asıl karbon kaynağı bitkilerdir. Özellikle çok geniş bir kök sistemine sahip çayır mera bitkileri toprağa bol miktarda organik madde sağlar. Nitekim çayır mera bitki örtüsü altında gelişen IV/1 toprak profillerinin yüzey horizonu en yüksek organik madde/organik karbon (OM/TOK) içeriğine sahiptirler. Toprak organik karbonu özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde kolayca toprakta hareket etmediğinden yüzey toprakları yüzey altı topraklarından her zaman daha yüksek organik madde içeriğine sahiptirler. Ancak aluviyal topraklarda ana materyalin farklı depolanma süreçleri nedeniyle düzensiz organik madde/organik karbon dağılımı görülebilmektedir (Cappuyns ve Rudy, 2007). I/2 ve I/3 nolu profillerde düzensiz organik madde dağılımı açıkça görülmektedir.

Toprak organik madde içeriği, toprak oluşum süreçlerinin bir sonucu uzun dönemde denge içerisindedir. Ancak toprak işleme ve amenajman yöntemlerindeki değişikliğe bağlı olarak organik madde ve toprak organik karbonu da değişir. Uzun yıllar yoğun toprak işleme organik madde içeriğinde azalmaya neden olur. Bu düşüş başlangıçta ani olmasına rağmen uzun dönem içerisinde bir denge oluşur ve değişim daha yavaş gerçekleşir. Şanlıurfa bölgesinde çok uzun dönemlerden beri yoğun tarımsal faaliyetler yapıldığından organik madde içerikleri düşüktür. Nitekim Harran ovasında yer alan çamur akıntıları üzerinde oluşmuş topraklar en düşük organik madde içeriğine sahiptir.

KDK

Katyon değişim kapasitesi (KDK), organik madde ve kil içeriği ve kil minerali tipine göre değişmektedir. Araştırma alanı toprakları düşük organik madde içeriklerine rağmen yüksek oranda vermikulit, illit, smektit tipi kil içerdiklerinden (Dinç ve ark, 1988) yüksek KDK değerlerine sahiptirler.

4.1.4.1. Toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Topraklara ait tanıtıcı istatistikler Çizelge 4.26' da verilmektedir. Farklı ana materyaller üzerinde açılmış toprak profillerinin her bir horizonundan alınan toprak örneklerine ait tanımlayıcı parametreler oldukça geniş bir dağılıma sahiptir. Toprak

örneklerinin ortalama $CaCO_3$ içerikleri % 33.06 olup % 1.09 ile % 84.40 arasında geniş bir dağılım göstermiştir. Aynı şekilde toprak kum, silt ve kil muhtevaları da geniş dağılıma sahip parametrelerden olmuştur. Toprak örneklerine ait organik madde içerikleri % 0.46 ile % 4.21 arasında bir dağılım göstermiştir. Data seti içerisindeki farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların pH değerleri de geniş bir aralığa sahip olup 6.43 ile 7.95 arasında değişim göstermiştir. Ca değişebilir katyonlar arasında en yüksek konsantrasyona ve çok geniş değişim aralığa sahip olarak 31.93 me 100 g^{-1} ile 152. 35 me 100 g^{-1} arasında dağılım göstermiştir. Değişebilir Ca içeriklerini yoğunluk olarak sırasıyla değişebilir Mg, K ve Na takip etmiştir. Toprakların yarayışlı P değerleri 0.70 kg da^{-1} ile 16.07 kg da^{-1} arasında dağılım göstermiştir.

İncelenen parametreler arasında elverişli P en yüksek değişime ve en yüksek varyasyon katsayısına (%103) sahip olmuştur ve bunu sırasıyla değişebilir Mg, $CaCO_3$, değişebilir K, Al, organik madde, Fe ve EC izlemiştir. Parametreler arasında en düşük varyasyon katsayısına sahip parametre ise pH (%3.23)' dır. Veri seti içerisindeki diğer parametreler ise orta seviyede bir değişim göstermiştir (Çizelge 4.26.). Toprak özelliklerinin değişkenliklerinin belirlenmesinde en çok kullanılan parametre varyasyon katsayısıdır (VK). VK değerleri % 15' den düşük olan parametrelerin yersel değişkenlikleri düşük olarak sınıflandırılırken % 35' un üzerindeki VK değerine sahip parametreler ise yüksek oranda değişken olarak nitelendirilmiştir (Cambardella ve ark., 1994). Turgut ve Öztaş (2012) bu çalışmaya benzeri sonuçlar elde etmişlerdir. Araştırmacılar 100 ha' lık bir alandan aldıkları toprak örneklerinde en yüksek ve en düşük varyasyon katsayısı gösteren parametrelerin sırasıyla P ve toprak pH' sı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre P içeriğindeki yüksek değişim çalışma alanındaki farklı bitki desenine ve ona göre yapılan fosforlu gübre uygulamaları ile ilişkilidir. Aynı şekilde mevcut çalışma alanı da geniş bir alana, farklı toprak yapılarına, farklı bitki desenlerine sahip olup farklı gübreleme amenajmanlarına maruz kalmıştır. Diğer bir çalışmada ise pH en düşük varyasyon katsayısına $CaCO_3$ da en yüksek varyasyon katsayısına sahip parametre olarak belirlenmiştir (Başbozkurt ve ark. 2013).

.

Çizelge 4.26. Toprak özelliklerine ait tanıtıcı istatistikler

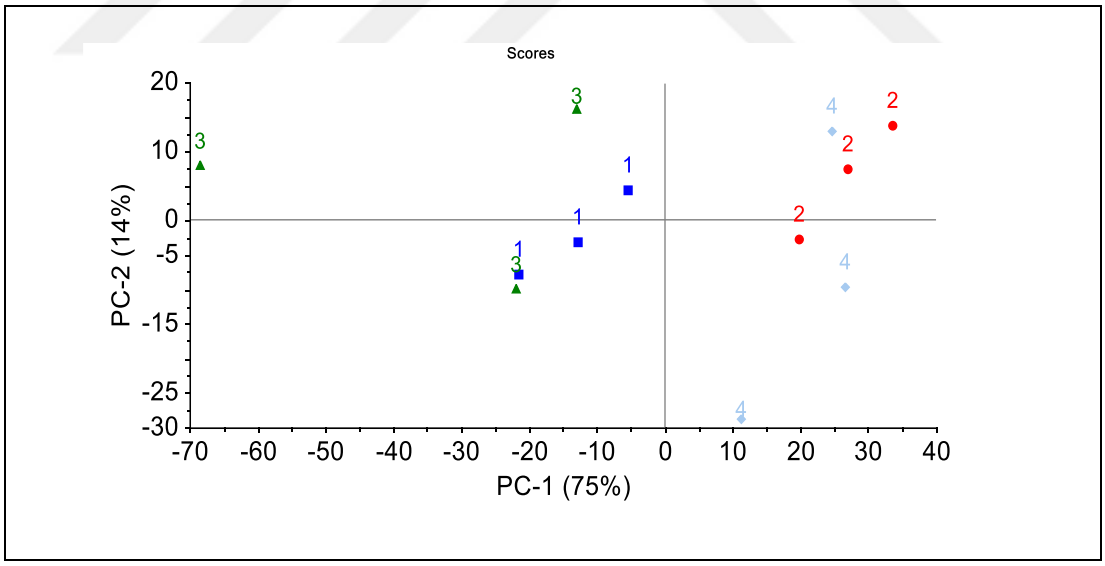
	pH	*EC dS m^{-1}*	*Kireç %*	*Kum %*	*Kil %*	*Silt %*	*Organik Madde %*	*Ca me100g^{-1}*	*K me 100 g^{-1}*	*Mg me 100 g^{-1}*	*Na me100 g^{-1}*	*KDK me 100 g^{-1}*	*Fosfor kg da^{-1}*
Ortalama	7.50	1.22	33.06	34.78	44.91	20.31	0.94	54.17	0.83	5.93	0.59	35.07	3.04
Standart S	0.24	0.72	22.78	15.07	13.60	7.14	0.57	22.27	0.56	4.99	0.25	10.86	3.14
VK†	3.23	59.43	68.90	43.33	30.29	35.17	60.92	41.10	67.17	84.18	42.06	30.97	103.07
Basıklık	5.46	-0.73	-0.30	-0.25	-0.53	0.71	18.26	8.92	3.32	2.79	4.59	0.12	9.21
Çarpıklık	-1.48	0.54	0.54	1.01	-0.57	-0.10	3.64	2.51	1.64	1.79	2.06	-0.19	2.92
Aralık	1.52	2.59	83.31	54.00	52.00	36.00	3.75	120.42	2.77	19.77	1.20	52.10	15.37
En Küçük	6.43	0.21	1.09	13.36	12.64	0.00	0.46	31.93	0.17	0.70	0.34	7.71	0.70
En Büyük	7.95	2.80	84.40	67.36	64.64	36.00	4.21	152.35	2.94	20.47	1.54	59.80	16.07

†VK: Varyasyon Katsayısı

4.1.4.2. Rutin toprak analizi verilerine ait temel bileşenler analiz sonuçları

Rutin toprak analizlerine PCA analizi uygulandığında toprak örneklerinin farklı ana materyallere göre en fazla PC1 tarafından ayrılım gösterdiği görülmektedir. PC1 farklı ana materyal üzerinde meydana gelmiş olan topraklara ait özelliklere bağlı olarak meydana gelen değişkenliğin %75 ini açıklarken PC2 ise %14 ünü açıklamıştır. Biplot grafiği incelendiğinde Çamur akıntıları ve Marn, Bazalt ve Kireçtaşı ana materyal grubundaki topraklar PC1 tarafından bir arada kümelenmiştir (Şekil 4.25.).

PCA analiz sonucu elde edilen grafiklerden loading (etki değerleri) değerlerinin olduğu çizelge incelendiğinde PC1 içerisinde en fazla etkiye sahip parametreler koyu renkli olarak gösterilmiştir bu parametrelerin sırasıyla Kireç muhtevası, değişebilir Ca ve Kil muhtevası olduğu görülmektedir (Çizelge 4.27.). Buna göre Çamur akıntıları ve Marn grubundaki topraklar ile Kireçtaşı ve Bazalt grubundaki toprakları birbirinden ayıran en önemli özelliklerinde bu toprak özellikleri olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.25. Yüzey Horizonu Rutin Toprak Analizleri sonuçlarına ait Temel Bileşenler analizi Biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

Çizelge 4.27. Yüzey horizonu rutin toprak özelliklerine ait temel bileşenler analizi etki değerleri (Loadings)

	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5
Kireç	**-0,74912†**	**0,570302**	-0,25378	-0,08044	0,009525
pH	-7,15E-05	-0,00502	-0,0035	-0,02088	0,016839
EC	0,000524	0,007785	-0,00676	-0,06921	-0,06349
Kum	-0,35859	-0,16317	**0,571724**	0,11389	-0,36253
Kil	**0,36390**	**0,34035**	**-0,39305**	0,204704	-0,31704
Silt	-0,00531	-0,17718	-0,17868	-0,31859	0,679571
Organik Madde	0,009019	-0,04029	0,035226	-0,01555	0,036371
Ca	**0,349203**	**0,653881**	**0,546411**	0,095994	0,295574
K	0,010682	-0,00482	0,03295	-0,00139	0,006133
Mg	0,091111	-0,16629	-0,21243	**0,389643**	-0,14557
Na	-0,00106	-0,00064	-0,00973	0,000663	0,000383
KDK	0,216916	0,130715	-0,04854	-0,77808	**-0,43683**
Fosfor	-0,01701	-0,16392	0,271636	-0,25543	-0,03308

†Koyu renkli toprak özellikleri yüksek etki değerlerine sahiptir

4.1.5. Toprakların sınıflandırılması

Çamur akıntıları, marn, kireçtaşı ve bazalt ana materyaller üzerinde oluşan toprakları temsil eden profillerin yüzey ve yüzey altı horizonlarının bazı morfolojik özellikleri ve toprak taksonomisine göre sınıflandırmaları (Soil Survey Division Staff, 1993) Çizelge 4.28 'de verilmiştir. Buna göre tüm profillerde ochric epipedon dışında yüzey tanımlama horizonuna rastlanmamıştır. Yüzey horizonları çoğunlukla yüksek value (≥3) ve chroma (≥3) ile düşük (<%0.6) organik karbon içeriğine sahiptir. Ancak yüzey horizonlarının tamamı sert kıvamlıdırlar.

Tüm toprak profillerinde pedojenik olaylar sonucu renk değişimi, strüktür gelişimi görülmektedir. Dolayısıyla bu topraklar cambic horizon içermektedirler. Ancak bazı toprak profillerindeki yüksek kil içeriğinden kaynaklanan vertik özelliklerden dolayı cambic horizon bozulmaktadır. Çamur akıntıları, kireçtaşları ile bazı bazalt ana materyalleri üzerinde oluşan toprak profillerinde yoğun veya orta yoğun kireç beneklerinden kaynaklanan kireç birikimi görülmektedir. Hakeza çamur akıntıları üzerinde oluşan I/3 nolu profilin tabanında jips birikimi görülmüştür. Şanlıurfa bölgesinin toprak rutubet rejimi de xeric olduğundan toprak profillerinden Vertisol olarak sınıflandırılan I/3 (Çamur Akıntısı) ve IV/3 (Bazalt) dışındakiler Inceptisol ordosunda yer almaktadırlar (Çullu ve ark., 2010; Soil Survey Division Staff, 1998) (Çizelge 4.28.).

Çizelge 4.28. Çalışma Alanı Topraklarının Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılması

Profiller	Sınıf Toprak Taksonomisi (1998)	Yüzey Tanımlama horizonu	Yüzeyaltı tanımlma horizonu	Renk (Nemli)	Tekstür	Organik Karbon %	Kıvam (Yaş)	Kireç veya jips birikimi	Kil Birikimi	Organik Madde Dağılımı	Vertik Özellikler
I/1	Typic Haploxerept	Ochric	Cambic	2,5YR 4/4	C	**0,56**	çyp,çpl	37.9	Yok	Düzenli	Yok
I/2	Fluventic Haploxerept	Ochric	Cambic	7,5YR 6/3	CL	**0,36**	yp,pl	39.9	Yok	Düzensiz	Var
I/3	Aridic Haploxerert	Ochric	Cambic	7,5YR 3/4	C	**0,82**	yp,pl	85.4	Yok	Düzensiz	Yok
II/1	Typic Haploxerept	Ochric	Cambic	2,5YR 2.5/3	C	**1,25**	çyp,çpl	8.8	Var	Düzenli	Yok
II/2	Typic Haploxerept	Ochric	Cambic	5YR 3/3	C	**0,63**	çp,pl	8.3	Yok	Düzensiz	Yok
II/3	Typic Haploxerept	Ochric	Cambic	5YR 3/3	C	**1,16**	çyp,çpl	7.9	Yok	Düzenli	Yok
III/1	Lithic Haploxerept	Ochric	Cambic	7,5YR 4/4	SCL	**0,88**	yp,pl	33.5	Yok	Düzenli	Yok
III/2	Typic Haploxerept	Ochric	Cambic	7,5YR 3/3	C	**0,87**	yp,pl	46.4	Yok	Düzenli	Yok
III/3	Typic Haploxerept	Ochric	Cambic	10YR 6/3	SCL	**0,74**	ayp,apl	86.4	Yok	Düzenli	Yok
IV/1	Typic Haploxerept	Ochric	Cambic	5YR 2.5/1	CL	**2,44**	çyp,çpl	1.63	Yok	Düzenli	Yok
IV/2	Typic Haploxerept	Ochric	Cambic	5YR 2.5/1	C	**0,89**	yp,pl	1.4	Yok	Düzenli	Var
IV/3	Aridic Haploxert	Ochric	Cambic	5YR 3/4	C	**0,88**	çyp,çpl	15.3	Yok	Düzenli	Var

4.2. Ensturmental Analizler

Dört farklı anamateryal üzerinde açılan 12 toprak profilinden horizon esasına göre alınan ve profil çevrelerinden işlenmiş ve işlenmemiş alanların yüzey derinliklerinden alınan toprak örneklerine ait toplam oksit oranları ICP yöntemiyle; ayrıca horizon esasına göre alınan profillerin yüzey horizonları ile işlenen işlenmeyen arazilerin yüzey derinliğinden alınan örneklerin toplam oksit oranları da XRF yöntemiyle de belirlenmiştir. Farklı ana materyaller üzerinden alınan toprak örneklerine ait XRF ve ICP metoduyla belirlenmiş toplam oksit oranları çizelge ve şekillerde verilmiştir.

ICP analizlerinde toprak örneklerinin tabi tutulduğu ön işlemlerden mikrodalga fırından çözeltiye alınması aşamasında örneklerin içerisindeki metallerin çözeltiye geçirilmesinde HNO_3 ve HCl asitleri kullanılmıştır. Mikro dalga fırında uygulanan bu işlemin sonunda silisyum oksitleri hariç tüm bileşikler çözünmüş olur dolayısıyla toprak örneklerindeki silisyum çözülemediğinden bu yöntemle belirlenen silisyum değerlerinde hatalar olasıdır. Silisyumun çözülebilmesi için HF kullanımı gerekmektedir, buda ICP analizi süresince cam materyallerin kullanılması durumunda cam malzeme içindeki silisyumunda çözeltiye geçerek hatalı sonuçlar vermesiyle sonuçlanacaktır. Bu nedenle ICP yöntemiyle silisyum belirlemesinde sorunlarla karşılaşılabilir.

4.2.1. ICP analizleri

Dört farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprak profillerinin yüzey horizonları ve profillerin çevresinden alınmış işlenmiş ve işlenmemiş arazilere ait toprak örneklerinden ICP ile analizler yapılarak toprak örneklerindeki farklı oksitler (SiO_2, Al_2O_3, CaO, MgO, P_2O5, MnO, K_2O, Cr_2O_3, Fe_2O_3) hesaplanmıştır. Çizelge 4.29'da tüm yüzey örneklerine ait ICP analiz sonuçlarıyla belirlenen oksitlerin anamateryal ve arazi kullanımlarına (işlenmiş, işlenmemiş) göre tanıtıcı istatistikleri verilmektedir. Farklı ana materyallerin ve arazi işleme durumunun ICP analiz sonuçları bakımından farklılıkları ANOVA ve Tukey istatistiksel analizi ile ortaya koyulmuştur (Çizelge 4.30., Çizelge 4.31., Çizelge 4.32.).

SiO_2 içerikleri % 0.02 ile % 0.21 arasında değişim göstererek ortalama en düşük Çamur akıntısı ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek ise Marn ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.29.). SiO_2 değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.05$) (Çizelge 4.30.). Bazalt ve Marn aynı grupta en yüksek ortalamaya sahip olarak, Çamur akıntısı ve Kireçtaşı da aynı grupta olup en düşük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.31.).

Al_2O_3 içerikleri % 2.24 ile % 15.16 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (% 5) Marn ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (% 10.49) ise Bazalt ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.29.). Al_2O_3 değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.30.). Bazalt ve Kireçtaşı aynı grupta en yüksek ortalamaya sahip olarak, Çamur akıntısı ve Marn da aynı grupta olup en düşük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.31.).

CaO içerikleri % 0.24 ile % 43.05 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (%1.21) Bazalt ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (% 25.90) ise Marn ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.29.). CaO değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.30.). Tüm ana materyaller farklı istatistiksel grupta yer almıştır. En yüksek ortalama Marn ana materyali üzerinde meydana gelen topraklarda bunu sırasıyla Çamur akıntısı, Kireçtaşı ve Bazalt takip etmiştir (Çizelge 4.31.).

MgO içerikleri % 0.15 ile % 2.33 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (% 0.78) Marn ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (% 1.40) ise Bazalt ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.29.). MgO değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.30). MgO değişkeni açısından bakıldığında Bazalt en yüksek ortalamaya, marn ana materyalinin en düşük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.31).

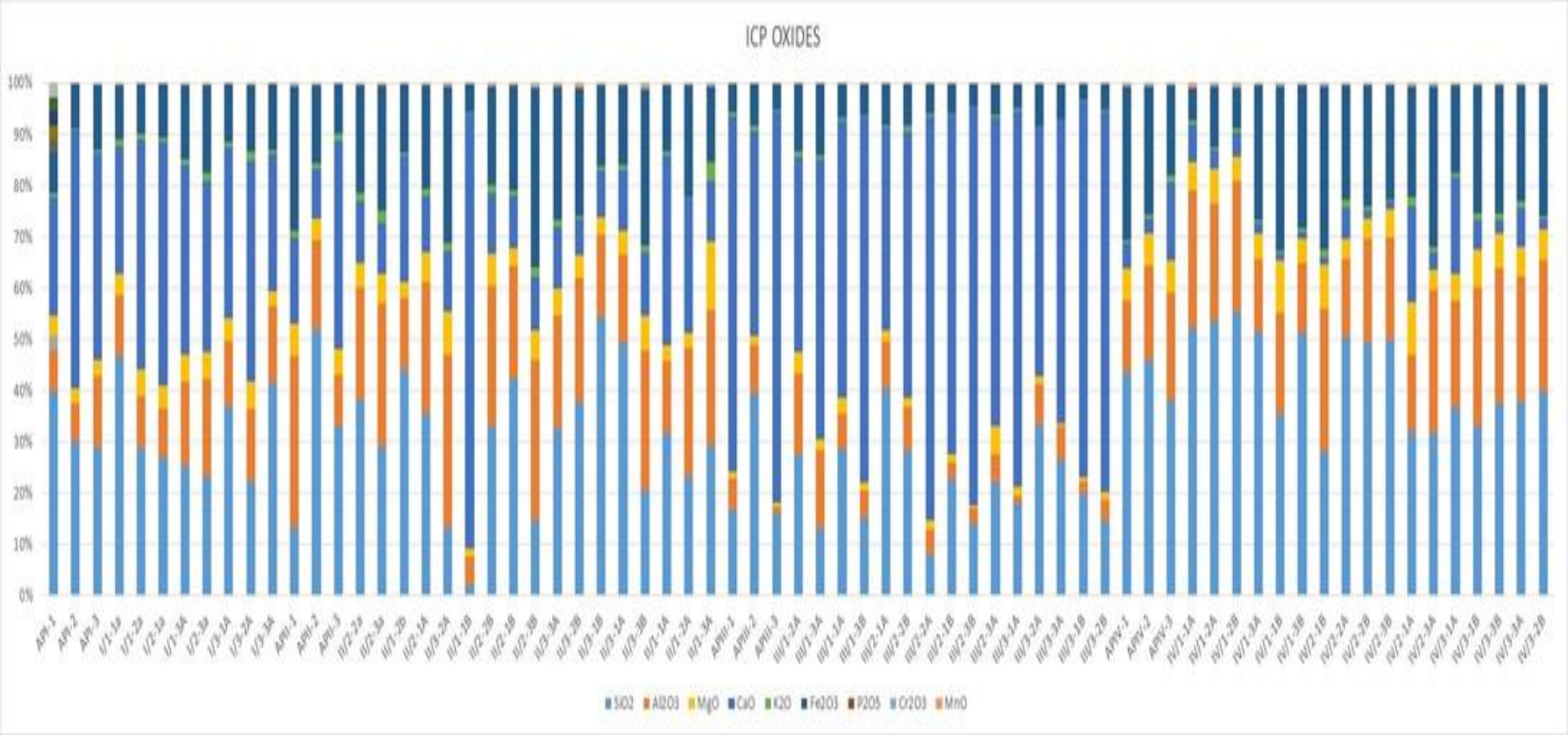
P_2O_5 içerikleri % 0.000 ile % 0.277 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (%0.05) Marn ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (% 0.048) ise Kireçtaşı ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.29.). P_2O_5 değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Çizelge 4.30.).

K_2O içerikleri % 0.04 ile % 1.69 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (%0.15) Marn ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (% 0.117) ise Kireçtaşı ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.29.). K_2O değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Çizelge 4.30.).

MnO içerikleri %0.03 ile %0.16 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (%0.054) Marn ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (% 0.46) ise Kireçtaşı ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.29.). MnO değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.28.). Bazalt ve Kireçtaşı aynı istatistiksel grup içerisinde, Çamur akıntısı ve Marn ise aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.31.).

Fe_2O_3 içerikleri % 1.18 ile % 8.20 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (% 2.81) Marn ana materyali üzerinde; ortalama en yüksek (% 5.35) ise Bazalt ana materyali üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.29.). Fe_2O_3 değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.30.). Bazalt ve Kireç taşı aynı grupta olup en yüksek ortalamaya, çamur akıntısı ve marn aynı grupta olup en düşük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.31.).

ICP analiz sonuçları ANOVA analizine tabi tutulduğunda; Toprak İşleme için herhangi bir değişkenin anlamlı çıktığı görülememiştir (Çizelge 4.32.).



Şekil 4.26. Farklı ana materyal üzerinde ICP ile belirlenen oksitlerin oransal dağılımı

Farklı ana materyal üzerinde meydana gelmiş profillerden ve profillerin çevresinden alınan yüzey örneklerine ait ICP elementsel bileşimi verilerinin görsel olarak karşılaştırılması için grafik haline getirilmiştir. Şekil 4.26' ya bakarak, SiO_2, CaO ve Fe_2O_3 çokluğu ya da azlığı ana materyallerin başlangıç niteliğinde ayırt edilmesinde kullanılabilir; örneğin III nolu ana materyal CaO bakımından oldukça zenginken, Fe_2O_3 bakımından oldukça fakirdir ve SiO_2 içeriğince düşüktür. IV nolu ana materyal üzerinde meydana gelmiş topraklar ise CaO bakımından oldukça düşüktür. MnO varlığı ya da yokluğu da ayırt edici bir özellik olarak belirmiştir. Özellikle ana materyal IV ve II' de mevcut iken I ve III nolu ana materyal üzerinde meydana gelmiş olan yüzey örneklerinde yok denecek kadar azdır.

Çizelge 4.29. Farklı Ana materyallerden alınan yüzey topraklarının ICP yöntemi ile elde edilen toplam oksit oranlarına ait tanıtıcı istatistikler (n = 57)

Toprak İşleme	Ana Materyal	Profil	n	SiO_2			Al_2O_3			CaO			MgO			P_2O_5		
				Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
T1	Bazalt	1	3	0,12	0,15	0,14	8.24	15.16	11.13	0.60	2.13	1.19	1.48	1.58	1.51	0.009	0.012	0.011
		2	3	0,04	0,11	0,07	3.40	12.40	7.44	0.77	2.14	1.41	0.79	1.16	0.95	0.004	0.020	0.009
		3	2	0,09	0,11	0,10	12.02	12.39	12.20	1.95	5.48	3.72	1.43	1.53	1.48	0.004	0.012	0.008
	Çamur Akıntısı	1	3	0,05	0,19	0,10	3.31	9.34	6.54	7.38	10.02	8.44	0.88	1.67	1.23	0.003	0.011	0.006
		2	3	0,02	0,05	0,03	3.88	7.42	5.65	4.77	6.57	5.67	0.87	1.04	0.96	0.004	0.007	0.006
		3	3	0,05	0,11	0,08	5.42	7.94	6.56	7.12	9.57	7.96	0.78	1.19	0.97	0.003	0.007	0.005
	Kireç Taşı	1	3	0,02	0,08	0,05	4.14	11.00	7.73	0.94	18.21	7.79	0.44	2.11	1.20	0.004	0.230	0.079
		2	3	0,04	0,09	0,07	7.57	13.07	11.24	1.36	6.20	3.44	0.79	2.33	1.53	0.009	0.277	0.099
		3	3	0,02	0,15	0,08	9.78	10.53	10.22	1.73	3.60	2.75	1.23	1.40	1.29	0.011	0.011	0.011
	Marn	1	3	0,04	0,11	0.07	5.41	8.70	6.95	8.26	21.24	15.08	0.60	1.22	0.91	0.002	0.013	0.008
		2	3	0.03	0.15	0.09	3.66	6.82	4.80	14.74	32.30	22.36	0.74	1.83	1.14	0.004	0.011	0.007
		3	3	0.11	0.21	0.15	1.60	9.99	6.25	30.49	43.05	35.34	0.34	0.98	0.74	0.002	0.004	0.003
T2	Bazalt	1	3	0.07	0.14	0.12	7.63	13.07	9.46	0.26	1.20	0.63	1.22	2.03	1.52	0.004	0.008	0.006
		2	3	0.05	0.16	0.12	9.34	12.87	11.34	0.24	0.50	0.39	1.14	1.80	1.47	0.010	0.014	0.012
		3	3	0.07	0.09	0.08	11.45	12.27	11.93	0.50	1.20	0.76	1.43	1.58	1.52	0.011	0.013	0.012
	Kireç Taşı	1	2	0.01	0.15	0.08	2.81	9.55	6.18	8.47	22.11	15.29	0.42	1.10	0.76	0.002	0.011	0.006
		2	3	0.02	0.13	0.07	10.53	13.57	12.51	2.92	4.74	3.60	0.99	2.31	1.51	0.011	0.190	0.071
		3	3	0.03	0.19	0.09	7.56	11.19	8.92	1.16	3.18	2.03	0.79	1.25	0.99	0.007	0.011	0.009
	Marn	2	3	0.05	0.09	0.08	2.24	5.38	3.36	16.63	29.12	24.05	0.15	0.69	0.48	0.001	0.004	0.003
		3	2	0.06	0.11	0.09	2.65	3.30	2.98	30.76	41.38	36.07	0.51	0.70	0.61	0.000	0.002	0.001

T1: İşlenen araziler; T2: İşlenmeyen araziler

Çizelge 4.29. **(Devam)**

Toprak İşleme	Materyal	Profil	n	K_2O			Cr_2O_3			MnO			Fe_2O_3		
				Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
T1	Bazalt	1	3	0,09	0,20	0,15	0,013	0,015	0,014	0,12	0,23	0,16	1,86	7,75	4,09
		2	3	0,19	0,34	0,25	0,004	0,008	0,006	0,06	0,11	0,09	2,49	7,15	4,82
		3	2	0,25	0,28	0,27	0,006	0,010	0,008	0,09	0,10	0,09	5,05	5,83	5,44
	Çamur Akıntısı	1	3	0,15	0,50	0,29	0,004	0,010	0,007	0,03	0,12	0,07	1,62	4,37	3,06
		2	3	0,18	0,30	0,24	0,004	0,007	0,006	0,05	0,06	0,05	2,05	3,42	2,74
		3	3	0,21	0,38	0,28	0,006	0,007	0,006	0,04	0,07	0,06	2,42	3,47	2,94
	Kireç Taşı	1	3	0,07	1,31	0,56	0,003	0,041	0,017	0,04	0,13	0,08	1,18	5,99	3,57
		2	3	0,30	1,69	0,79	0,008	0,046	0,021	0,07	0,16	0,11	3,37	8,20	5,60
		3	3	0,22	0,32	0,27	0,010	0,010	0,010	0,09	0,17	0,12	4,51	6,30	5,21
	Marn	1	3	0,18	0,20	0,19	0,004	0,015	0,009	0,05	0,07	0,06	2,57	4,06	3,16
		2	3	0,13	0,14	0,13	0,004	0,020	0,009	0,04	0,06	0,05	2,04	3,14	2,54
		3	3	0,09	0,24	0,15	0,003	0,008	0,005	0,04	0,11	0,08	2,86	5,08	3,90
T2	Bazalt	1	3	0,09	0,21	0,17	0,009	0,024	0,017	0,09	0,20	0,14	2,07	7,95	5,47
		2	3	0,08	0,27	0,20	0,011	0,016	0,014	0,08	0,12	0,10	5,46	7,31	6,59
		3	3	0,16	0,30	0,24	0,010	0,015	0,012	0,09	0,09	0,09	5,33	6,16	5,77
	Kireç Taşı	1	2	0,07	0,26	0,16	0,003	0,010	0,006	0,03	0,09	0,06	1,45	4,61	3,03
		2	3	0,27	1,58	0,73	0,010	0,043	0,022	0,15	0,17	0,16	6,30	8,29	6,98
		3	3	0,09	0,25	0,17	0,007	0,010	0,009	0,15	0,16	0,16	4,23	5,59	4,73
	Marn	2	3	0,04	0,32	0,15	0,001	0,003	0,003	0,03	0,05	0,04	1,58	2,69	2,21
		3	2	0,10	0,13	0,12	0,003	0,006	0,004	0,03	0,04	0,03	1,86	2,07	1,96

T1: İşlenen araziler; T2: İşlenmeyen araziler

Çizelge 4.30. Farklı anamateryal üzerinden alınan yüzey topraklarının ICP yöntemi ile elde edilen toplam oksitlere ait ANOVA analiz sonuçları

	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Cr_2O_3	MnO	Fe_2O_3
Toprak İşleme	0.897	0.323	0.519	0.238	0.382	0.399	0.653	0.577	0.866
Ana Materyal	**0.033***	**0.000*****	**0.000*****	**0.001****	0.097	0.050	0.058	**0.000*****	**0.000*****
Profil	0.663	0.385	0.079	0.921	0.574	0.504	0.616	0.621	0.249
ToprakİşlemeMateryal	0.942	0.234	0.421	0.142	0.644	0.733	0.282	**0.049***	0.226
ToprakİşlemeProfil	0.534	0.146	0.406	0.649	0.700	0.855	0.621	0.091	0.358
MateryalProfil	0.494	0.196	**0.000*****	0.358	0.684	0.387	0.456	**0.002****	0.519
ToprakİşlemeMateryalProfil	0.453	0.913	0.836	0.574	0.922	0.88	0.897	0.851	0.957

*** p < 0.001 seviyesinde önemli

Çizelge 4.31. Farklı ana materyallerin ICP Yöntemi ile elde edilen toplam oksitleri ortalamalarına ait Tukey istatistik sonuçları

130

Ana Materyal	n	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Cr_2O_3	MnO	Fe_2O_3
Bazalt	17	0.105 a	10.49 a	1.21 c	1.40 a	0.010	0.211	0.012	0.112 a	5.35 a
Çamur Akınt	9	0.069 b	6.32 b	7.56 b	1.06 ab	0.006	0.274	0.006	0.061 b	2.93 b
KireçTaşı	17	0.073 b	9.66 a	5.25 ab	1.24 ab	0.048	0.462	0.015	0.117 a	4.96 a
Marn	14	0.094 a	5.00 b	25.90 a	0.78 b	0.005	0.15	0.006	0.054 b	2.81 b
P		**0.05***	**0.000*****	**0.000*****	**0.001****	0.097	0.050	0.058	**0.000*****	**0.000*****

*** p < 0.001 seviyesinde önemli

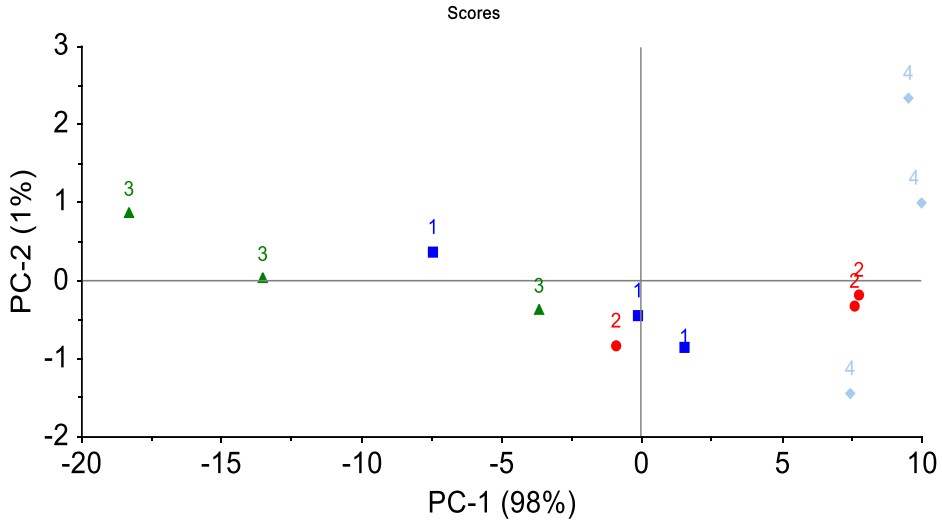
Çizelge 4.32. ICP Yöntemi ile elde edilen toplam oksitlerin toprak işleme ortalamalarına ait Tukey istatistik sonuçları

Toprak İşleme	n	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Cr_2O_3	MnO	Fe_2O_3	LOI
T1	35	0.085	8.009	9.884	1.155	0.022	0.3	0.01	0.085	3.912	18.72
T2	22	0.091	8.677	8.958	1.146	0.008	0.252	0.011	0.101	4.784	17.153
P		0.897	0.323	0.519	0.238	0.382	0.399	0.653	0.577	0.866	0.438

*** p < 0.001 seviyesinde önemli

4.2.2. ICP verilerine ait temel bileşenler analiz sonuçları

Yüzey horizonlarından alınan toprak örneklerinin ICP sonuçlarına ait PCA analiz sonuçları Çizelge 4.33 ve Şekil 4.27' de verilmektedir. ICP sonuçlarına ait PCA analizine göre PC1 (%98) en yüksek değişkenliği açıklarken PC2 sadece %1'lik değişkenliği açıklamaktadır. Farklı ana materyallerden alınmış toprak örnekleri PC1 tarafından gruplandırılmıştır (Şekil 4.27.). PC1'deki önemli değişkenler incelendiğinde CaO ve Fe_2O_3 ün toprakların gruplanmasında önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 4.33.).



Şekil 4.27.Yüzey Horizonu ICP sonuçlarına ait Temel bileşenler analizi biplot (PC1 ve PC3) (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

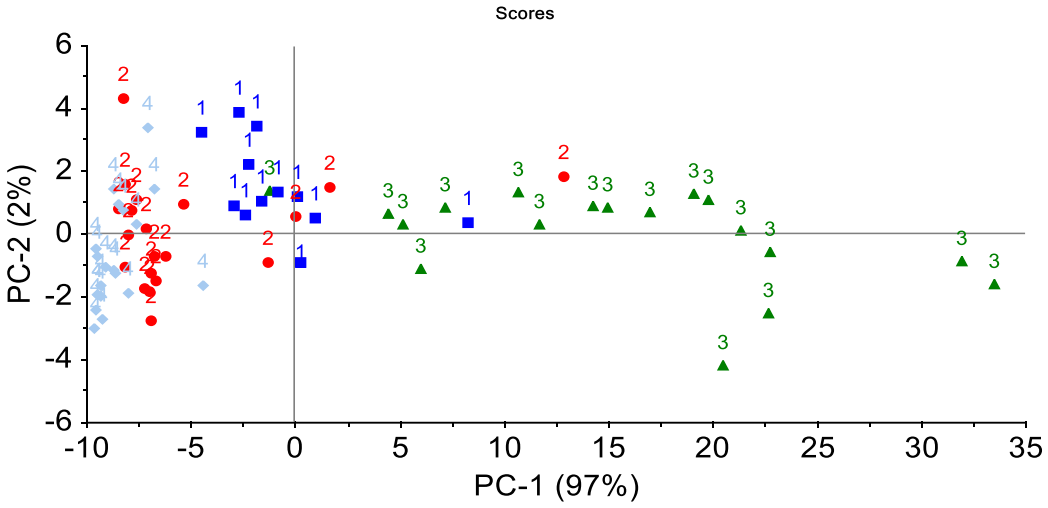
Çizelge 4.33. Yüzey horizonları ICP sonuçlarına ait temel bileşenler analizi etki (loading) değerleri

	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5
Al_2O_3	**0,131154**	**-0,2226**	0,953716	-0,14365	0,053677
CaO	**-0,98003**	**0,112971**	0,151588	-0,06142	0,005556
MgO	0,038993	0,017155	-0,15824	-0,96061	0,222722
P_2O_5	0,000163	0,000909	0,000417	-0,00045	-0,00146
K_2O	0,003287	-0,05723	0,010554	-0,21193	-0,93598
Cr_2O_3	0,000333	0,000868	-0,00029	-0,00436	-0,00034
MnO	0,002833	0,017147	0,003935	-0,01182	-0,01626
Fe_2O_3	**0,144235**	**0,966345**	0,20532	-0,02127	-0,04761
SiO_2	0,0011	-0,00085	-0,01115	-0,08547	-0,26248

†Koyu renkli ICP oksitleri yüksek loading (etki) değerlerine sahiptir.

Yüzey horizonları, profillerin çevresindeki işlenen ve işlenmeyen arazilerden toplanan toprak örneklerine ait ICP metoduyla elde edilen sonuçlara uygulanan PCA analiz sonuçları Şekil 4.28 ve Çizelge 4.34'de verilmektedir. PC1 veri setindeki değişkenliğin %97' sini, PC2 %2, PC3 ise % 1oranında açıklamıştır.

Varimax rotasyonu uygulandıktan sonra ise PC1 %95, PC2 %2, PC3 %2 oranlarında değişimi açıklamıştır. Varimax rotasyonlu ya da varimax rotasyonu uygulanmadan denenen PCA analizlerinin loading (etki) değerlerini gösteren çizelgeler incelendiğinde her iki durumda da **CaO**, **Fe_2O_3** ve **Al_2O_3** toprakların ayrımında önemli parametreler olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.35.) (Şekil 4.29.).

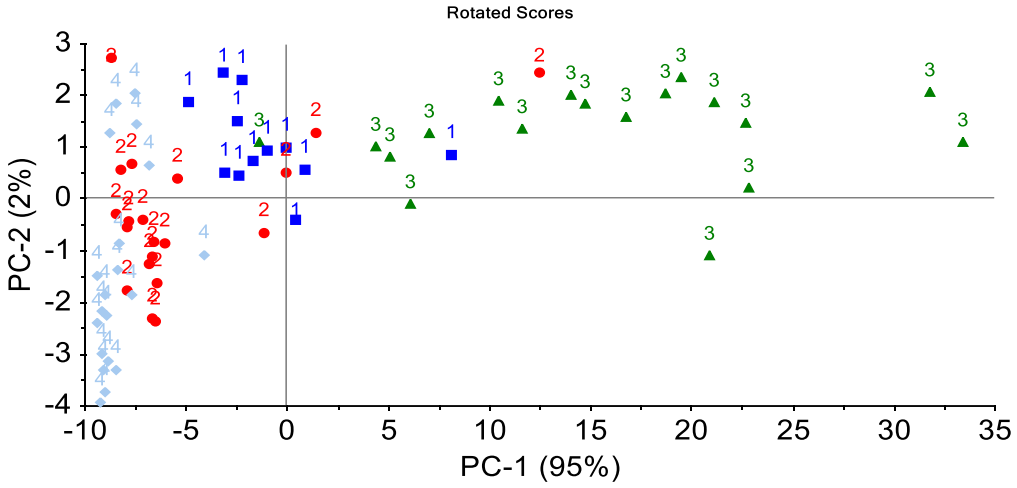


Şekil 4.28. Yüzey Horizonu, İşlenen, İşlenmeyen arazilere ait ICP sonuçlarına ait temel bileşenler analizi Biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

Çizelge 4.34. Yüzey Horizonu, İşlenen, İşlenmeyen arazilere ait ICP sonuçlarına ait temel bileşenler analizi etki değerleri

	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5
SiO_2	1,72E-05	-0,01489	0,007839	-0,03641	0,066792
Al_2O_3	-0,09977	**-0,59752**	0,79365	0,050349	-0,01099
CaO	**0,991234†**	-0,12845	0,028601	-0,01133	0,001358
MgO	-0,02041	-0,06769	0,00828	-0,99564	-0,04849
P_2O_5	-0,00013	-0,00044	-8,12E-05	-0,00199	0,004815
K_2O	0,00312	-0,00513	0,012866	-0,04602	0,994208
Cr_2O_3	-0,0002	-0,0009	0,000304	-0,00816	-0,01039
MnO	-0,00209	-0,01208	0,012568	-0,0019	-0,06673
Fe_2O_3	-0,08409	**-0,78835**	-0,60733	0,0502	0,005578

† Toprak örneklerinin ayrımında önemli etkiye sahip oksitler



Şekil 4.29. Yüzey Horizonu, İşlenen, İşlenmeyen arazilerin ICP sonuçlarına ait varimax rotation-temel bileşenler analizi biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

Çizelge 4.35. Yüzey horizonu, işlenen, işlenmeyen arazilere ait ICP sonuçlarına ait varimax rotation-temel bileşenler analizi etki değerleri

	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5
SiO_2	-5,83E-05	-0,00065	9,46E-05	-0,00361	-0,06357
Al_2O_3	-6,18E-08	2,74E-06	**0,999996**	1,52E-05	6,47E-05
CaO	**1†**	-3,31E-06	-4,68E-08	-1,96E-05	-0,00085
MgO	8,63E-06	0,000341	-0,00025	-0,99434	0,045816
P_2O_5	-3,02E-05	-0,00028	-6,71E-06	-0,00119	0,006429
K_2O	0,000858	0,007755	0,000412	0,028978	0,98312
Cr_2O_3	1,27E-05	-7,38E-05	0,000189	-0,00708	-0,00464
MnO	3,04E-05	0,003099	-0,00274	0,101924	0,164935
Fe_2O_3	3,49E-06	**-0,99996**	-2,77E-06	0,000204	0,008191

† Toprak örneklerinin ayrımında önemli etkiye sahip oksitler

4.2.3. XRF analizleri

Dört farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprak profillerinin yüzey horizonları ve profillerin çevresinden alınmış işlenmiş ve işlenmemiş arazilere ait toprak örneklerinden XRF ile analizler yapılarak toprak örneklerindeki farklı oksitler (Al_2O_3, CaO, MnO, P_2O_5, K_2O, MnO, Fe_2O_3, SiO_2, TiO_2, N_2O) hesaplanmıştır. Çizelge 4.36' da tüm yüzey örneklerine ait XRF analiz sonuçlarının ana materyal ve arazi durumuna göre tanıtıcı istatistikleri verilmektedir. Farklı ana materyallerin ve toprak işleme durumunun XRF analiz sonuçları bakımından farklılıkları ANOVA ve Tukey istatistiksel analizi ile ortaya koyulmuştur (Çizelge 4.37, Çizelge 4.38 ve Çizelge 4.39).

Al_2O_3 içerikleri % 2.31 ile % 14.23 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (% 5.83) Marn ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (% 12.07) ise Kireçtaşı ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.36.). Al_2O_3 değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.37.). Bazalt ve Kireçtaşı aynı grupta en yüksek ortalamaya sahip olarak, Çamur akıntısı ve Marn da farklı grupta olup daha düşük ortalamalara sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.38.).

CaO içerikleri %1.73 ile % 48.04 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (%3.32) Bazalt ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (%31.54) ise Marn ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.36.). CaO değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.37.). Bazalt ve Kireçtaşı, marn ve çamur akıntısına nispeten daha düşük CaO oranına sahip olarak aynı grupta yer almıştır ($p<0.05$) (Çizelge 4.38.).

MgO içerikleri % 0.37 ile % 3.47 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (%1.84) Marn anamateryal üzerinde; ortalama en yüksek (% 3.07) ise Çamur akıntısı anamateryal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.36.). MgO değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.37.). Bazalt ve Kireçtaşı en yüksek

ve en düşük ortalamaya sahip olan Çamur akıntısı ve marn ana materyalinden farklı olarak aynı grupta bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.38.).

P_2O_5 içerikleri % 0.09 ile % 1.26 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (% 0.15) Çamur akıntısı ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (% 0.39) ise Bazalt ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.36.). P_2O_5 değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.37.). Bazalt en yüksek ortalamaya sahip olarak aynı grupta olan diğer üç ana materyale göre farklı bir grupta yer almıştır (Çizelge 4.38.).

K_2O içerikleri % 0.59 ile % 4.03 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (%0.90) Marn ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (% 1.52) ise Kireçtaşı ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.36.). K_2O değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.37.). Bazalt ve Çamur akıntısı aynı grupta olup daha yüksek ortalamaya, marn ve kireçtaşı ise aynı grupta yer alıp daha düşük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.38.).

MnO içerikleri % 0.03 ile % 0.25 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (%0.07) Marn ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (% 0.175) ise Bazalt ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.36.). MnO değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.37.). Bazalt ve Kireç taşı aynı grupta olup daha yüksek ortalamaya, marn ve çamur akıntısı ise farklı gruplarda yer alıp daha düşük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.38.).

Fe_2O_3 içerikleri % 2.06 ile % 15.92 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (%3.88) Marn ana materyal üzerinde; ortalama en yüksek (%11.49) ise Bazalt ana materyal üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.36.). Fe_2O_3 değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.37.). Bütün ana materyaller

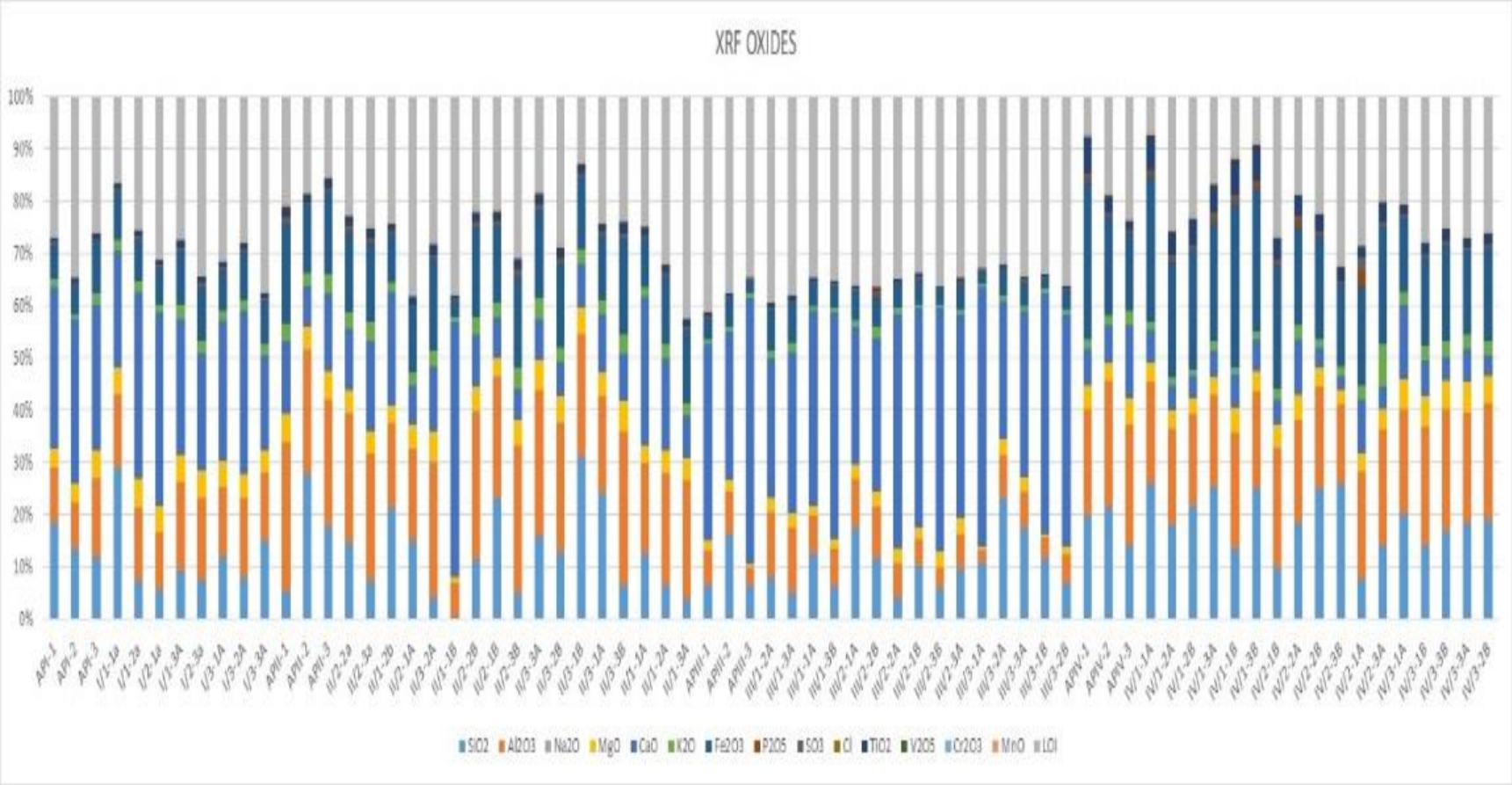
farklı grupta yer alarak ortalama olarak en yüksekten en düşüğe sırasıyla Marn, Çamur akıntısı, Kireçtaşı ve Bazalt şeklindedir (Çizelge 4.38.).

SiO_2 içerikleri %14.00 ile %59.76 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (% 25.64) Marn ana materyali üzerinde; ortalama en yüksek (% 56.12) ise Bazalt ana materyali üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.36.). SiO_2 değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.37.). Bazalt ve Kireç taşı aynı grupta olup en yüksek ortalamaya, marn ve çamur akıntısı ise farklı gruplarda yer alıp sırasıyla daha düşük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.38.).

TiO_2 içerikleri %0.19 ile %3.89 arasında değişim göstererek ortalama en düşük (% 0.45) Marn ana materyali üzerinde; ortalama en yüksek (% 2.13) ise Bazalt ana materyali üzerindeki topraklarda tespit edilmiştir (Çizelge 4.36.). TiO_2 değişkeni istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde farklı ana materyaller arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuş olup ($p<0.000$) (Çizelge 4.37.). Tüm ana materyaller farklı grupta yer almıştır ($p<0.05$) (Çizelge 4.38.).

Na_2O değişkeni açısından bakıldığında Bazalt en yüksek ortalamaya, çamur akıntısı ve kireç taşı aynı olup en düşük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.38.).

XRF analiz sonuçları ANOVA analizine tabi tutulduğunda; Toprak İşleme için MgO değişkeni hariç diğer değişkenler anlamlı çıkmamıştır. Tukey çoklu karşılaştırma testine göre MgO açısından T1 (İşlenen araziler) en yüksek ortalamaya, T2 (işlenmeyen araziler) ise en düşük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.39.). Diğer değişkenler için toprak işleme seviyeleri açısından bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$) (Çizelge 4.24.).



Şekil 4.30. Farklı ana materyal üzerinde XRF ile belirlenen oksitlerin oransal dağılımı

Farklı ana materyal üzerinde meydana gelmiş profillerden ve profillerin çevresinden alınan yüzey örneklerine ait XRF elementsel bileşimi verilerinin görsel olarak karşılaştırılması için grafik haline getirilmiştir (Şekil 4.30.). Şekil 4.30' a bakarak, CaO, Fe_2O_3, TiO_2 ve SiO_2' lerin çokluğu ya da azlığı ana materyallerin başlangıç niteliğinde ayırt edilmesinde kullanılabilir. CaO III ve I nolu ana materyal üzerinde meydana gelen topraklarda oldukça fazla iken nispeten daha yüksek Fe_2O_3 içeriğine sahip IV nolu ana materyal üzerinde meydana gelmiş topraklarda CaO içerikleri oldukça düşüktür. Fe_2O_3 yoğunluğu toprakların başlangıç seviyesinde ayırt edilmesinde yardımcı olabilir. Yüksek Fe_2O_3 içeriğine sahip olan IV nolu ana materyal toprakları diğer ana materyal gruplarından ayrılmaktadır. III nolu ana materyal üzerinde meydana gelmiş toprakların Al_2O_3 içerikleri de oldukça düşüktür.

Çizelge 4.36. Farklı ana materyallerden alınan toprakların XRF yöntemi ile elde edilen toplam oksit oranlarına ait tanıtıcı istatistikler (n = 57) (n = 56)

				Na_2O			MgO			Al_2O_3			SiO_2		
Toprak İsleme	**Ana Materyal**	**Profil**	**n**	**Min**	**Max**	**Ort**	**Min**	**Max**	**Ort**	**Min**	**Max**	**Ort**	**Min**	**Max**	**Ort**
T1	Bazalt	P1	3	0.05	0.05	0.05	1.94	2.28	2.12	10.35	11.85	11.09	46.13	58.17	53.46
		P2	3	0.04	0.05	0.04	1.59	2.86	2.15	9.27	11.41	10.49	52.79	58.39	56.36
		P3	3	0.04	0.04	0.04	2.81	2.91	2.86	10.45	11.86	11.03	57.36	58.91	58.10
	Camur Akintisi	P1	3	0.04	0.04	0.04	2.91	3.47	3.18	8.43	10.04	9.22	42.71	54.48	47.98
		P2	2	0.04	0.04	0.04	3.01	3.09	3.05	6.90	9.60	8.25	40. 7	44.55	42.63
		P3	3	0.04	0.04	0.04	2.80	3.08	2.98	8.53	9.80	9.16	36.94	44.88	41.62
	Kireçtasi	P1	3	0.04	0.04	0.04	2.11	2.45	2.31	11.00	13.37	12.06	43.76	48.21	45.57
		P2	3	0.04	0.04	0.04	2.20	2.60	2.38	10.69	13.07	12.09	49.54	55.01	52.14
		P3	3	0.04	0.04	0.04	2.73	2.86	2.82	11.35	13.43	12.25	53.67	59.76	56.50
	Marn	P1	3	0.04	0.04	0.04	1.44	2.00	1.80	6.48	9.29	8.35	22.96	32.92	28.75
		P2	3	0.04	0.04	0.04	2.16	2.31	2.23	4.88	7.94	6.00	23.70	31.60	28.50
		P3	3	0.04	0.05	0.04	0.37	2.58	1.71	2.31	7.43	5.14	14.00	31.62	25.67
T2	Bazalt	P1	3	0.05	0.05	0.05	1.88	2.40	2.18	10.45	11.42	11.02	49.52	57.46	54.38
		P2	3	0.04	0.05	0.04	1.65	2.13	1.96	9.28	11.02	10.35	54.50	57.81	56.60
		P3	2	0.04	0.04	0.04	2.54	2.86	2.70	11.23	11.30	11.27	58.02	59.47	58.75
	Kireç Tasi	P1	2	0.04	0.04	0.04	1.10	2.26	1.68	5.31	11.29	8.30	17.01	45.37	31.19
		P2	3	0.04	0.04	0.04	2.00	2.31	2.20	12.83	13.57	13.30	55.08	58.13	56.89
		P3	3	0.04	0.04	0.04	2.45	3.11	2.70	12.17	14.23	13.17	57.18	58.48	57.93
	Marn	P2	3	0.04	0.05	0.04	1.95	2.48	2.20	3.24	7.40	5.02	20.07	33.49	24.80
		P3	2	0.04	0.04	0.04	0.61	1.38	1.00	3.68	4.48	4.08	15.31	20.61	17.96

T1: İşlenen araziler; T2: İşlenmeyen araziler

Çizelge 4.36. **(Devam)**

Toprak İsleme	Ana Materyal	Profil	n	P_2O_5			K_2O			CaO			TiO_2		
				Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
T1	Bazalt	P1	3	0.47	0.69	0.57	0.85	1.06	0.93	3.08	3.50	3.24	2.99	3.71	3.26
		P2	3	0.17	1.26	0.78	1.37	4.03	2.34	1.97	6.12	4.23	0.89	2.19	1.65
		P3	3	0.10	0.12	0.11	1.30	1.52	1.39	2.36	7.55	4.42	0.90	1.16	1.02
	Camur Akintisi	P1	3	0.13	0.21	0.16	1.24	1.61	1.43	14.58	22.10	17.38	0.60	0.73	0.68
		P2	2	0.11	0.18	0.14	0.81	1.47	1.14	13.73	23.52	18.63	0.56	0.74	0.65
		P3	3	0.13	0.18	0.16	1.07	1.67	1.37	13.47	18.86	16.65	0.65	0.71	0.69
	Kiretaşı	P1	3	0.10	0.23	0.16	1.31	1.47	1.41	4.86	18.21	10.97	0.81	0.96	0.88
		P2	3	0.11	0.28	0.19	1.41	1.84	1.64	4.72	9.00	6.64	0.94	0.97	0.96
		P3	3	0.12	0.20	0.15	1.41	1.84	1.63	3.77	6.90	5.50	0.91	1.00	0.95
	Marn	P1	3	0.13	0.16	0.15	1.00	1.29	1.16	19.63	32.98	25.15	0.48	0.69	0.62
		P2	3	0.10	0.28	0.17	0.77	0.96	0.84	22.64	35.64	29.08	0.35	0.60	0.48
		P3	3	0.09	0.17	0.14	0.60	1.15	0.81	23.61	48.04	32.66	0.19	0.53	0.39
T2	Bazalt	P1	3	0.36	0.61	0.47	0.68	0.83	0.77	2.67	3.39	3.10	3.30	3.89	3.57
		P2	3	0.18	0.24	0.21	0.87	1.03	0.97	1.73	2.23	2.05	1.72	1.98	1.88
		P3	2	0.09	0.14	0.11	1.32	1.37	1.35	2.01	3.34	2.68	1.00	1.10	1.05
	Kireç Tasi	P1	2	0.16	0.19	0.18	0.70	1.33	1.02	15.43	41.05	28.24	0.41	0.82	0.61
		P2	3	0.19	0.24	0.22	1.58	1.95	1.71	2.86	4.74	3.97	0.95	0.98	0.97
		P3	3	0.16	0.17	0.16	1.30	1.69	1.56	3.25	5.05	4.13	0.98	1.01	1.00
	Marn	P2	3	0.18	0.59	0.33	0.59	1.65	0.95	22.54	39.77	33.07	0.29	0.55	0.45
		P3	2	0.13	0.15	0.14	0.69	0.72	0.71	38.01	43.76	40.89	0.25	0.38	0.32

T1: İşlenen araziler; T2: İşlenmeyen araziler

Çizelge 4.36. (**Devamı)**

Toprak İsleme	Ana Materyal	Profil	n	Cr_2O_3			MnO			Fe_2O_3			LOI		
				Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
T1	Bazalt	P1	3	0.05	0.07	0.06	0.18	0.24	0.21	13.46	15.92	14.56	3.84	16.39	9.95
		P2	3	0.02	0.04	0.03	0.11	0.18	0.15	8.59	11.15	10.22	9.73	12.94	11.14
		P3	3	0.03	0.03	0.03	0.13	0.15	0.14	7.40	9.40	8.33	10.63	13.64	12.30
	Camur Akintisi	P1	3	0.03	0.03	0.03	0.10	0.14	0.11	4.91	6.05	5.61	10.53	15.98	14.05
		P2	2	0.03	0.05	0.04	0.08	0.11	0.10	4.47	6.29	5.38	19.65	20.73	20.19
		P3	3	0.03	0.03	0.03	0.10	0.12	0.11	5.17	6.10	5.60	16.73	27.63	21.53
	Kireç Taşı	P1	3	0.04	0.04	0.04	0.13	0.15	0.14	5.99	8.31	7.18	15.83	24.87	19.45
		P2	3	0.04	0.06	0.05	0.14	0.16	0.15	7.64	8.20	7.95	11.83	22.87	15.85
		P3	3	0.03	0.04	0.04	0.14	0.20	0.16	7.76	8.27	8.05	8.73	14.85	12.14
	Marn	P1	3	0.03	0.03	0.03	0.08	0.10	0.09	3.86	5.70	5.07	27.95	30.52	29.14
		P2	3	0.02	0.03	0.02	0.05	0.08	0.07	3.60	4.93	4.04	25.67	30.63	27.94
		P3	3	0.01	0.03	0.02	0.05	0.11	0.08	2.36	4.36	3.56	28.25	31.48	29.42
T2	Bazalt	P1	3	0.06	0.07	0.06	0.22	0.24	0.24	14.87	16.05	15.52	4.87	14.74	8.45
		P2	3	0.04	0.04	0.04	0.15	0.17	0.16	9.68	11.30	10.72	12.47	19.77	14.93
		P3	2	0.03	0.03	0.03	0.13	0.14	0.14	8.48	8.94	8.71	12.88	13.56	13.22
	Kireç Taşı	P1	2	0.02	0.04	0.03	0.05	0.12	0.09	2.80	6.58	4.69	16.98	31.84	24.41
		P2	3	0.04	0.07	0.05	0.16	0.19	0.17	8.16	8.35	8.27	10.36	14.53	12.28
		P3	3	0.04	0.05	0.04	0.20	0.25	0.23	7.97	8.52	8.22	7.53	13.87	10.59
	Marn	P2	3	0.02	0.03	0.03	0.04	0.08	0.06	2.45	4.34	3.71	27.63	30.62	29.26
		P3	2	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.04	2.06	3.25	2.66	30.75	32.22	31.49

Çizelge 4.37. Farklı anamateryal üzerinden alınan toprak örneklerinin XRF yöntemi ile elde edilen toplam oksitlere ait ANOVA analiz sonuçları

	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	Cr_2O_3	MnO	Fe_2O_3	LOI
Toprak işleme	0.533	0.047*	0.150	0.090	0.386	0.092	0.059	0.725	0.791	0.877	0.360	0.430
Materyal	**0.014***	**0.000*****	**0.000*****	**0.000*****	**0.001****	**0.004****	**0.000*****	**0.000*****	**0.000*****	**0.000*****	**0.000*****	**0.000*****
Profil	**0.003****	0.149	0.717	**0.008****	**0.017***	0.255	0.062	**0.000*****	**0.001****	0.582	**0.001****	0.871
Tİ x Mat Tukey	0.772	0.612	0.309	0.160	**0.020***	0.237	0.091	0.198	0.264	**0.042***	0.083	0.763
Tİ x Profil Tukey	0.730	0.715	0.086	0.117	0.330	0.527	0.064	0.850	0.126	0.080	0.288	0.827
Mat x Profil Tukey	0.143	**0.002****	0.055	**0.007****	0.051	0.151	**0.038***	**0.000*****	**0.000*****	**0.000*****	**0.000*****	**0.002****
Tİ x Mat x Pro Tukey	0.505	0.413	0.196	0.195	**0.034***	0.058	0.273	0.494	0.264	**0.004****	0.170	0.243

*** p < 0.001 seviyesinde önemli; ** p < 0.01 seviyesinde önemli; * p < 0.05 seviyesinde önemli

Çizelge 4.38. Farklı ana materyallerin ICP Yöntemi ile elde edilen toplam oksitleri ortalamalarına ait Tukey istatistik sonuçları

Materyal	n	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	Cr_2O_3	MnO	Fe_2O_3	LOI
Bazalt	17	0.045a	2.30b	10.85a	56.12a	0.39a	1.28ab	3.32c	2.13a	0.042 a	0.175a	11.49a	11.57c
CamurAkintisi	8	0.042b	3.07a	8.95b	44.26b	0.15b	1.33ab	17.41b	0.67bc	0.032b	0.107b	5.54c	18.39b
KireCTasi	17	0.043b	2.38b	12.07a	51.14a	0.17b	1.52a	8.82c	0.91b	0.042a	0.16a	7.55b	15.27bc
Marn	14	0.043ab	1.84c	5.83c	25.64c	0.18b	0.90b	31.54a	0.45c	0.023c	0.07c	3.88d	29.30a
P		0.014*	0.000***	0.000***	0.000***	0.001**	0.004**	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***

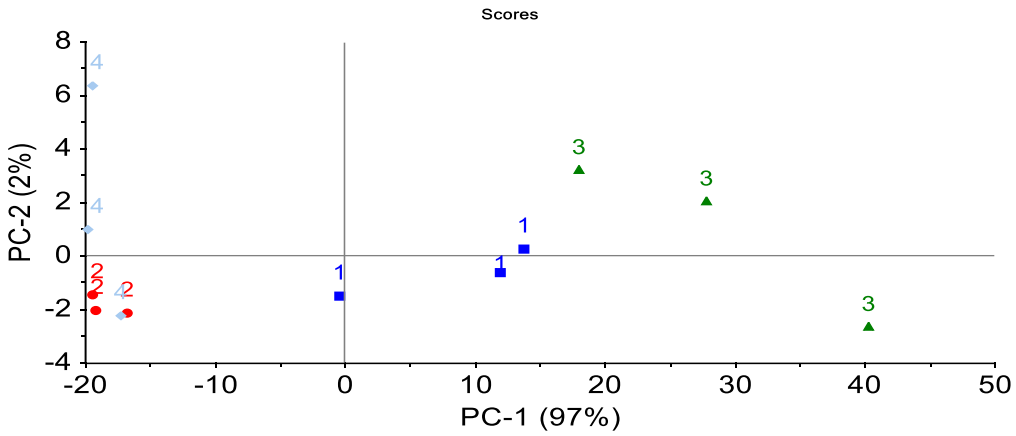
Çizelge 4.39. XRF Yöntemi ile elde edilen toplam oksitlerin toprak işleme ortalamalarına ait Tukey istatistik sonuçları

Toprak İsleme	n	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	Cr_2O_3	MnO	Fe_2O_3	LOI
T1	35	0.043	2.448 a	9.632	44.835	0.243	1.347	14.429	1.029	0.034	0.127	7.177	18.546
T2	21	0.044	2.119b	9.803	46.075	0.239	1.143	13.456	1.313	0.039	0.148	8.163	17.368
P		0,533	**0.047***	0,150	0,090	0,386	0,092	0,059	0,725	0,791	0,877	0,360	0,430

4.2.4. XRF verilerine ait temel bileşenler analiz sonuçları

Yüzey horizonları XRF oksit verilerine PCA analizi uygulandığında toprak örneklerinin farklı ana materyallere göre PC1 tarafından ayrılım gösterdiği görülmektedir. PC1 farklı ana materyal üzerinde meydana gelmiş olan topraklara ait XRF yöntemiyle belirlenmiş özelliklere bağlı olarak meydana gelen değişkenliğin %97 sini açıklarken PC2 ise %2 sini açıklamıştır. PCA analiz sonucu elde edilen grafiklerden loading grafiği incelendiğinde ve tablo haline getirildiğinde PC1 içerisinde en fazla etkiye sahip parametrelerin sırasıyla **SiO_2**, **CaO**, **Fe_2O_3** ve Al_2O_3 olduğu görülmektedir (Çizelge 4.40.) (Şekil 4.31.). Buna göre Çamur akıntıları ve Marn grubundaki topraklar ile Kireçtaşı ve Bazalt grubundaki toprakları birbirinden ayıran en önemli özelliklerinde bu toprak özellikleri olduğu anlaşılmaktadır.

Varimax rotasyonu uygulandığında PC1 %57, PC2 %3 ve PC3 ise %38 varyasyonu açıklamaktadır. Varimax sonuçlarına göre yine **SiO_2**, **Fe_2O_3** ve **CaO** toprakların ana materyale göre ayrımında önemli parametreler olarak görülmektedir (Şekil 4.32.-Şekil 4.33.; Çizelge 4.41.).

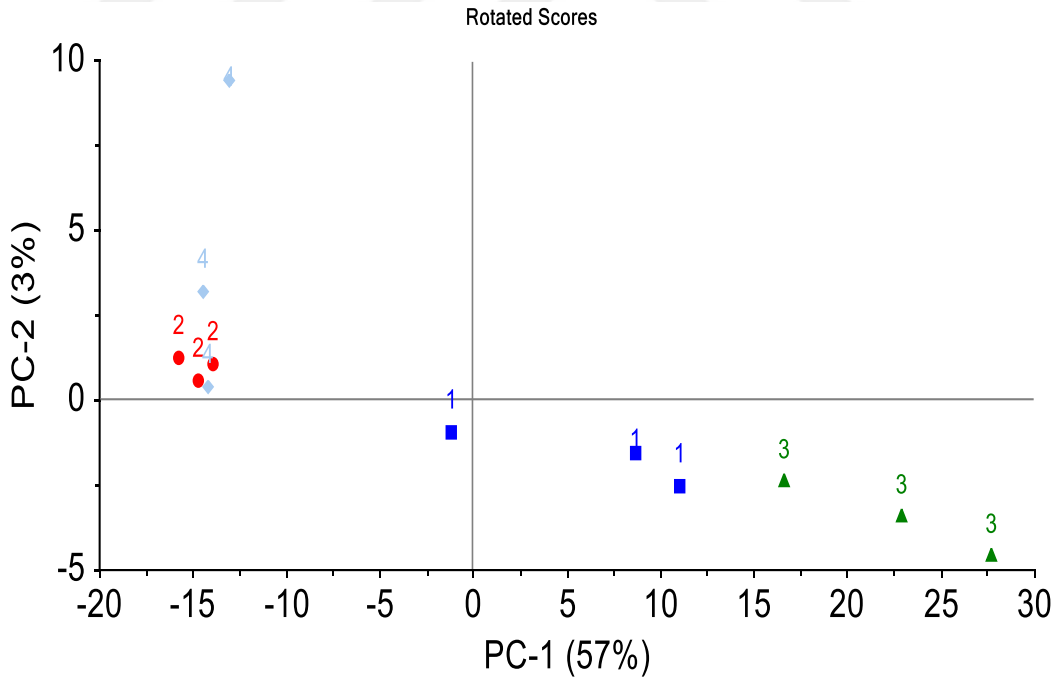


Şekil 4.31. Yüzey Horizonu XRF sonuçlarına ait Temel Bileşenler analizi Biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

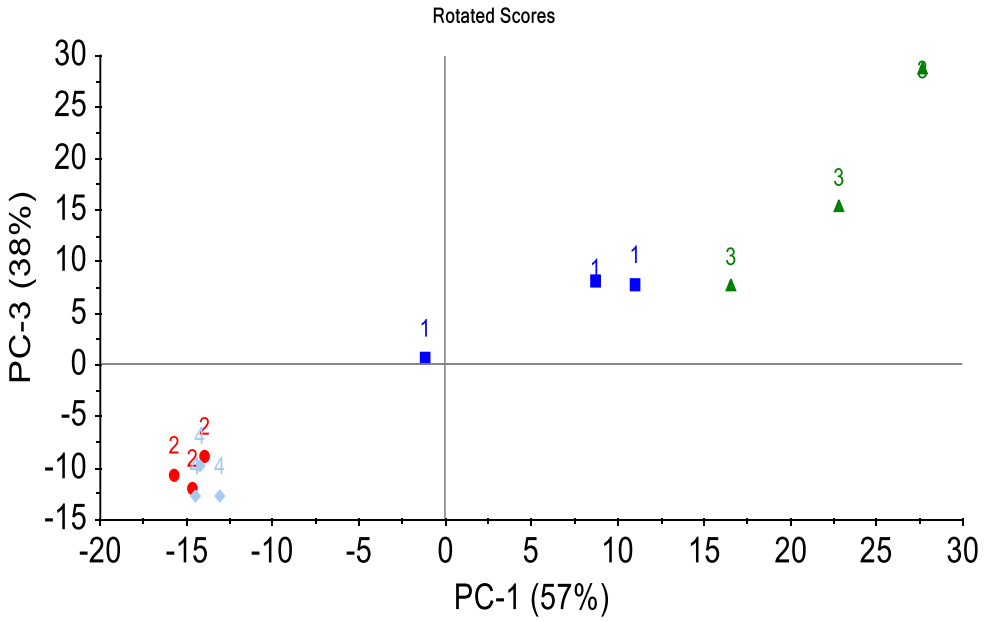
Çizelge 4.40. Yüzey horizonu XRF sonuçlarına ait temel bileşenler analizi etki değerleri (loadings)

	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5
Na_2O	-2,72E-05	0,000571	0,000811	0,001178	0,000658
MgO	-0,01609	-0,02225	-0,09914	**0,55684**	**0,796484**
Al_2O_3	**-0,14801**†	-0,08207	-0,20299	**-0,81211**	0,501345
SiO_2	**-0,76035**	**-0,50263**	**0,402621**	0,071192	-0,03497
P_2O_5	-0,00168	0,032741	0,031642	0,007658	0,035358
SO_3	-0,00105	0,001782	0,005442	0,020348	-0,00224
K_2O	-0,00883	-0,06157	-0,01772	0,002771	0,246972
CaO	**0,618153**	**-0,49029**	**0,585134**	-0,11526	0,138768
TiO_2	-0,02407	**0,227638**	0,207011	-0,02364	0,050248
V_2O_5	-0,00046	0,002539	0,002423	0,003886	0,000893
Cr_2O_3	-0,00038	0,002449	0,002556	0,003729	0,004217
MnO	-0,00195	0,006421	0,008867	-0,0012	0,028599
Fe_2O_3	**-0,1301**	**0,665593**	**0,632607**	-0,10477	0,16789

†Koyu renkli XRF oksitleri yüksek loading değerlerine sahiptir



Şekil 4.32. Yüzey Horizonu XRF sonuçlarına ait Varimax rotation - Temel Bileşenler analizi Biplot (PC1 ve PC2) (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)



Şekil 4.33. Yüzey Horizonu XRF sonuçlarına ait Varimax rotation- Temel Bileşenler analizi Biplot (PC1 ve PC3) (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

Çizelge 4.41. Yüzey Horizonu XRF sonuçlarına ait Varimax rotation -Temel Bileşenler analizi Etki Değerleri (loadings)

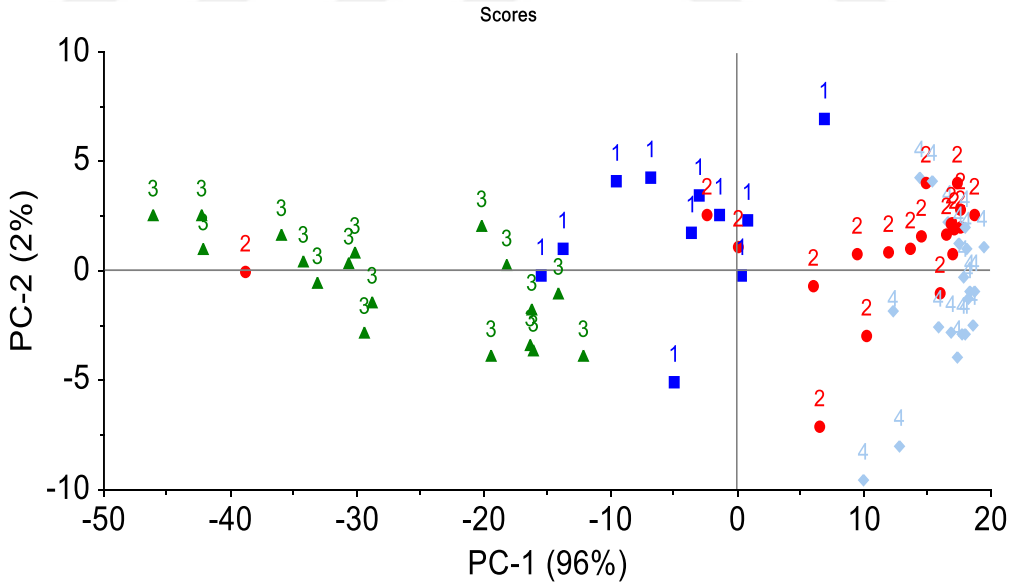
	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5
Na_2O	-6,85E-05	0,000529	-1,04E-05	0,001119	0,000413
MgO	6,47E-05	-0,00301	-0,00017	0,004042	**0,998143**
Al_2O_3	-0,00098	0,005284	-0,00129	**-0,99899**	0,005098
SiO2	**-0,99997†**	0,00036	1,71E-05	0,001084	0,000161
P_2O_5	0,003888	-0,03823	-0,00615	0,020297	-0,02269
SO_3	0,001483	0,079869	-0,00203	0,02018	0,001297
K_2O	0,00059	-0,06613	-0,00446	-0,03336	-0,04163
CaO	-2,11E-05	-0,00116	**0,999902**	-0,00129	-0,00058
TiO_2	0,00565	**0,171829**	0,011326	0,003288	0,036715
V_2O_5	-0,00032	0,001568	-0,00056	0,003619	0,002029
Cr_2O_3	9,05E-05	0,006713	-7,88E-06	0,001987	0,003942
MnO	0,000691	0,008115	0,001227	-0,00627	0,00401
Fe_2O_3	-0,00055	**0,97884**	-0,00119	0,001759	-0,00725

†Koyu renkli XRF oksitleri yüksek loading değerlerine sahiptir

Yüzey horizonları ve profil çevresindeki işlenen ve işlenmeyen arazilerden alınan örneklere ait XRF oksit verilerine PCA analizi uygulandığında toprak örneklerinin farklı ana materyallere göre PC1 tarafından ayrılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.34.).

PC1 %96, PC2 %2, PC3 %1 ve PC4 %0 oranında veri setindeki varyasyonu açıklamıştır. Toprak örneklerinin ayrımında **SiO_2**, **CaO** ve **Fe_2O_3** önemli parametreler olmuştur (Çizelge 4.42.).

Verilere Varimax rotasyon kullanarak PCA analizi uygulandıktan sonra PC1 %51, PC %44, PC3 %3, PC4 %2, PC5 %0 oranında varyasyonu açıklamıştır. Farklı ana materyal üzerinden alınan örnekler PC1 tarafından gruplandırılmıştır (Şekil 4.35.). Bu durumda da toprak örneklerinin farklı ana materyallere göre ayrımında **SiO_2**, **CaO** ve **Fe_2O_3** önemli parametreler olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.43.).

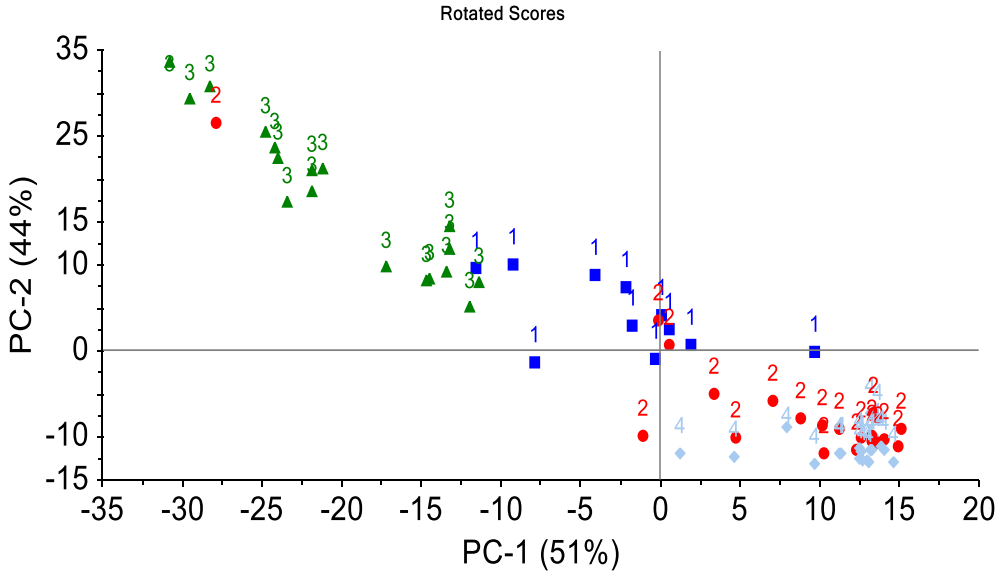


Şekil 4.34. Yüzey Horizonu, İşlenen –İşlenmeyen arazilere ait XRF sonuçlarına Temel Bileşenler analizi Biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

Çizelge 4.42. Yüzey Horizonu, İşlenen –İşlenmeyen arazilere ait XRF sonuçlarına ait temel bileşenler analizi etki değerleri

	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5
Na_2O	1,51E-05	-0,00037	0,000767	-0,00067	0,000966
MgO	0,015839	0,043726	-0,08447	0,047438	0,982426
Al_2O_3	0,139086	-0,05538	-0,31419	-0,93254	0,024962
SiO_2	**0,722572**	**0,642109**	0,254921	-0,01647	-0,01634
P_2O_5	0,002605	-0,01549	0,042486	0,024343	-0,04233
SO_3	0,00158	0,001549	0,006352	0,022347	-0,07288
Cl	-3,95E-05	-1,96E-05	0,000662	0,000117	-0,00147
K_2O	0,012442	0,023271	-0,08863	-0,05184	-0,10665
CaO	**-0,66159**	**0,586374**	0,383636	-0,26404	0,026141
TiO_2	0,026077	-0,14382	0,278498	-0,04901	0,103622
V_2O_5	0,000487	-0,00161	0,003092	-0,0007	0,001853
Cr_2O_3	0,000436	-0,0013	0,001949	-0,00346	0,003683
MnO	0,002372	-0,00375	0,007096	-0,01105	0,0039
Fe_2O_3	0,140504	**-0,46626**	0,771144	-0,22762	0,063376

†Koyu renkli XRF oksitleri yüksek loading değerlerine sahiptir



Şekil 4.35. Yüzey Horizonu, İşlenen –İşlenmeyen arazilere ait XRF sonuçlarına ait varimax rotation-temel bileşenler analizi Biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

Çizelge 4.43. Yüzey Horizonu, İşlenen –İşlenmeyen arazilere ait XRF sonuçlarına ait varimax rotation-temel bileşenler analizi etki değerleri

	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5
Na_2O	-3,39E-05	0,000233	0,001201	-0,00038	0,000707
MgO	0,000831	-0,00706	0,078474	0,001298	0,993246
Al_2O_3	-0,0032	-0,00506	0,000863	-0,99941	0,003798
SiO_2	**0,999985**	-1,28E-05	0,001259	-0,00307	-0,00058
P_2O_5	-0,00206	-0,00028	-0,0103	0,010221	0,04551
SO_3	0,001027	0,00335	-0,04345	0,004377	-0,00629
Cl	9,77E-05	0,000215	-0,00018	6,04E-05	-0,00061
K_2O	-3,58E-05	0,000625	-0,00627	0,000791	0,003566
CaO	3,18E-05	**0,999144**	0,033903	-0,00566	0,002794
TiO_2	-0,00354	0,009742	0,329934	0,029269	0,042039
V_2O_5	0,000113	3,46E-05	0,004235	0,000417	0,00073
Cr_2O_3	-1,65E-06	0,000535	0,003901	-0,00272	0,002359
MnO	0,001248	0,001532	0,011756	-0,00829	0,000743
Fe_2O_3	-0,00015	-0,03908	**0,93895**	-0,00883	-0,09768

†Koyu renkli XRF oksitleri yüksek loading değerlerine sahiptir

XRF tekniği ile toprak örneklerinde belirlenen oksitler kullanılarak SiO_2/Al_2O_3, SiO_2/Fe_2O_3, CaO/MgO ve Al_2O_3/K_2O oranları elde edilmiştir. Si/Al oranları kayaçların ayrışma seviyeleri hakkında bilgi verir (Ruxton, 1968). Silisyum kaybı toplam-element kayıpları ile ilgilidir, ayrışma süresince Al sabit kalırsa Si/Al oranı ayrışmanın seviyesi hakkında bilgi sağlayabilir. Bu orantının elde edilmesinde Alüminyumun yerine toplam demir oksitlerde (SiO_2/Fe_2O_3) kullanılabilir (Ruxton, 1968).

Ruxton ayrışma indeksleri (SiO_2/Al_2O_3, SiO_2/Fe_2O_3) ve diğer belirlenen elementel oranlara ait tanıtıcı istatistikler ve farklı ana materyallere göre dağılımları Çizelge 4.44., ve Şekil 4.36 - Şekil 4.43 arasında verilmektedir. Farklı ana materyaller ve toprak işleme durumlarının indeksler üzerine etkileri ve farklılıkların istatistiksel olarak anlam taşıyıp taşımadığı ANOVA ve Tukey istatistiksel yöntemleriyle araştırılmış sonuçlar Çizelge 4.45., Çizelge 4.46. ve Çizelge 4.47.' de verilmiştir.

SiO_2/Al_2O_3 oranları 3.27 ile 6.47 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.44.). Farklı ana materyaller arası ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) ve ortalama olarak en yüksek değer (5.2) bazalt ana materyal üzerinde meydana gelmiş topraklardan elde edilmiştir (Çizelge 4.46.).

CaO/MgO oranları 0.79 ile 129.49 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.44.). Farklı ana materyaller arası ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) ve ortalama olarak en yüksek değer (28.73) marn ana materyali üzerinde meydana gelmiş topraklardan elde edilmiştir (Çizelge 4.46.).

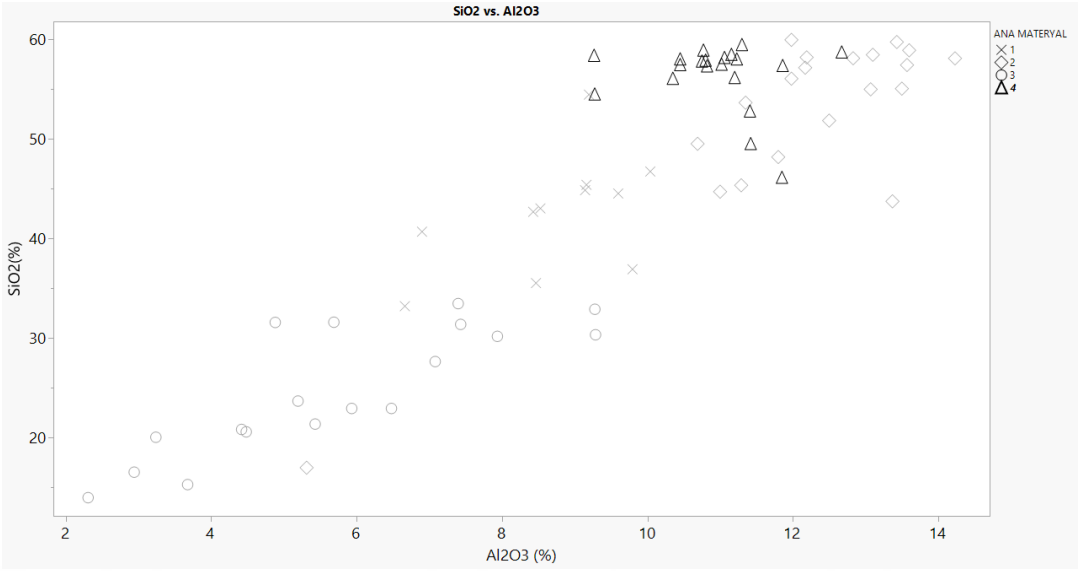
SiO_2/Fe_2O_3 oranları 3.23 ile 9.29 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.44.). Farklı ana materyaller arası ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) ve ortalama olarak en yüksek değer (7.8) çamur akıntısı ana materyali üzerinde meydana gelmiş topraklardan elde edilmiştir (Çizelge 4.46.).

Al_2O_3/K_2O oranları 3.83 ile 16.49 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.44.). Farklı ana materyaller arası ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) ve ortalama olarak en yüksek değer (10.16) bazalt ana materyali üzerinde meydana gelmiş topraklardan elde edilmiştir (Çizelge 4.46.).

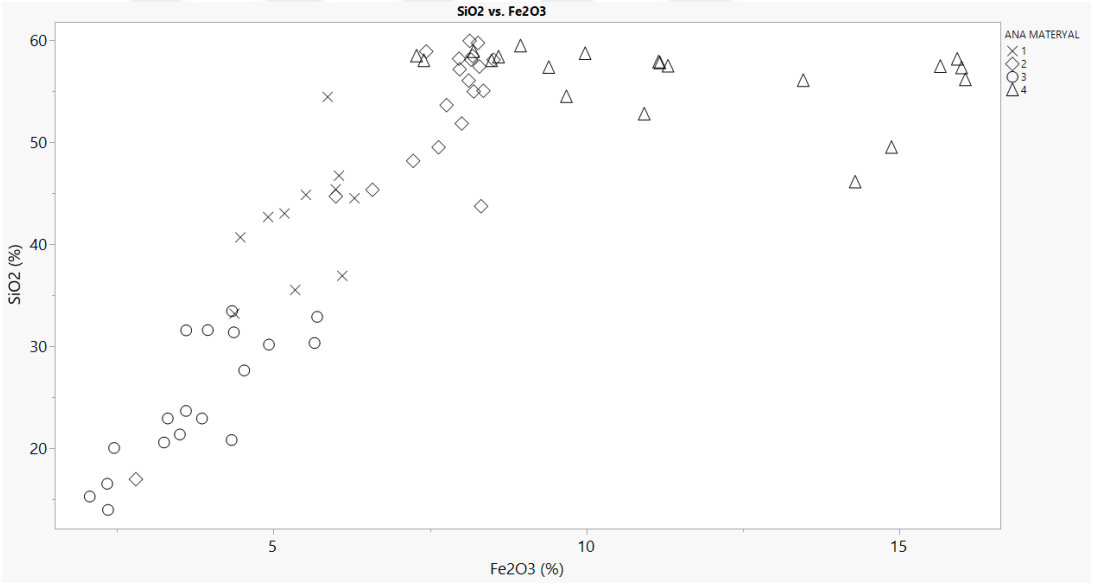
Toprak işleme durumları bakımından ise toprak işlemelerin belirlenen farklı oksitlerin oranları (indisleri) üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$) (Çizelge 4.47.).

Çizelge 4.44. SiO_2/Al_2O_3, SiO_2/Fe_2O_3, CaO/MgO ve Al_2O_3/K_2O ' ye ait Min, Maks ve ortalama değerler

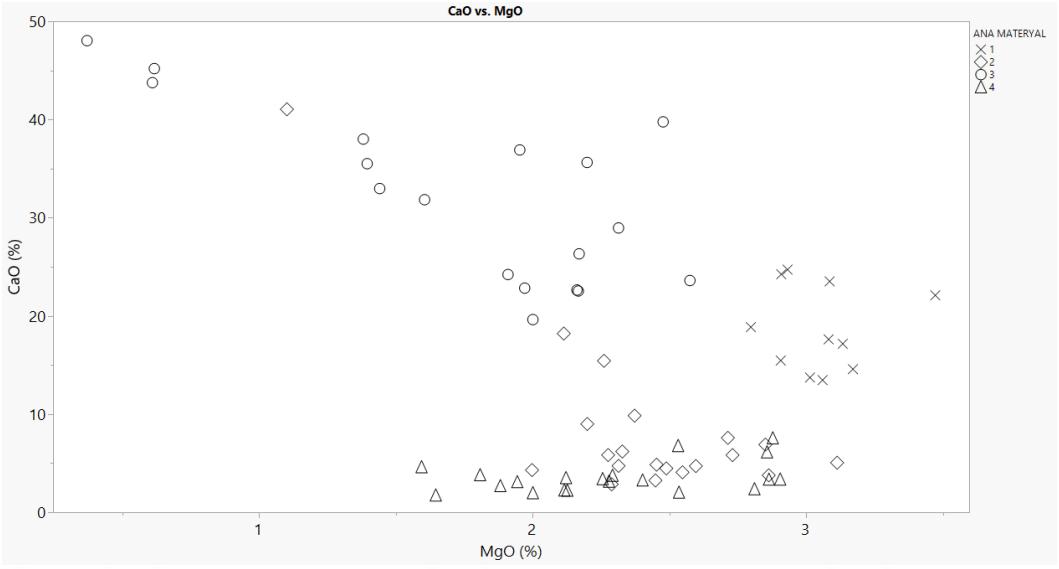
				SiO_2/Al_2O_3			CaO/MgO			SiO_2/Fe_2O_3			Al_2O_3/K_2O		
Toprak İşleme	**Ana Materyal**	**Profil**	**n**	**Min**	**Max**	**Ort**	**Min**	**Max**	**Ort**	**Min**	**Max**	**Ort**	**Min**	**Max**	**Ort**
		1	3	3,89	5,42	4,97	1,38	1,65	1,56	3,23	4,17	3,66	9,79	13,27	11,92
	Bazalt	2	3	4,63	6,30	5,23	0,98	2,89	2,03	4,83	6,80	5,68	2,68	14,22	7,67
		3	2	5,24	5,55	5,42	1,15	2,67	2,15	7,19	8,03	7,69	8,02	8,73	8,27
	Çamur Akıntısı	1	3	4,20	5,92	4,96	4,60	8,43	6,18	6,65	9,29	8,09	6,23	6,82	6,51
		2	3	4,64	5,90	5,18	4,56	8,34	6,84	7,08	9,11	7,93	6,51	8,59	7,89
T1		3	3	3,77	5,05	4,67	4,40	6,74	5,58	6,06	8,32	7,52	5,86	8,00	6,71
	Kireçtaşı	1	3	3,27	5,01	4,11	1,98	8,61	4,33	5,26	7,46	6,69	8,02	9,18	8,56
		2	3	4,15	4,63	4,33	1,80	4,09	2,59	6,48	7,92	6,90	6,80	9,50	7,91
		3	3	4,45	4,78	4,66	1,32	2,80	2,17	6,91	7,31	7,09	6,87	8,47	7,43
	Marn	1	3	3,27	3,94	3,58	9,81	22,89	16,03	5,37	6,11	5,80	6,21	7,90	6,94
		2	3	3,81	6,47	4,69	10,47	16,21	12,97	6,11	8,77	6,90	6,16	8,30	7,27
		3	3	4,23	6,07	5,37	9,17	129,49	56,01	5,94	8,01	7,06	3,83	8,39	5,67
		1	2	3,20	4,02	3,61	6,82	37,25	22,04	6,08	6,90	6,49	7,55	8,46	8,01
	Kireçtaşı	2	3	4,08	4,53	4,28	1,25	2,16	1,82	6,59	7,13	6,88	6,93	8,59	7,86
		3	3	4,08	4,70	4,42	1,33	1,62	1,52	6,83	7,17	7,05	7,82	9,35	8,52
T2	Marn	2	3	4,53	6,20	5,15	10,40	18,90	15,12	4,82	8,19	6,91	4,49	7,28	5,75
		3	2	4,16	4,60	4,38	27,52	71,74	49,63	6,34	7,42	6,88	5,11	6,45	5,78
	Bazalt	1	3	4,34	5,50	4,95	1,35	1,50	1,43	3,33	3,67	3,50	13,26	16,49	14,50
		2	3	5,22	5,88	5,49	1,04	1,05	1,05	5,09	5,63	5,30	8,97	12,70	10,75
		3	3	4,84	5,26	5,09	0,79	1,16	0,93	6,10	6,84	6,53	7,81	8,54	8,18



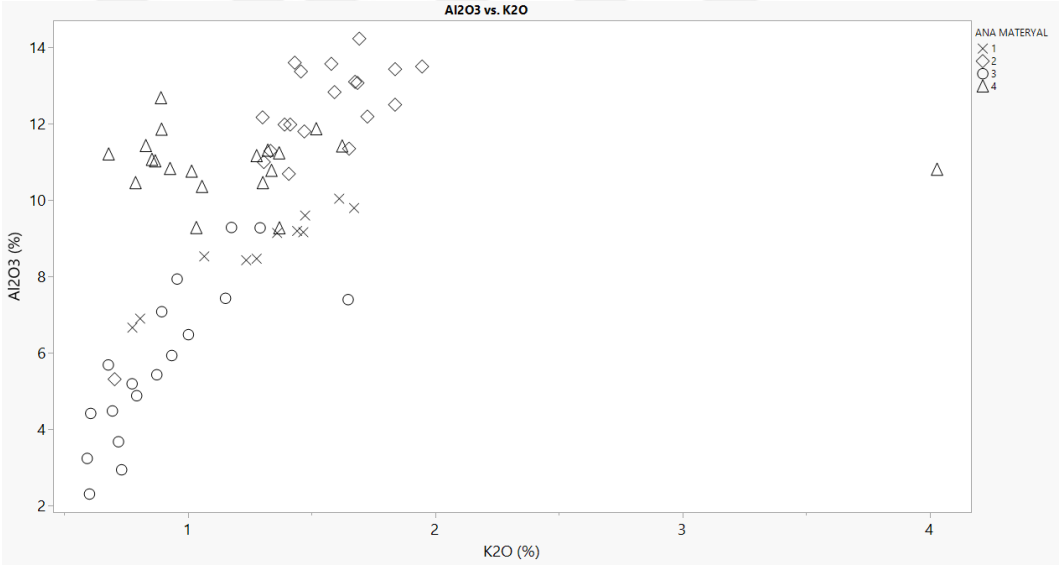
Şekil 4.36. Farklı ana materyaller üzerinde meydana gelmiş toprakların yüzey örneklerine ait oksitlerin (SiO_2 ve Al_2O_3) karşılaştırılması (1-Çam.Akn., 2-Kireç T., 3-Marn, 4-Bazalt).



Şekil 4.37. Farklı ana materyaller üzerinde meydana gelmiş toprakların yüzey örneklerine ait oksitlerin (SiO_2 ve Fe_2O_3) karşılaştırılması (1-Çam.Akn., 2-Kireç T., 3-Marn, 4-Bazalt).



Şekil 4.38. Farklı ana materyaller üzerinde meydana gelmiş toprakların yüzey örneklerine ait oksitlerin (CaO ve MgO)karşılaştırılması (1-Çam.Akn., 2-Kireç T., 3-Marn, 4-Bazalt).



Şekil 4.39. Farklı ana materyaller üzerinde meydana gelmiş toprakların yüzey örneklerine ait oksitlerin (Al_2O_3 ve K_2O)karşılaştırılması (1-Çam.Akn., 2-Kireç T., 3-Marn, 4-Bazalt).

Ruxton ayrışma indeksi kayaçlardaki kimyasal ayrışmalar seviyesinin belirlenmesi için geliştirilmiştir ve ayrışma süresince silisyumu toplam element kaybıyla ilişkilendirir. Burada silisyumun mobil oksit olduğu seskioksit alümünyumunda immobile (hareketsiz) olduğu farzedilir. Ruxton indeksindeki (SiO_2/Al_2O_3) azalma ayrışma yoğunluğundaki artışa işaret etmektedir. Bu oran genel olarak 0 ile 10 arasındadır; en düşük değer olan O optimum ayrışmaya, 10 ise taze materyale işaret eder (Stockmann ve ark., 2016). Düşük SiO_2/Al_2O_3

oranları olası ilerlermiş kimyasal ayrışamaya işaret edebilir (Andreeva ve ark., 2011). Düşük Si/Al oranları özellikle yağışça fazla olan yarı nemli alanlarda görülebilir, bu bölgelerde elementlerin profilden hareketi fazladır. Ayrıca ayrışmanın erken dönemlerinde bazaltlar içerisindeki mobil elementlerini (Mg, Ca, Na ve K) kaybeder ve Al, Fe ve Ti gibi elementleri tutar (Heidari ve Raheb, 2020). Bazaltik kayaçlar da ayrışmanın başlangıcında Ca' un kaybolmasına ve silisyumun azalmasına ve Al ve Fe' de nispeten artışlar olur. Devam eden ayrışma süresince de Al yıkanarak Fe' de artışlar olur.

Çizelge 4.45. Farklı anamateryal üzerinden alınan yüzey örneklerine ait farklı elemental indislerinin ANOVA analiz sonuçları

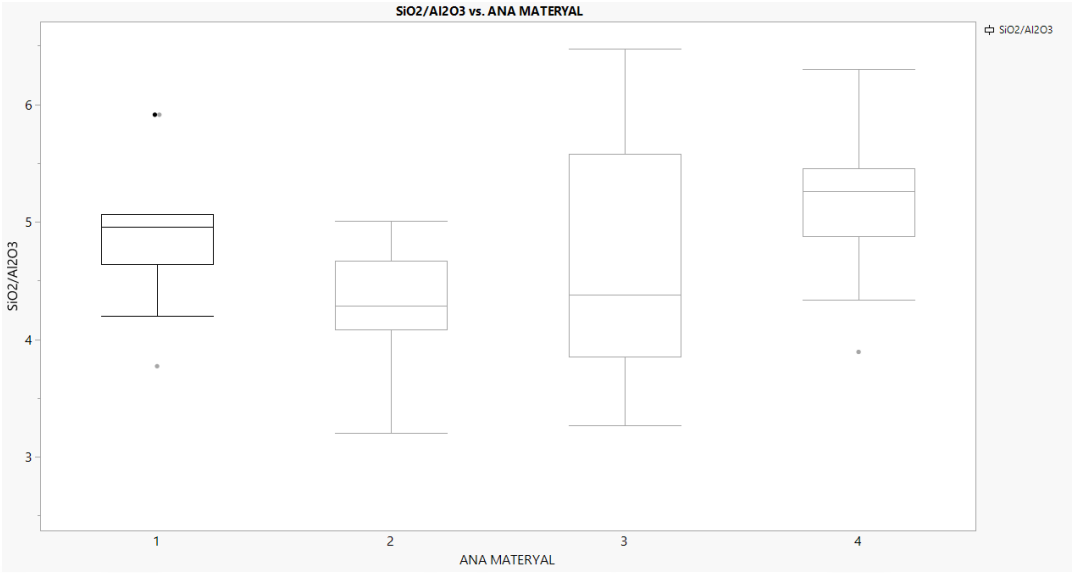
	SiO_2/Al_2O_3	CaO/MgO	SiO_2/Fe_2O_3	Al_2O_3/K_2O
Ana materyal	**0.0002****	**0.001****	**0.0001****	**0.0001****
Profil	**0.0057****	**0.095****	**0.0002****	**0.005****
Toprak İşleme	0.628	0.822	0.570	0.235

Çizelge 4.46. Farklı anamateryal üzerinden alınan yüzey örneklerine ait farklı elemental indislerin Tukey istatistik analiz sonuçları

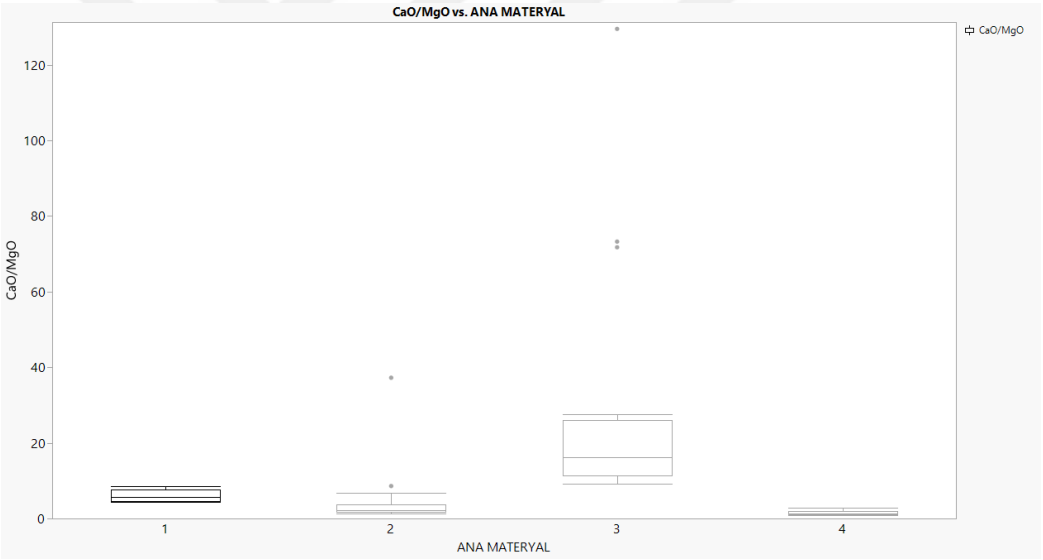
	n	SiO_2/Al_2O_3	CaO/MgO	SiO_2/Fe_2O_3	Al_2O_3/K_2O
Çamur akıntısı	9	4.889 ab	6.202 b	7.778 a	7.240 b
Kireç taşı	17	4.258 b	4.580 b	6.823 ab	8.150 b
Marn	14	4.544 b	28.733 a	6.617 b	6.543 b
Bazalt	17	5.187 a	1.886 b	5.340 c	10.164 a
P		**0.0001*****	**0.001*****	**0.0001*****	**0.0001*****

Çizelge 4.47. Elementel indislerin toprak işleme ortalamaları ve Tukey istatistik sonuçları

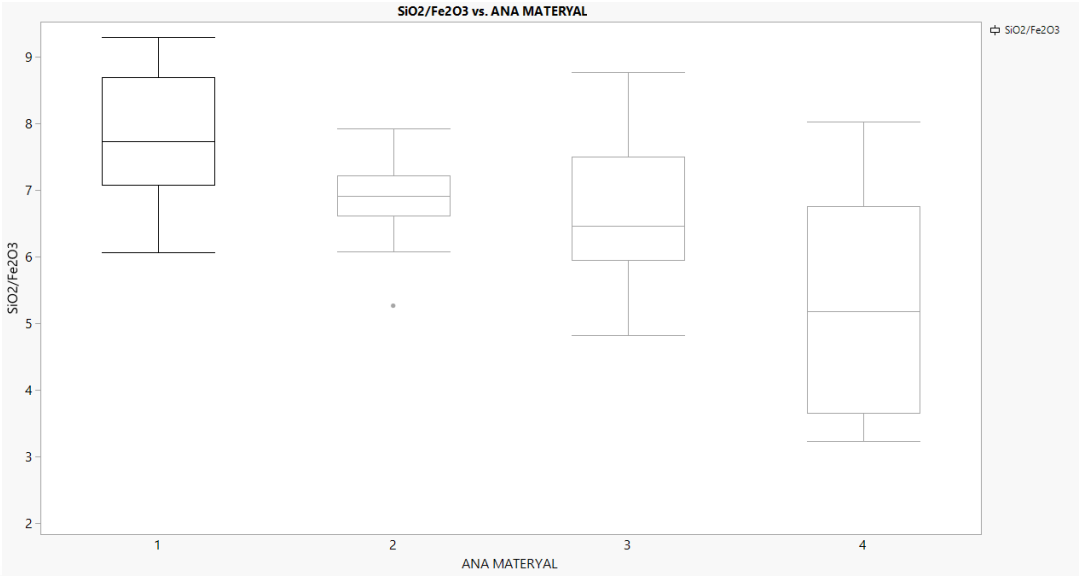
	n	SiO_2/Al_2O_3	CaO/MgO	SiO_2/Fe_2O_3	Al_2O_3/K_2O
T1	35	4.74	10.10	6.704	7.713
T2	22	4.69	10.18	6.182	8.723
P		0.628	0.822	0.570	0.235



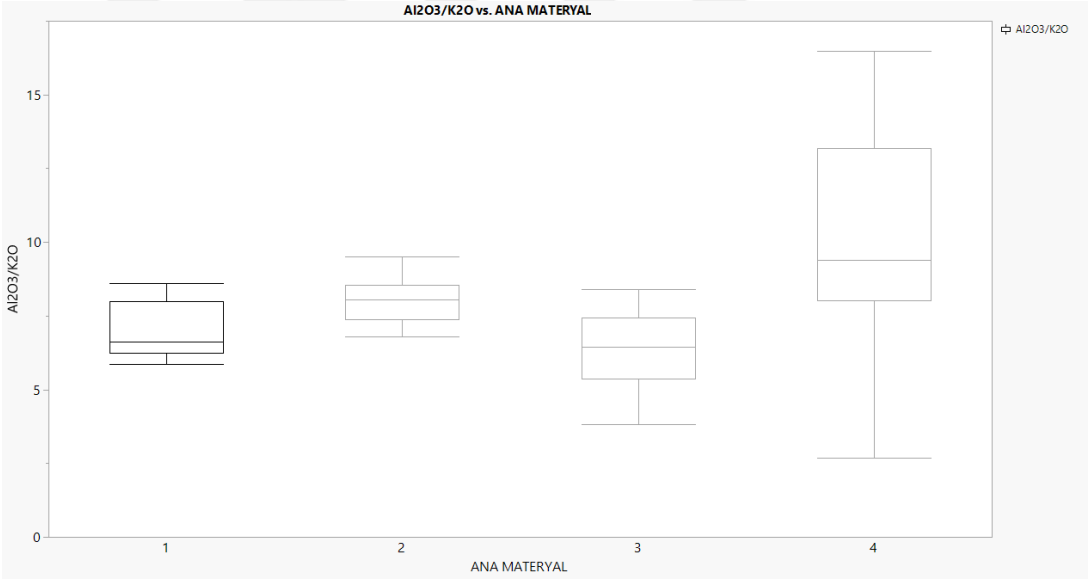
Şekil 4.40. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş yüzey toprak örneklerinin SiO_2/Al_2O_3 bakımından dağılımı (1-Çam.Akn., 2-Kireç T., 3-Marn, 4-Bazalt).



Şekil 4.41. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş yüzey toprak örneklerinin CaO/MgO bakımından dağılımı (1-Çam.Akn., 2-Kireç T., 3-Marn, 4-Bazalt).

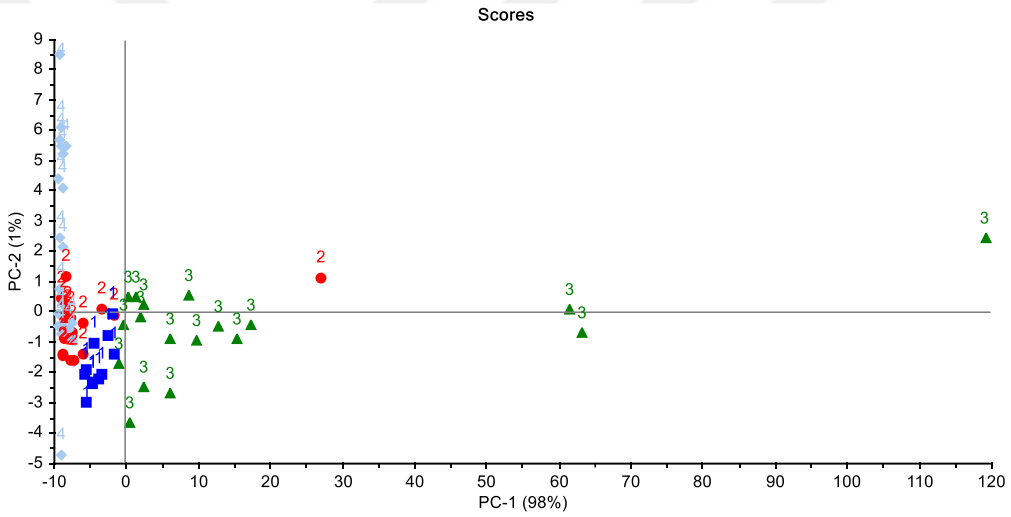


Şekil 4.42. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş yüzey toprak örneklerinin SiO_2/Fe_2O_3 bakımından dağılımı (1-Çam.Akn., 2-Kireç T., 3-Marn, 4-Bazalt).



Şekil 4.43. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş yüzey toprak örneklerinin Al_2O_3/K_2O bakımından dağılımı (1-Çam.Akn., 2-Kireç T., 3-Marn, 4-Bazalt).

Yüzey horizonundan alınan toprak örneklerinin XRF tekniği ile belirlenen bazı oksitlerin oranlarına ait PCA analiz sonuçları Şekil 4.4. ve Çizelge 4.48' de verilmektedir. PC1 veri içerisindeki değişkenliğin % 98` ini PC2 ise % 1 ` ini açıklamıştır. Farklı ana materyaller üzerinde meydana gelmiş olan toprak örneklerinin ana materyallere göre PC1 tarafından gruplandığı görülmektedir. 3 nolu marn ana materyali üzerinde oluşmuş topraklar diğer ana materyallerden ayrılmıştır. PC1' deki değişkenlerin etki (loading) değerleri incelendiğinde bu ayrımda PC1 içerisinde en yüksek etki değerine CaO/MgO oranının sahip olduğu ve buna göre CaO/MgO' un farklı ana materyaller üzerinde oluşmuş toprak örneklerinin ayrımında önemli olabileceği görülmektedir (Çizelge 4.48.).



Şekil 4.44. Yüzey horizonlarına ait örneklerde XRF ile belirlenen bazı oksitelerin oranlarına ait PCA analiz sonucu biplot (1-Çamur akıntıları; 2- Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

Çizelge 4.48. Çizelge Yüzey horizonlarına ait örneklerde XRF ile belirlenen bazı oksitlerin oranlarına ait PCA analizi etki değerleri (loadings)

	PC-1	**PC-2**
SiO_2/Al_2O_3	0,00296796	-0,0091068
CaO/MgO	**0,998579**	0,04978983
SiO_2/Fe_2O_3	0,00419674	-0,4264476
Al_2O_3/K_2O	-0,0530425	0,9030949

Farklı ana materyal üzerinden yer alan toprak örneklerinin ayrımında PCA analizi ile elde edilen sonuçlar ANOVA istatistik analiz sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Benzer ana materyaller üzerinden alınan örneklerin ICP, XRF ve spektroradyometrik yöntemler ile elde edilen sonuçlarına bağlı olarak kümelendikleri görülmüştür. Farklı ana materyaller üzerinde açılan profil örnekleri ile profillerin etrafından alınan örneklerinde bir arada kümelendiği görülmüştür. Bazalt ve kireçtaşı ile çamur akıntısı ve marn ana materyalleri arasında ayrım yapılamamıştır. Örnekler arasındaki farklılıklar arazi kullanımları ya da ana materyal dışında bir çok faktöre bağlıdır.

Diğer yöntemlere göre XRF sonuçları ile ana materyaller arasında daha net bir ayrım yapılmıştır. Bu XRF tekniği ile daha doğru ve daha fazla sayıda element sonucu elde edilebilir olmasına bağlanabilir. ICP-OES tekniği ile XRF tekniğine göre daha az element değerlendirilebilmektedir.

İstatistiksel yöntemlerde olduğu gibi kullanılan farklı enstrümental analiz sonuçları arasında ve enstrümental analiz sonuçları ile rutin analizler ve spektroradyometrik analiz sonuçları arasında da bir uyum sözkonusudur. Farklı ana materyaller üzerinde oluşmuş toprakların ayırt edilmesinde farklı yöntemlerle elde edilen analiz sonuçlarına dayanarak yapılan ayrımda SiO_2 ve CaO ön plana çıkmıştır. Ayrıca elementel oksitlerin orantılanmasıyla elde edilen farklı jeokimyasal indisler arasında da CaO/MgO diğer indislere göre farklı ana materyallerin ayrılmasın da önemli bulunmuştur.

Hem XRF hem de ICP- OES teknikleri kullanılarak yapılan element analiz sonuçlarına göre farklı ana materyaller arasında elementel açıdan istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir.

XRF ile belirlenen elementlerin daha büyük bir oranının ana materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık taşıdığı görülmüştür. Ayrıca farklı toprak işleme durumları bakımından sadece XRF tekniği ile belirlenen MgO bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir.

XRF ile elde edilen sonuçlar ile ICP-OES ile elde edilen elementel konsantrasyonlar arasında farklılıklar tespit edilmiş olsa da silisyum konsantrasyonu dışında oransal olarak benzerlikler mevcuttur. Teknikler arasındaki farklılıklar muhtemelen numunelerin analize hazırlanmasın da kullanılan ön işlemlerin bir sonucu olabilir, örneğin örneklerin asitle parçalanması (digestion), ya da örneklerin homejenizsayonunda oluşabilecek farklılıklardan da kaynaklabilir.

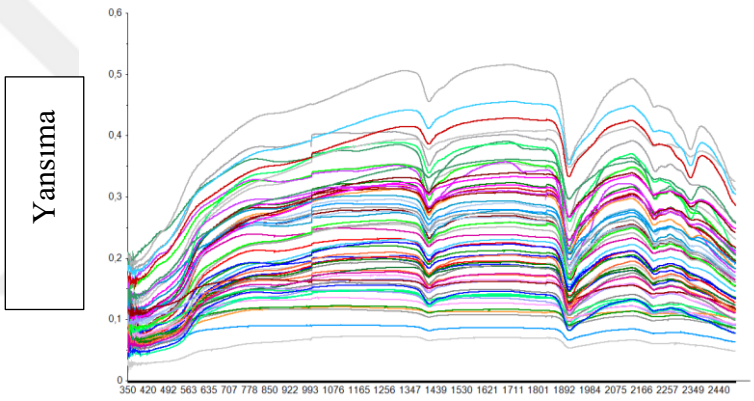
Öteki taraftan farklı yöntemlerde kendi içerisinde bazı kısıtlamalara ve hatalara sahip olabilir, örneğin ICP ile silisyumların belirlenmesinde toprak örneklerinin parçalanmasında kullanılacak kimyasallara göre hatalı sonuçlar elde edilebilmektedir. Yapılan analizlerde elementlerin konsantrasyon oranları da yöntem seçiminde önemli olabilmektedir. XRF tekniği çok düşük konsantrasyonlardaki elementlerin belirlenmesinde bazı kısıtlara sahip olduğu belirtilmiştir.

4.3. Görülebilir ve Yakın Kızılötesi Spektroradyometre Analizleri

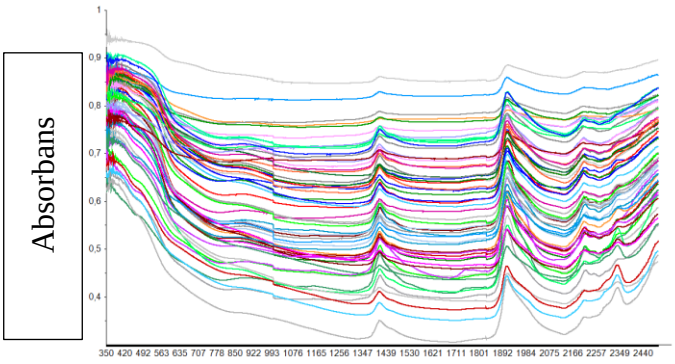
4.3.1. Toprak örneklerine ait yansımaların karakterizasyonu

Dört farklı ana materyale (Çamur akıntıları, Marn, Kireçtaşı, ve Bazalt) ait toprak profillerinin yüzey horizonları ile profillerin çevrelerindeki işlenen ve işlenmeyen arazilerin yüzey derinliklerden toplanan toprak örneklerinin görülebilir ve yakın kızılötesi dalga boylarındaki (350-2500 nm) ham spektral yansımaları ve absorbans değerlerini gösteren grafikler Şekil 4.45' de verilmektedir. Farklı ana materyallerin yüzey horizonuna ait spektral yansımalarda Şekil 4.46.'da verilmektedir.

a)

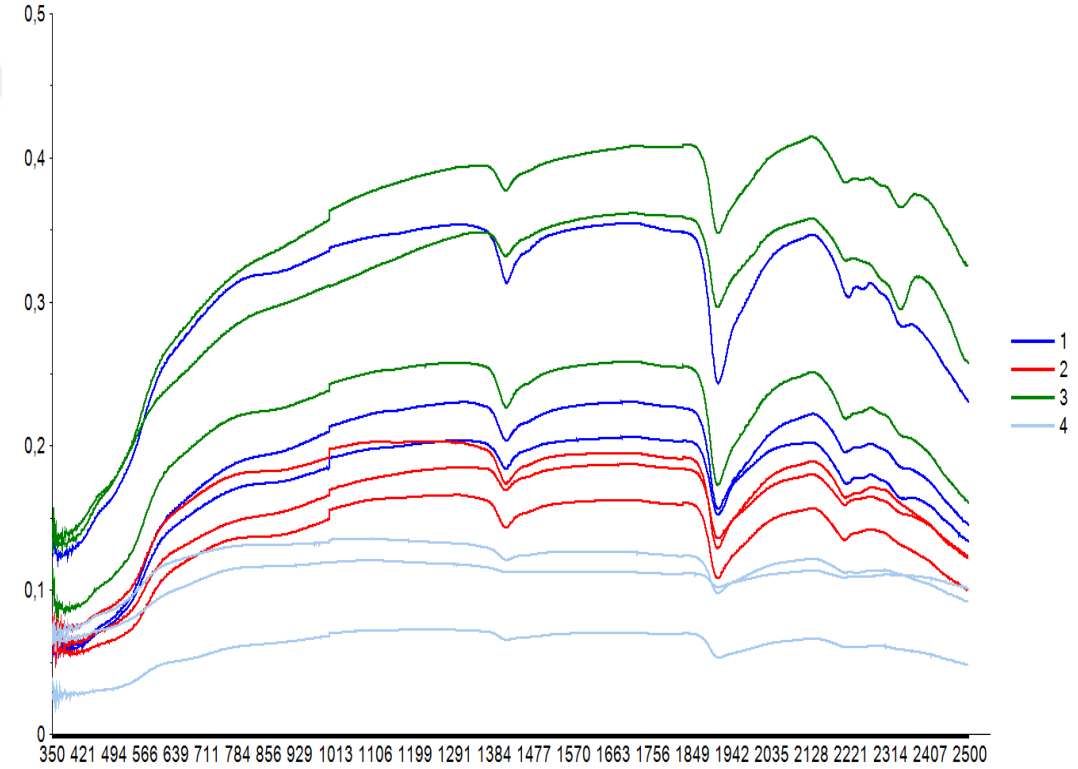


b)



Şekil 4.45.Toprak örneklerine ait ham spektral yansıma (R) (a) spekral absorbans değerleri (1/R) (b)

Araştırma alanından açılan profillere ait yüzey horizonları ve etrafından toplanan yüzey toprakların ham yansıma değerleri geniş bir dağılım göstererek % 2 ile % 51 arasında değişmiştir (Şekil 4.45.). Ham yansımalarda bulunan ve toprak içerisindeki su molekülleri ve OH iyonları nedeniyle oluşan 1400, 1900 ile 2200 nm civarınlarındaki absorpsiyon piklerinden başka toprakların mineral içeriğine bağlı olarak yakın kızıl ötesi (NIR) alanda farklı dalga boylarında (2200-2350 nm) absorpsiyon pikleri görülmüştür (Şekil 4.46.).



Şekil 4.46. Farklı ana materyallerin yüzey horizonlarına ait spektral yansımalar (1: Çamur akıntıları, 2: Kireçtaşı, 3: Marn ve 4: Bazalt ana materyali)

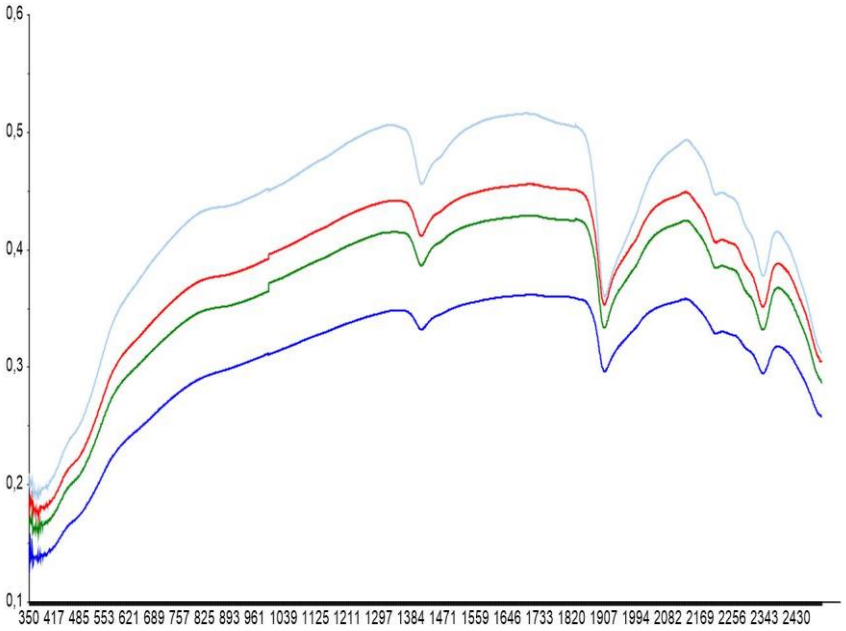
Farklı ana materyallerin yüzey horizonlarına ait spektral yansımalara göre farklı ana materyaller önemli farklılıklar göstermiştir. Bazalt ana materyali sahip olduğu yüksek organik madde içeriği ve zengin Fe–Al oksit içeriğine bağlı olarak spektral yansımaları düşüktür. Marn ana materyalindeki yüksek kireç içeriğine bağlı olarak yansımalarda en yüksektir. Çamur akıntısı ile marn ana materyaline ait yansımalar

daha yakın bulunurken, kireç taşı ile bazalt topraklara ait yansımalar daha yakın bulunmuştur (Şekil 4.46.).

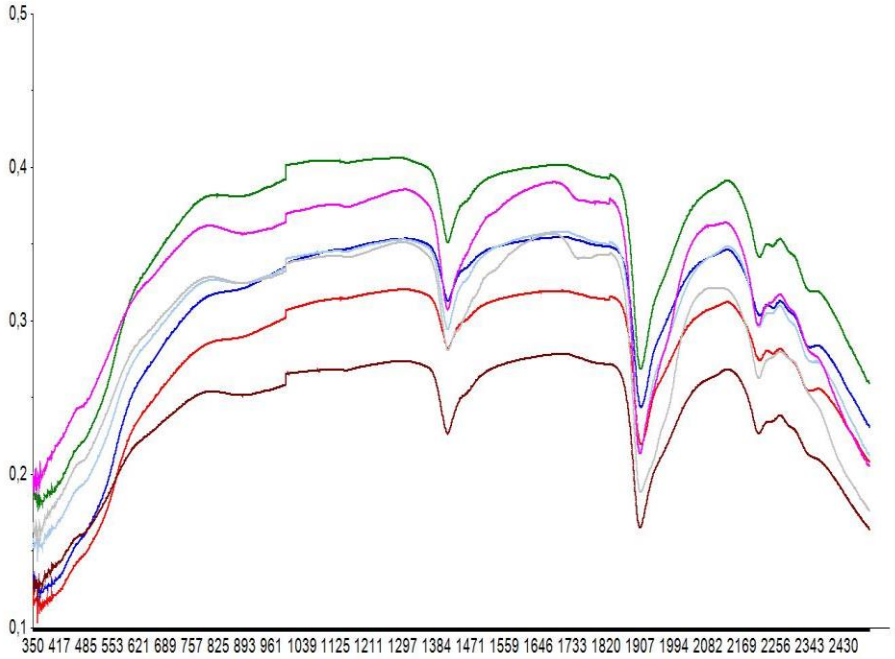
Meydana gelen toprak yansımalarının oranları toprak içerisindeki Fe_2O_3, kil ve organik madde kapsamlarıyla ilişkilendirilmiştir. Fe_2O_3, kil ve organik madde içerikleri yüksek olan topraklardan meydana gelen yansıma seviyeleri, bu materyalleri daha az içeren topraklara nispeten daha düşük bulunmuştur (Bellinosa ve ark., 2010). OH iyonu ve su molekülleri nedeniyle 1400, 1900 ve 2200 nm' de meydana gelen absorpsiyon piklerinden başka, kızılötesi bölgede 2200 - 2300 nm dalga boyları arasında toprak içirisindeki kil mineralleri kaynaklı adsorpsiyon bandları yer almaktadır (Dalal ve Henry, 1986; Clark, 1999).

Topraklardan meydana gelen yansımalar detaylı olarak incelendiğinde spesifik olarak bazı dalga boylarında adsorpsiyon pikleri mevcuttur; 2200 nm dalga boyunda 2: 1 tipi ve Kaolinit kil mineralleri, ayrıca kireç içeriğince zengin olan topraklarda ise 2350 nm civarında $CaCO_3$ kaynaklı adsorpsiyon piki meydana gelmiştir (Şekil 4.47.). 2200 nm ve 2350 nm dalga boylarında meydana gelen adsorpsiyon pikleri karbonat ve 2:1 tipi kil mineralleri bakımından zengin topraklarda gözlemlenmiştir (Milos ve Bensa, 2018; Bellinaso ve ark., 2010). Data seti içerisindeki bazı toprak örneklerinde yüksek jips minerali nedeniyle bazı adsorpsiyon bandları oluşmuştur (Şekil 4.47.). Bu toprak örneklerine ait spektral yansımalar yakından incelendiğinde özellikle 1440, 1750, 1940 ve 2200 nm civarlarında adsorpsiyon pikleri olduğu görülmektedir. Bu bölgede yer alan adsorpsiyon pikleri topraklardaki yüksek jips minerallerinin varlığına işaret eder (Howari ve ark., 2002; Farifteh ve ark., 2006). Jips muhtevasının varlığının belirlenmesi ve karakterizasyonu toprak tuzluluk ve alkaliliğinin önlenmesi bakımından önemlidir.

a



b



Şekil 4.47. $CaCO_3$ (a) ve Jips ($CaSO_4.7H_2O$) (b) içeriği zengin olan topraklara ait ham yansımalar ve spesifik adsorpsiyon pikleri

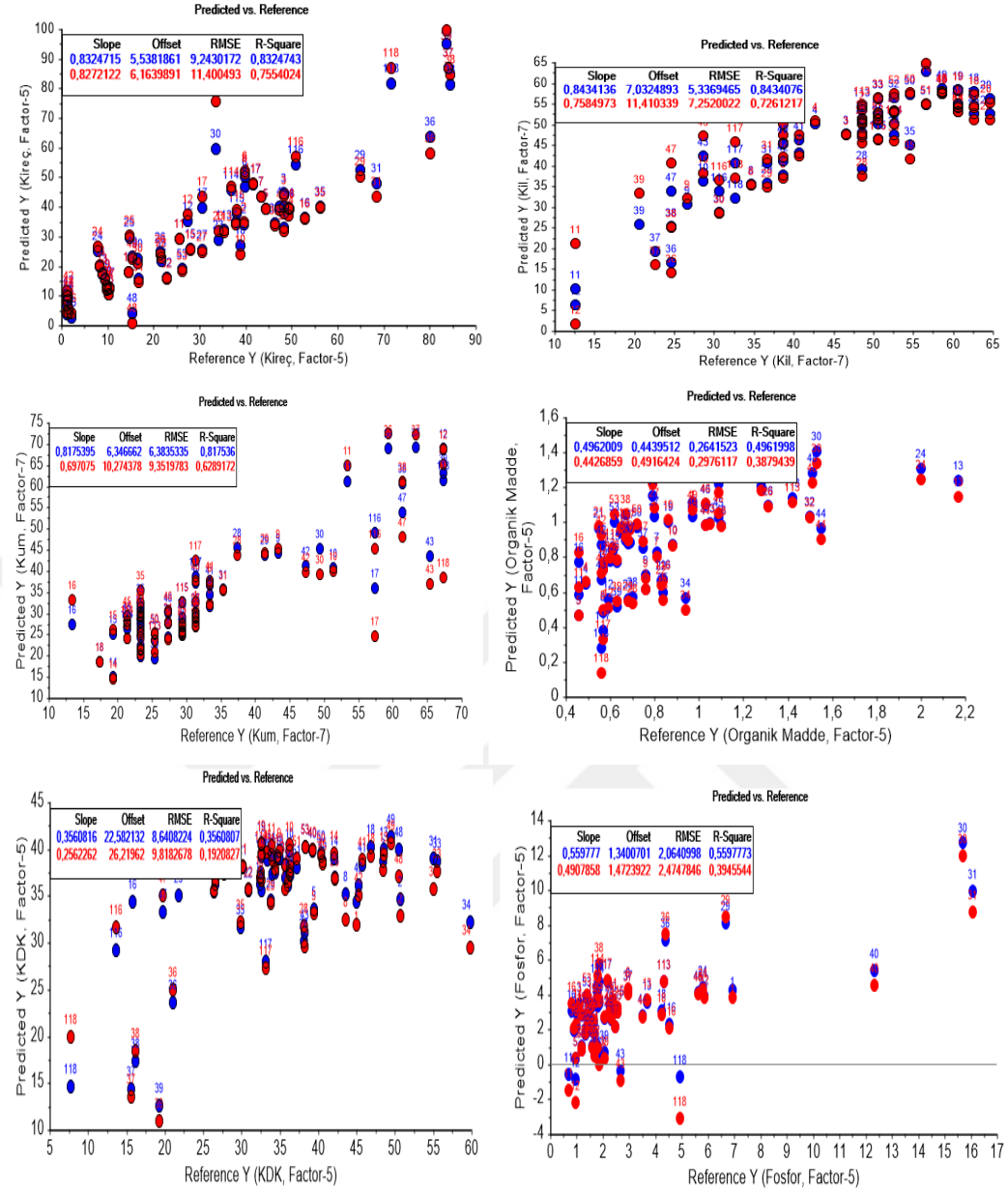
4.3.2. PLSR modeli ile toprak parametrelerinin tahmini

Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (PLSR) metodu ile toprak özellikleri ve toprak yansımaları arasında geliştirilen kalibrasyon modelleri kullanılarak toprak özelliklerinin tahmin edilebilirliği belirlenmiştir. PLSR modeli ile yapılan tahminlerin doğruluklarını test etmek için çapraz doğrulama (cross-validation) yaklaşımı kullanılmıştır. Farklı toprak özelliklerine ait çapraz doğrulama ile elde edilen tahmin sonuçları ile gerçek laboratuvar değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler Şekil 4.48 ve Şekil 4.49, ayrıca çapraz doğrulama test sonuçlarına ait R^2, RMSE ve RPD değerleri Çizelge 4.49`da verilmiştir.

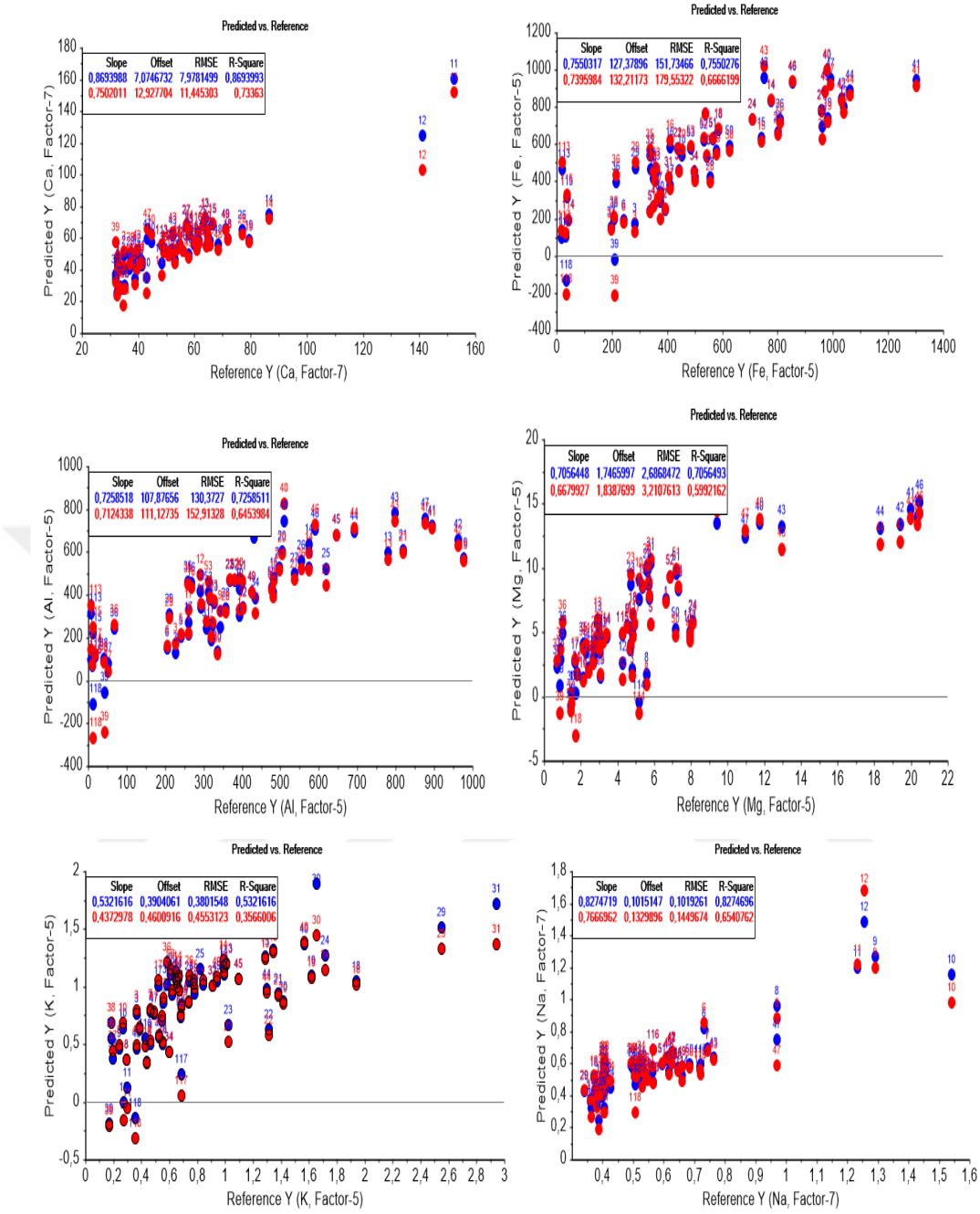
Çizelge 4.49. Toprak özelliklerinin VNIRS - PLSR modeli çapraz doğrulama sonuçları

		Kalibrasyon		Validasyon		
		RMSEC†	R^2	RMSEP‡	R^2	RPD
$CaCO_3$	%	9.240	0.830	11.40	0.760	1.9
Kil	%	5.330	0.840	7.250	0.730	1.8
Kum	%	6.380	0.820	9.350	0.630	1.6
Organik Mad.	%	0.473	0.300	0.510	0.210	1.2
KDK	me/100 g	8.640	0.360	9.810	0.190	1.1
Ca	me/100 g	7.970	0.870	11.44	0.730	2.0
Mg	me/100 g	2.680	0.700	3.210	0.590	1.5
K	me/100 g	0.380	0.530	0.460	0.360	1.2
Na	me/100 g	0.100	0.830	0.140	0.650	1.7
P	kg/da	2.060	0.560	2.470	0.390	1.2
Fe	mg/kg	151.7	0.760	179.5	0.670	1.7
Al	mg/kg	130.3	0.730	152.9	0.650	1.6

†Root Mean Square Error of Calibration (Kalibrasyon Hata Kareler Ortalaması); ‡ Root Mean Square Error of Prediction (Tahmin Hata Kareler Ortalaması)



Şekil 4.48. PLSR modeli çapraz doğrulama kalibrasyon ve tahmin grafikleri



Şekil 4.49. PLSR modeli çapraz doğrulama kalibrasyon ve tahmin grafikleri

Tahminlerin doğruluğu R^2 ve RPD değerleri kullanılarak yorumlanabilir. 0.50 ile 0.66 arasında yer alan R^2 değerleri modelin yüksek ve düşük değerler arasında bir ayırım gücü yapabildiğini, 0.66 ile 0.80 arasındaki R^2 değerleri yaklaşık sayısal bir tahmin yapabildiğini, 0.81 ile 0.90 arasında yer alan R^2 değerleri ise tahminlerin başarılı olduğunu 0.90` ın üzerinde ki R^2 değerleri ise tahminlerin mükemmel olduğunu gösterir (Saeys ve ark., 2005). Chang ve ark. (2001) tahmin modellerinden elde edilen RPD değerlerini gruplara ayırmıştır; eğer RPD değeri ≥ 2 ise model tahmini "iyi" eğer 1.4 ≤RPD<2 arasında ise model tahmini "yeterli" ve eğer RPD <1.4 ise model tahmini "kötü" şeklinde sınıflandırılmıştır. Buna sınıflandırmaya göre toprak parametrelerinden değişebilir Ca ve $CaCO_3$ içerikleri için VNIRS tekniği ile yapılan tahminler başarılı, Kil, Kum, değişebilir Mg, değişebilir Na, Fe ve Al için yapılan tahminler orta seviyede başarılı bulunurken elverişli fosfor, değişebilir K, KDK, organik madde için yapılan tahminler ise zayıf olarak belirlenmiştir. Orta sınıfta yer alan tahminler farklı kalibrasyon modelleri veya spektral yansıma analizleri kullanılarak iyileştirebilir, fakat zayıf tahmin grubunda yer alan tahminler ise güvenilir değildir (Chang ve ark., 2001).

Önemli bir toprak kalite parametresi olan toprak organik maddesinin muhtevası ve içeriği toprak yansıması üzerine önemli bir etkiye sahiptir. Toprağın rengi toprağın organik madde içeriğiyle yakından ilişkilidir, organik maddece zengin topraklar daha koyu renkli olduğundan, görülebilir bölgedeki ışık yansıması toprak organik maddesi ile ilişkilendirilebilir (Ting ve ark., 2009). Görülebilir ve kızılötesi yansıma spektroradyometre (VNIRS) tekniği toprak organik maddesinin tahmininde başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Wetterlind ve ark., 2008; Ting ve ark., 2009; Bilgili ve ark., 2011). Bu çalışmada VNIRS metodu kullanılarak organik maddenin tahmin edilmesi için geliştirilen PLSR modeli daha az başarılı bulunmuştur (Çizelge 4.49.) (Şekil 4.48.). Toprak organik maddesi için elde edilen düşük başarı oranları toprağın diğer özelliklerinin örneğin kireç içeriğinin yansımalar üzerindeki maskeleyici etkileri nedeniyle olabilir. Stenberg ve ark. (2002) kum içeriğince zengin topraklarda ışığın dağılımının meydana geldiğini ve organik madde kaynaklı yansımaların yüksek kum içeriğince maskelendiğini belirtmişlerdir. Toprak organik madde tahminlerinin iyileştirilmesi için data setinde yeralan kum içeriğince zengin toprakların data setinden

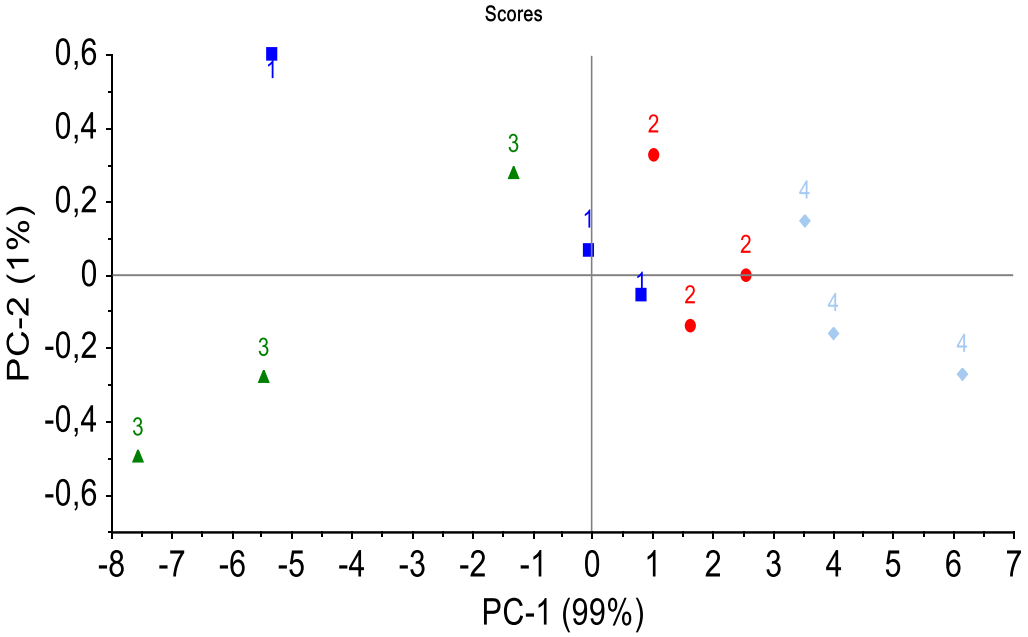
çıkarılması gerektiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada organik madde ile yansımalar arasında elde edilen zayıf ilişkilerin topraklarda fazla oranlarda varolan $CaCO_3$' ın yansımalar üzerindeki maskeleyici etkisi nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Lazar ve ark. (2020) tarafından yürütülen çalışmada spektroradyometre tekniği ve PLSR modeli kullanarak elde edilen organik madde tahminlerinde başarılı sonuçlar (R^2 değerleri 0.80-0.93) elde edilmiştir. Bu çalışmadaki toprakların pH ve kireç seviyeleri mevcut topraklarda farklılık göstermektedir. Organik madde ile aralarında pozitif korelasyon bulunan P ve K için elde edilen tahminler de organik madde tahminlerine benzer olarak başarısız bulunmuştur. Spektral yansımalara doğrudan etkili olmayan toprak özelliklerinin spektral yöntemler ile elde edilen tahminlere ait başarıları bu özelliklerin yansımaya doğrudan etkili olan kil, Fe_2O_3 ve organik madde gibi birincil parametreler ile arasında ki ilişkilerin seviyesine de bağlıdır (Bilgili ve ark., 2011).

Şenol ve Akgül (2013) Isparta, Antalya, Burdur, Denizli ve Afyonkarahisar illerinde bulunan yaygın toprak gruplarından açılan 16 profilden horizon esasına göre alınan toprak örneklerine ait özellikleri topraklara ait spektroradyometre ile elde edilen yansımaları kullanarak kurulan modeller vasıtasıyla tahmin etmeye çalışmıştır. Araştırmacılar toprak organik maddesi, değişebilir K ve KDK için bu araştırmaya nispeten daha başarılı tahmin sonuçları elde ederken, değişebilir katyonlar, Kil ve Kum gibi parametreler için bu çalışmaya nispeten daha başarısız sonuçlar elde etmişlerdir. Her iki çalışmada da araştırmacılar $CaCO_3$ içeriklerine ait tahminler için benzer sonuçlar bildirmiştir.

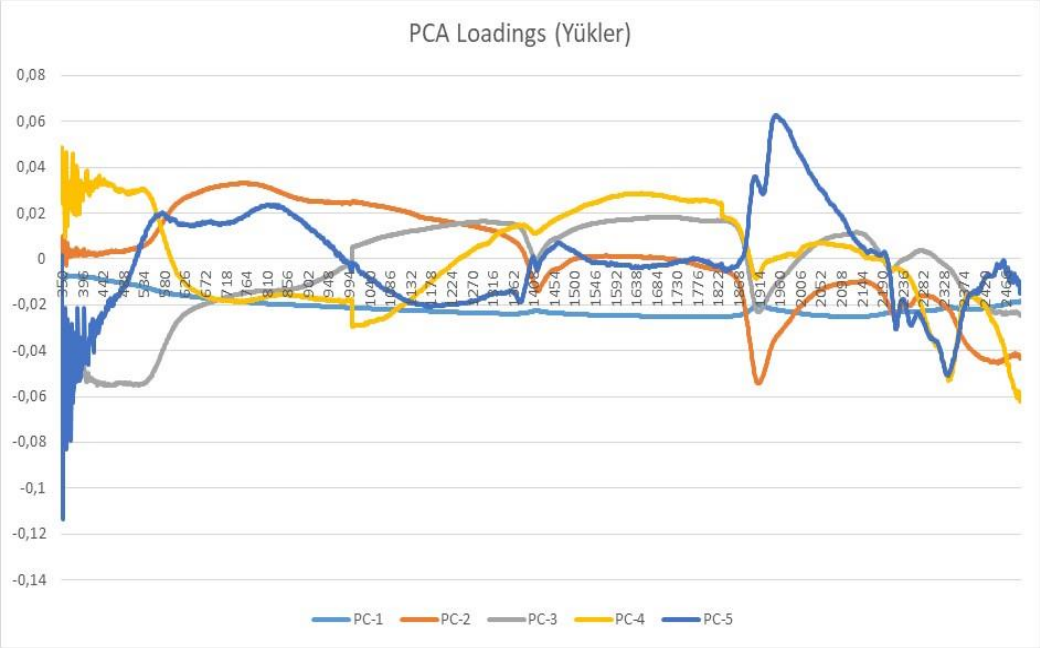
4.3.3. Spektral verilere ait temel bileşenler analiz sonuçları

Farklı ana materyaller üzerinde açılan profillerin yüzey horizonlarından alınan toprak örneklerinin ham yansımalarına PCA analizi uygulanmıştır. Birinci ve ikinci PCA toprak ham yansımalarındaki toplam değişkenliğin yaklaşık %99'luk (PC1 %98, PC2 %1) kısmını açıklayabilmiştir (Şekil 4.50.). PC1 içindeki loading (etki) grafikleri topraklara ait genel absorbans şeklini temsil ederken; PC2 içindeki loading (etki) değerleri ise 450-460 nm dalga boyu aralığında yüksek pozitif, 1900-1910 nm dalga

boyu aralığında, 1414 nm ile 2216 ve 2400 nm dalga boyu civarlarında yüksek negatif yük değerlerine sahip olmuştur (Şekil 4.51.).

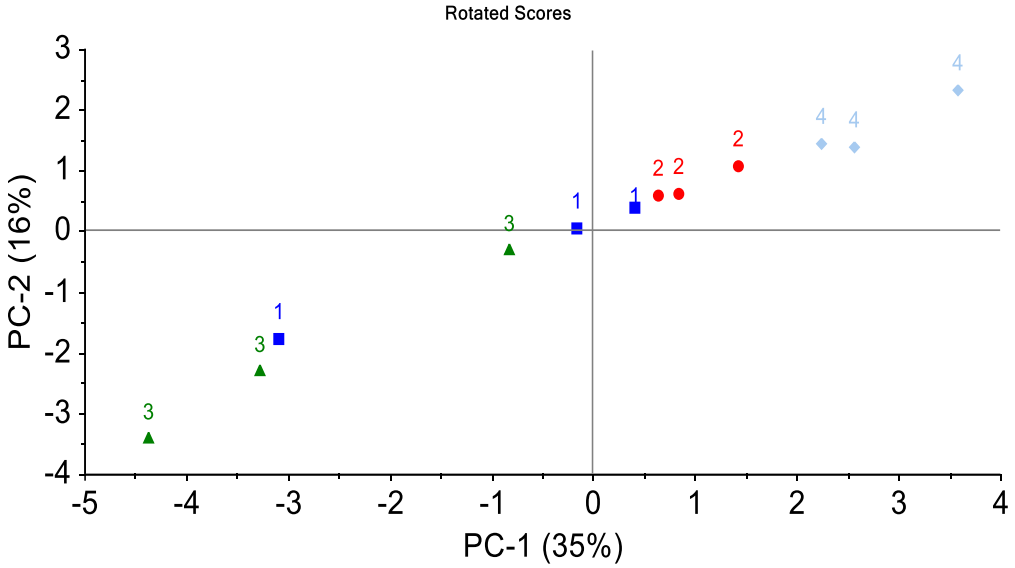


Şekil 4.50. Yüzey horizonu ham spektral verilere ait temel bileşenler analizi biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

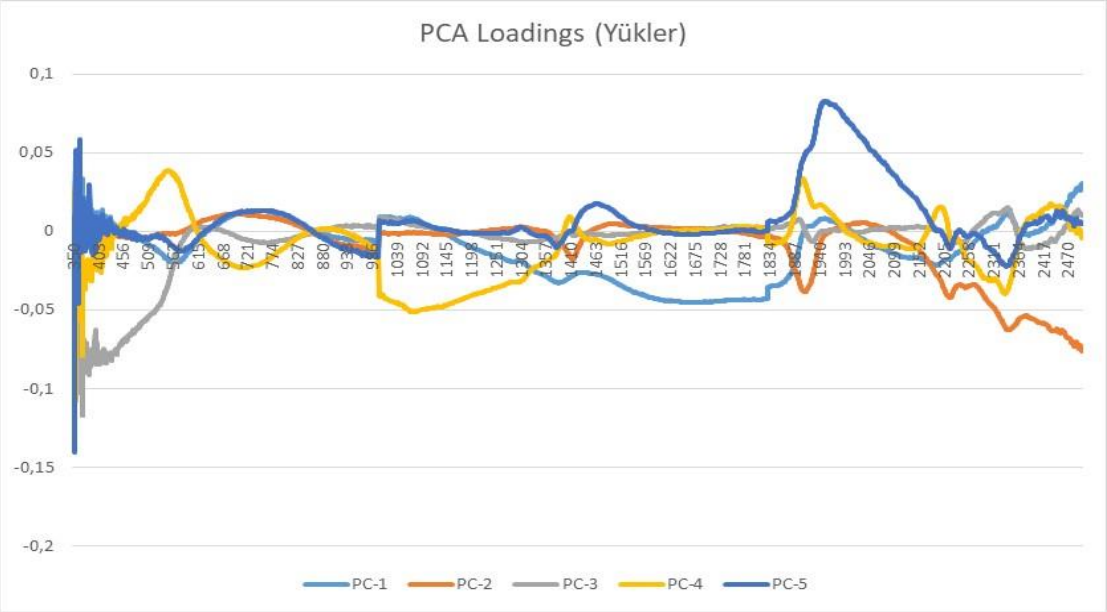


Şekil 4.51. Yüzey horizonu ham spektral verilere ait temel bileşenler analizi loading (etki) değerleri

Yüzey horizonu ham spektral verilerde Varimax rotasyon uygulanarak yapılan PCA analizi Biplot ve loading (etki) grafikleri sırasıyla Şekil 4.52 ve Şekil 4.53.'de verilmektedir. Varimax rotasyon uygulamadan önce PC1 değişkenliğin %99'unu açıklamıştır. Varimax rotasyon uygulandıktan sonra PC1 değişkenliğin %35' ini, PC2 %16, PC3 %2, PC4 %17, PC5 %14, PC6 %11 ve PC7 ise %5 değişkenliği açıklamıştır.

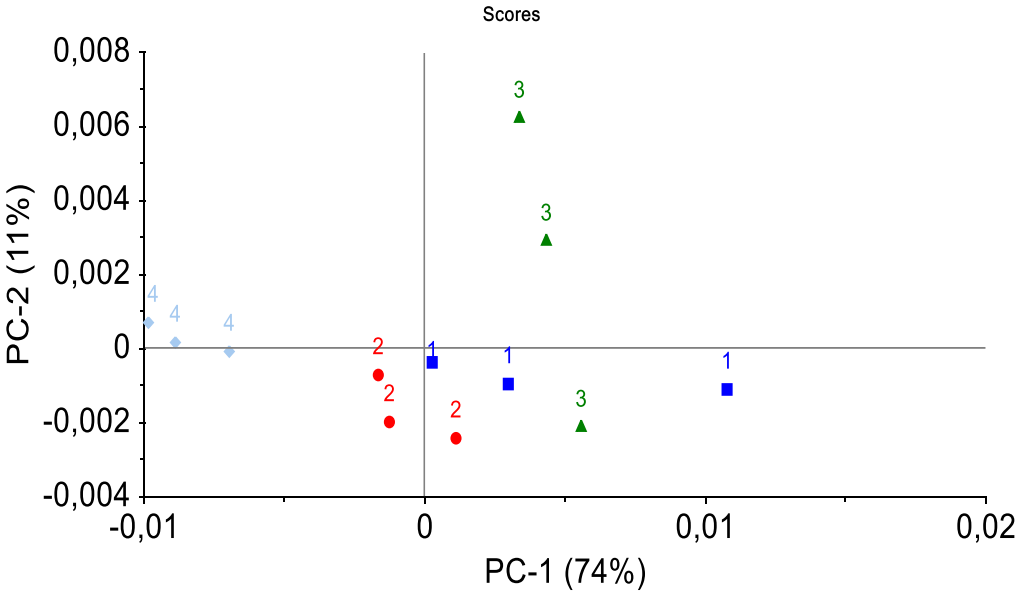


Şekil 4.52. Yüzey Horizonu Ham Spektral verilere ait Varimax rotation- Temel Bileşenler analizi Biplot (PC1 ve PC3) (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

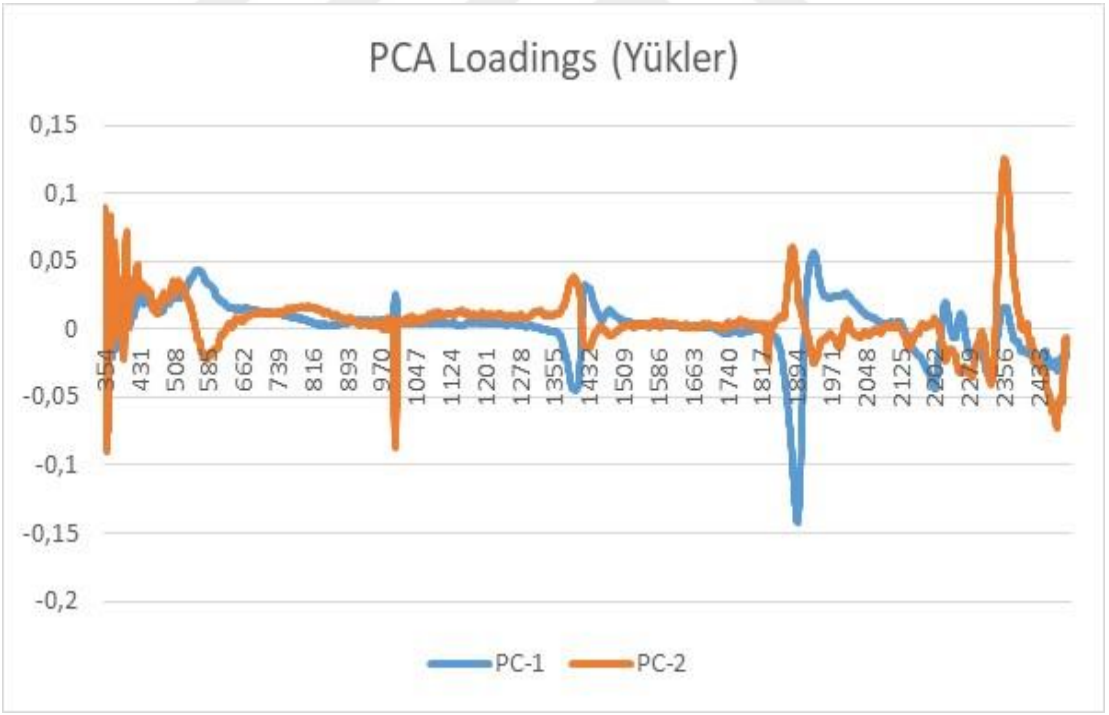


Şekil 4.53. Yüzey horizonu ham spektral verilere ait varimax rotation- temel bileşenler analizi etki değerleri

Yüzey horizon ham spektral verilerinin birinci türevleri (First Derivative) alındıktan sonra da PCA analizi uygulanmıştır (Şekil 4.54. ve Şekil 4.55). First derivative alındıktan sonra özellikle 2350 nm deki $CaCO_3$ bandı PC2 yüklerinde belirgin hale gelmiştir (Şekil 4.55.).

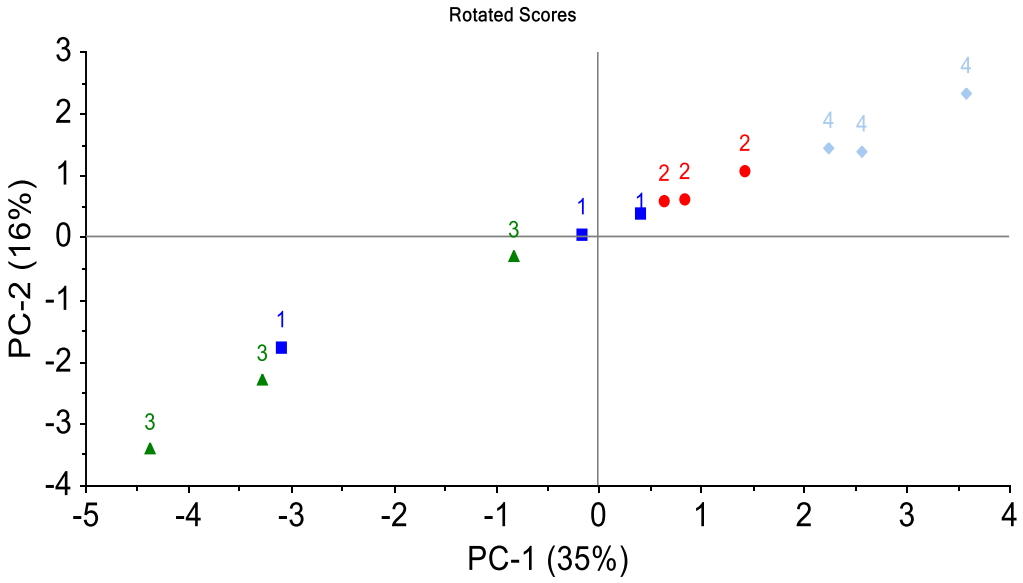


Şekil 4.54. Yüzey Horizonu First Derivative (Birincil Türev) Spektral verilere ait Temel Bileşenler analizi Biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

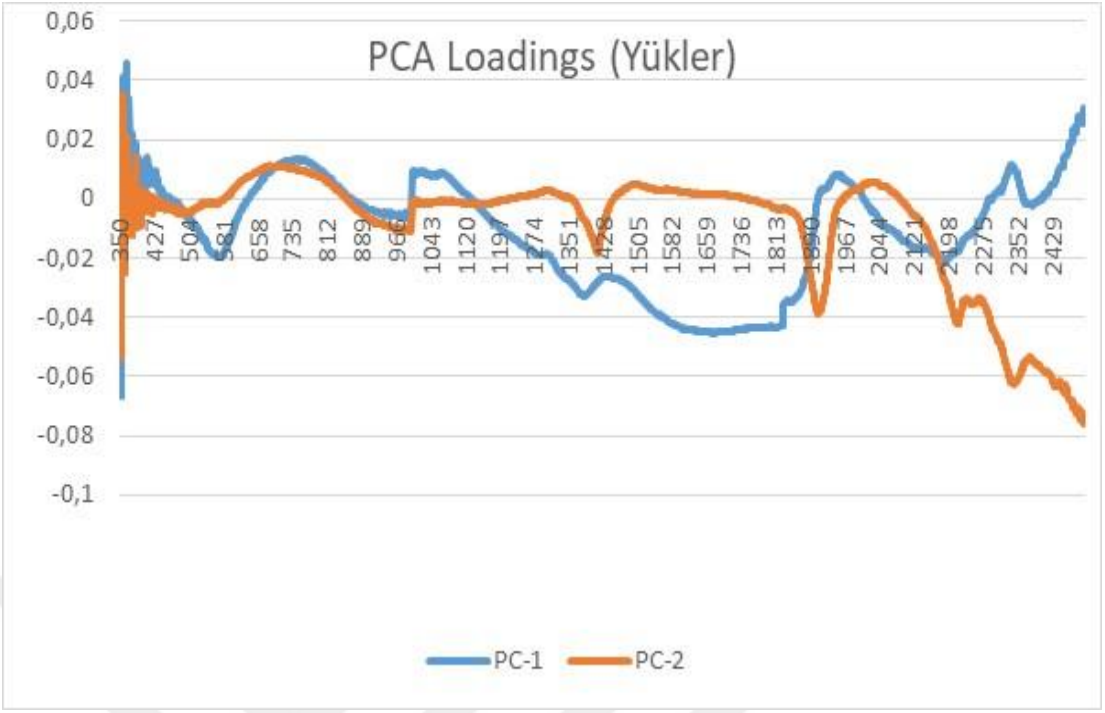


Şekil 4.55. Yüzey horizonu first derivative (Birincil Türev) verilere ait temel bileşenler analizi etki değerleri

First derivative verisine Varimax rotasyon ile PCA analizi uygulandıktan sonraki durumda da 2350 nm absorpsiyon bandına göre $CaCO_3$ muhtevası toprakların ayrımında ön plana çıkmaktadır (Şekil 4.57.).

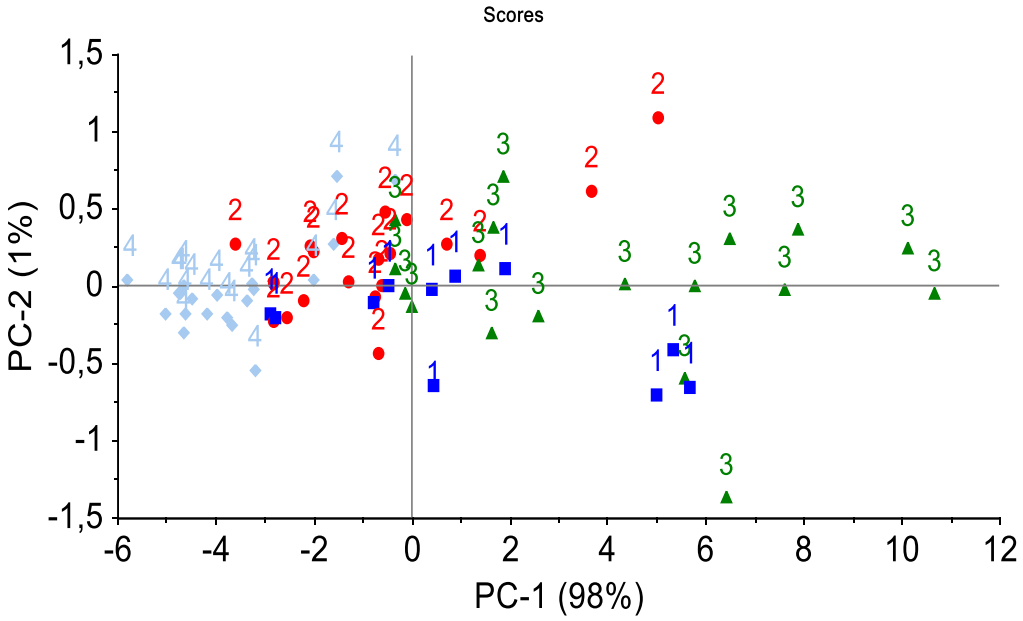


Şekil 4.56. Yüzey horizonu first derivative spektral verilere ait varimax rotation - temel bileşenler analizi biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

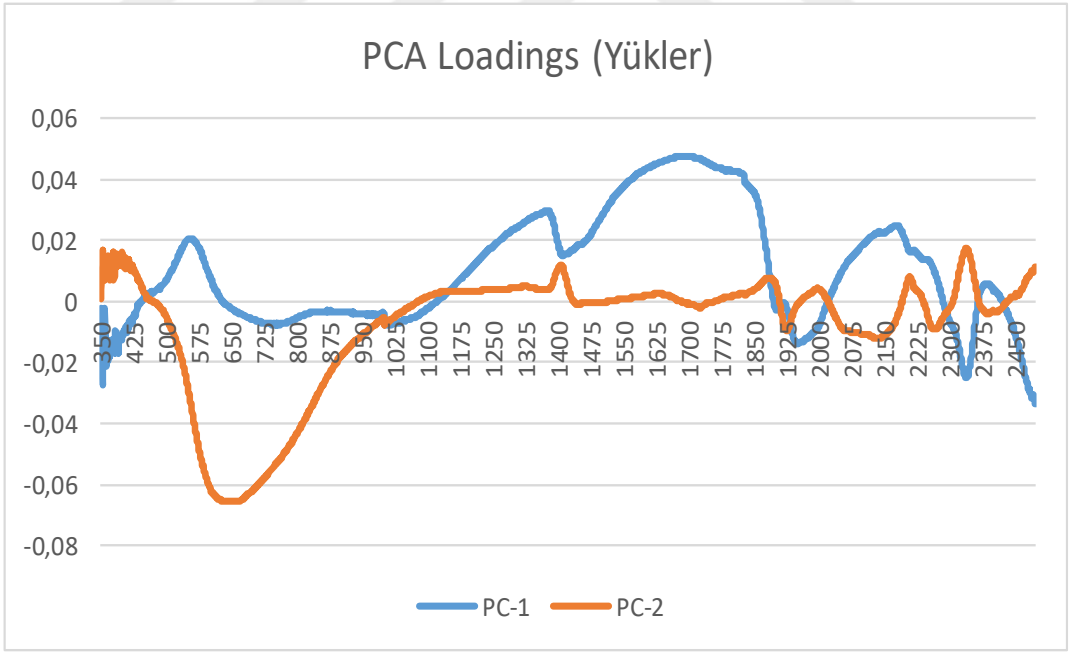


Şekil 4.57. Yüzey horizonu first derivative (Birincil Türev) verilere ait varimax rotation- temel bileşenler analizi etki değerleri

Farklı ana materyallerden horizon esasına göre açılan profillerin yüzey horizonları ile profillerin çevresindeki işlenen ve işlenmeyen arazilerden toplanan yüzey örneklerine ait ham spektral verilerine PCA analizi uygulanmıştır. PCA analiz sonuçları Şekil 4.58. ve Şekil 4.59.' da verilmektedir. PC1 %98 ve PC2 %1 oranında değişkenliği açıklamıştır.

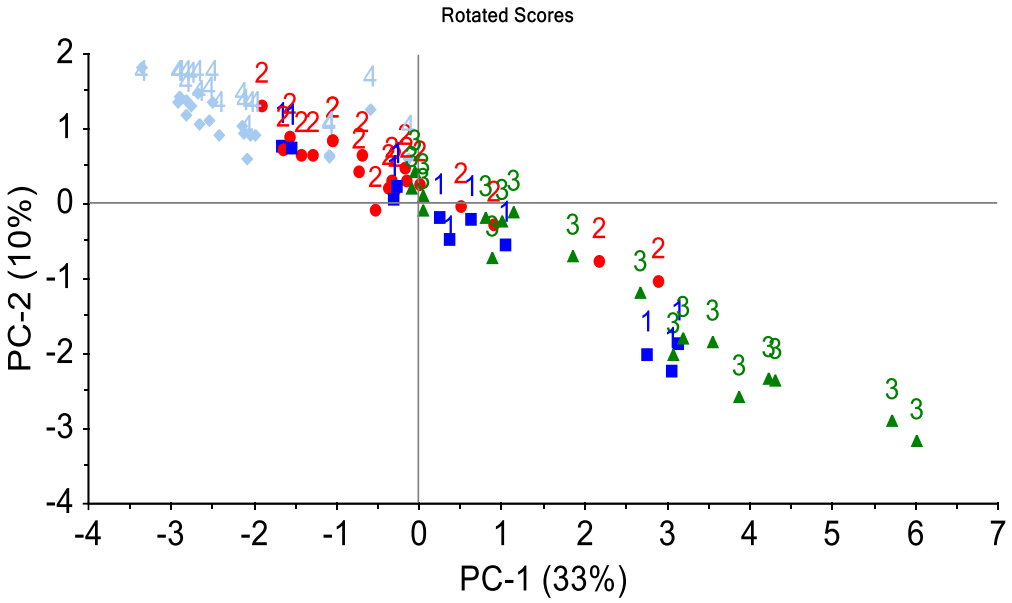


Şekil 4.58. Yüzey horizonu, işlenen ve işlenmeyen arazilerin ham spektral verilerine ait temel bileşenler analizi biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)

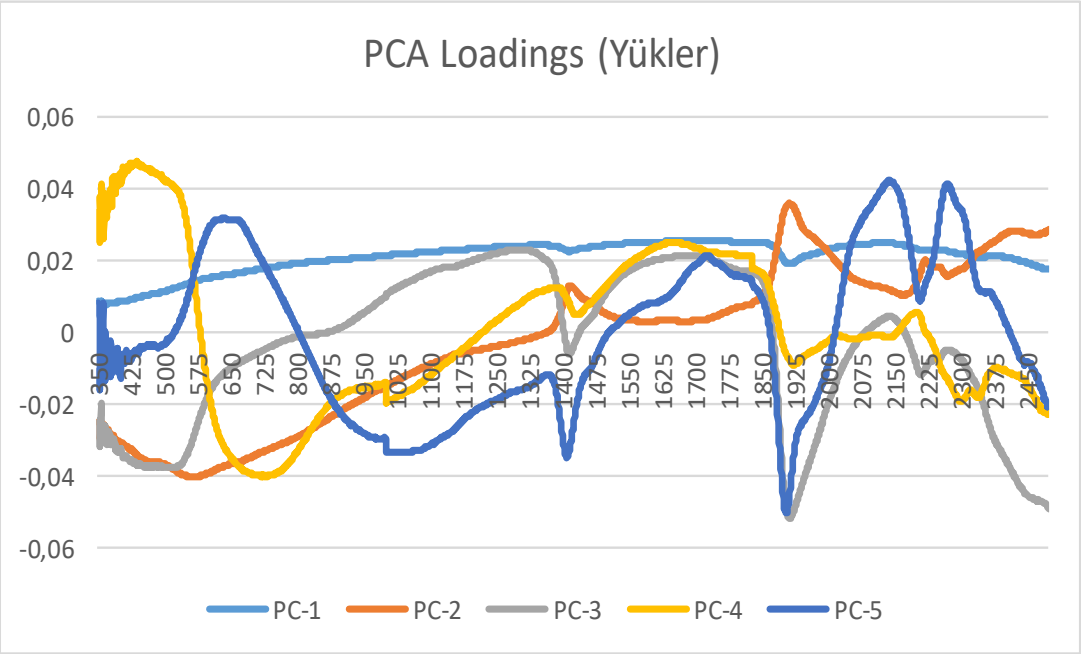


Şekil 4.59. Yüzey Horizonu, işlenen ve işlenmeyen arazilerin ham spektral verilerine ait temel bileşenler analizi etki (loadings) değerleri

Temel Bileşenler analizi Varimax rotasyon uygulandıktan sonra veri setinde denendiğinde ise (Şekil 4.60, Şekil 4.61.) PC1 % 33, PC2 % 10, PC3 %12, PC4 %3 ve %23 PC5 oranında veri setindeki değişkenliği açıklamıştır.



Şekil 4.60. Yüzey horizonu, işlenen, işlenmeyen arazilere ait varimax rotation-temel bileşenler analizi biplot (1- Çamur Akıntıları; 2 – Kireçtaşı; 3- Marn; 4- Bazalt)



Şekil 4.61. Yüzey Horizonu, işlenen ve işlenmeyen arazilerin ham spektral verilerine ait varimax rotation-temel bileşenler analizi etki (loadings) değerleri

Minerallerin, kayaçların ve kil ve $CaCO_3$ dahil toprak özelliklerinin spesifik absorpsiyon özellikleri laboratuvar koşullarında geniş çapta incelenmiştir (Hunt ve Salisbury, 1970). Bu çalışmada spektral verilere uygulanan PCA analiz sonuçlarına göre toprak örneklerinin ayırt edilmesinde en önemli spektral bantlar 550 nm, 1350 nm, 1600 nm, 2200 nm ve 2350 nm dalga boyları civarındadır.

2206 ve 2341 nm'deki absorpsiyon bant derinliği değerleri sırasıyla kil (Chabrillat ve ark., 2002) ve $CaCO_3$ (Gaffey, 1986) içeriğini tahmin etmek için kullanılmıştır. OH germe ve OH-Al bükme modlarının kombinasyonuna karşılık gelen, kil için yaklaşık 2208 nm'de bir absorpsiyon zirvesi beklenir (Chabrillat ve ark., 2002). $CaCO_3$ için ise CO_3 aşırı ton titreşimlerine karşılık gelen 2348 nm civarında bir absorpsiyon zirvesi beklenir (Hunt ve Salisbury, 1971; Gaffey, 1986).

Ben-Dor ve Banin (1990) 1800 nm, 2350 nm ve 2360 nm de topraktaki karbonatlar ile ilgili olarak keskin adsorpsiyon pikleri tespit etmişlerdir. Ayrıca toprak karbonatlarının 2300-2350 nm aralığında kuvvetli ve 2120-2160 nm, 1997-2000 nm

ve 1850-1870 nm aralığında ise zayıf band karakteristiğine sahip olduğu rapor edilmiştir.

1400 nm'ye yakın merkezli bir spektral özellik, kil smektit, illit ve kaolinitin karakteristiği olan hidroksil bantlarına karşılık gelir (Goetz ve ark., 2001). 550, 596 ve 685 nm civarında merkezlenmiş spektral özellikler, kil içeriğine dolaylı olarak katkıda bulunabilir, çünkü bu spektral aralıklar, kil ile ilişkili olan renk bilgisine karşılık gelmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Topraklarda toprak rengi, kil birikimi, kireç jips birikimi, kum, silt, kil oranları, sınıfları ve ani tekstür değişimi, organik madde dağılımında önemli değişiklikler gözlenmiştir. Toprak profilleri Inceptisol ve Vertisol olmak üzere iki ordoda sınıflandırılmıştır. Farklı ana materyaller üzerinde önemli toprak değişkenliklerine sahip toprakların; az sayıdaki toprak sınıflandırma kategorilerinde yer alması toprak taksonomisinin adli bilimlerin ihtiyaç duyduğu yeterli ayrım gücüne sahip olmadığını göstermektedir. Bu nedenle toprakların adli kullanımlar için; farklı analiz ve değerlendirme yöntem ve yaklaşımlarına gereksinim bulunmaktadır.

Rutin toprak analiz sonuçlarına göre farklı ana materyal üzerinde meydana gelmiş toprakları ayırt etmede en önemli olan toprak parametreleri Kireç muhtevası, değişebilir Ca ve Kil içeriği olarak bulunmuştur, XRF-PCA analizi sonuçlarına göre ise SiO_2, CaO, Fe_2O_3 ve TiO_2 önemli bulunmuştur. SiO_2 topraklardaki bünyeyi yansıttığından her iki teknik arasında ki sonuçların uyum içerisinde olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla öncelikle toprak tekstürü ayırımda önemli olduğu daha sonra kireç muhtevaları toprakları ayırt etmede önemli gözükmektedir. Bu parametreler toprağın rengiyle alakalıdır. ICP sonuçlarına göre ise CaO, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 önemli bulunmuştur. Toprak örnekleri arasında ki en iyi ayrım ise XRF–PCA metodu ile elde edilmiştir.

Farklı ana materyallerden horizon esasına göre alınan toprak örnekleri laboratuar gözlemleri ve spektral yansıma karakteristikleri yönünden önemli bir farklılık göstermiştir. Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprak grupları arasında ki en büyük ayırt edicilik toprakların yansımalarındaki farklı dalga boylarında (550, 1350, 1600 nm, 2200 nm, 2350 nm) spesifik karakteristik özelliklere sahip olan $CaCO_3$ ve kil-mineral içerikleri yönünden olmuştur. Topraklara ait ham spektral verileri kullanan PCA tekniği toprak örneklerini üzerinde bulundukları ana materyallere göre ayırt etmede başarılı bulunmuştur. Ham spektral veriler ve ham yansımaların birincil türevi alındığında özellikle 2350 nm dalga boyunda baskın adsorpsiyon özelliğine sahip olan

$CaCO_3$ muhtevası farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların ayırt edilmesinde ön plana çıkmıştır.

VNIRS - PLSR tekniği toprak özelliklerinin tahminlerinde orta seviyede başarılı bulunmuştur. PLSR metodu genel olarak yansıma ile toprak özellikleri arasındaki sadece doğrusal ilişkileri modellediğinden, VNIRS tekniği kullanılarak elde edilen yansımaları kullanarak yapılacak tahminlerin başarıları doğrusal olmayan ilişkileri modelleyen istatistiksel teknikler kullanılarak arttırılabilir.

Toprakların işlenip işlenmeme durumları bakımında ayırt edilebilirliğinde ICP analiz sonuçlarına göre PCA analizinde olduğu gibi ANOVA Tukey analizi ile de ayrım yapmak mümkün olmamıştır. Fakat XRF analiz sonuçları farklı toprak işlemeleri arasında ayrım gücüne sahip olmuştur. XRF analizlerinde Tukey çoklu karşılaştırma testine göre MgO açısından T1 (işlenen araziler) en yüksek T2 (işlenmeyen araziler) en düşük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Diğer değişkenler için toprak işleme açısından bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$).

Farklı enstürmental ve spektroradyometrik tekniklerde yapılan analiz sonuçlarına göre toprakları birbirinden ayırt etme gücüne sahip olan toprak parametreleri arasında özellikle kireç ve toprak tekstürü ortak bulunmuştur. Bu nedenle farklı teknikler arasında uyum görülmüştür. Bu yöntemler arasında uyum olduğundan yöntemler bakımından adli kullanımda toprak örnekleri üzerinde daha az deformasyona neden olan spektroradyometre ve XRF metotları ön plana çıkmaktadır. Ayrıca kullanılan metotların erişilebilirliği göz önüne alındığında ise ICP ve rutin toprak analiz yöntemleri daha ön plana çıkabilir.

KAYNAKLAR

AARDAHL, K. (003. Evidental Value of Glitter Particle Trace Evidence, Master Thesis, National University, San Diego.

ATASOY, A.2018. Uşak ilinin fluvisol toprakları. *The Journal of Academic Social Sciences* 71 (71): 48–74.Asos Journal. 2018.

AWİTİ, A.O., WALSH, M.G., SHEPHERD, K.D., ve 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.

AYDEMIR, S., 2001. Palygorskite-influenced vertisols and vertic like soils in the Harran Plain in the southeastern Turkey. PhD. Thesis, Texas A&M University, Soil and Crop Sciences Department, College Station, TX 77843, USA.

B.G. RAWLİNS and M. CAVE, 2004. Investigating multi-element soil geochemical signatures and their potential for use in forensic studies, in Forensic Geoscience: Principles, Techniques and Applications, K. Pye and D.J. Croft, Editors. 2004, Geological Society Special Publications: London.

BADÍA, D., MARTÍ, C., CASANOVA, J., GILLOT, T., CUCHÍ, J.A., PALACIO, J., ANDRÉS, R., 2015. 939 A Quaternary soil chronosequence study on the terraces of the Alcanadre River 940 (semiarid Ebro Basin, NE Spain). Geoderma 241-242, 158–167.

BADÍA, DAVID, CLARA MARTÍ, JOSÉ CASANOVA, THOMAS GILLOT, JOSÉ ANTONIO CUCHÍ, JORGE PALACIO, AND RAÚL ANDRÉS. 2015. "A Quaternary Soil Chronosequence Study on the Terraces of the Alcanadre River (Semiarid Ebro Basin, NE Spain)." *Geoderma* 241–242 (March): 158–67.

BARANOWSKI, R, A RYBAK, AND I BARANOWSKA. 2002. "Speciation Analysis of Elements in Soil Samples by XRF." *Polish Journal of Environmental Studies* 11 (5): 473–82.

BARANOWSKI, R., A. RYBAK, and BARANOWSKA, I., (2002). "Speciation Analysis of Elements in Soil Samples by XRF." Polish Journal of Environmental Studies 11.5. 473-82.

BARON, M., GONZALEZ-RODRIGUEZ, J., CROXTON, R., GONZALEZ, R., JIMENEZ-PEREZ, R., 2011. Chemometric study on the forensic discrimination of soil types using their infrared spectral characteristics. Appl. Spectrosc. 65 (10), 1151–1161.

BARON, M., RODRIGUEZ, J.G., CROXTON, R., GONZALEZ, R., JIMENEZ, R. 2011.Chemometric study on the forensic discrimination of soil types using their infrared spectral characteristics. J. Appl. Spectrosc., 65 (2011), pp. 1151-1160

BARON, MARK, JOSE GONZALEZ-RODRIGUEZ, RUTH CROXTON, RAFAEL GONZALEZ, AND REBECA JIMENEZ-PEREZ. 2011. "Chemometric Study on the Forensic Discrimination of Soil Types Using Their Infrared Spectral Characteristics." *Applied Spectroscopy* 65 (10): 1151–61.

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

BEAUDETTE, D.E., AND A.T. O'GEEN. 2016. "Topographic and Geologic Controls on Soil Variability in California's Sierra Nevada Foothill Region." *Soil Science Society of America Journal* 80 (2): 341–54.

BEAUDETTE, D.E., O'GEEN, A.T., 2016. Topographic and geologic controls on soil variability in California's Sierra Nevada foothill region. Soil Sci. Soc. Am. J. 80, 341–354.

BELLINASO, H. DEMATTÊ, J.A.M. and ROMEIRO, S.A. 2010. Soil spectral library and its use in soil classification (in Portuguese). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34, 861–870.

BEN-DOR, E., and A. BANIN. 1995. Near-Infrared Analysis as a Rapid Method to Simultaneously Evaluate Several Soil Properties. Soil Science Society of America Journal 59:364-372.

BERNAS, B. 1968. New method for decomposition and comprehensive analysis of silicates by atomic absorption spectrometry. Analytical Chemistry. 40(11), pp. 1682 - 1686.

BİLGİLİ, A.V., ÇULLU, M.A., ES H.V., AYDEMİR, A., ve AYDEMİR, S., 2011. The use of hyperspectral visible and near ınfrared reflectance spectroscopy for the characterization of salt-affected soils in the harran plain, turkey. Arid Land Research and Management, 25: 19–37.

BOWERS, S.A., ve HANKS, R.J., 1965. Reflection of radiant energy from soils. Soil Science, 100: 130-138.

BRİAN, N., DANİEL, 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, Forth Worth, Texas.

BÜCHELE, D., CHAO, M., OSTERMANN, M. *et al.* 2019. Multivariate chemometrics as a key tool for prediction of K and Fe in a diverse German agricultural soil-set using EDXRF. *Sci Rep* **9,** 17588 (2019).

BÜCHELE, DOMINIQUE, MADLEN CHAO, MARKUS OSTERMANN, MATTHIAS LEENEN, and ILKO BALD. 2019. "Multivariate Chemometrics as a Key Tool for Prediction of K and Fe in a Diverse German Agricultural Soil-Set Using EDXRF." *Scientific Reports 2019 9:1* 9 (1): 1–11.

BULL, P.A., MORGAN, R. M. and FREUDİGER-BONZON, J. 2008. A critique of the present use of some geochemical techniques in geoforensic analysis. Forensic Science International. 178, pp. e35 – e40.

ÇAKIR., 1997. Istranca (Yıldız) Dağı Güneyinde Yer Alan Vertisol Ordusu Topraklarının Toprak Taksonomisine Göre Belirlenmesi ve Toprak-Su Mühendisliği Yönünden İrdelenmesi. Selçük Üniversitesi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Entitüsü, Tekirdağ.

CARITAT, P. , SIMPSON, T., WOODS, B. 2020. Predictive soil provenancing (PSP): an innovative forensic soil provenance analysis tool J. Forensic Sci. (2019).

ÇELİK, M.F. 2019. Adli soruşturmalarda Adli Jeolojik Delillerin İncelenmesi, Değerlendirilmesi ve Örnek Olaylar. Yüksek Lisans Tezi. Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

CHABRILLAT, S., GOETZ, A.F.H., KROSLEY, L., OLSEN, H.W., 2002. Use of hyperspectral images in the identification and mapping of expansive clay soils and the role of spatial resolution. Remote Sensing of Environment 82, 431–445.

CHANG, C.W., LAİRD, D. A., MAUSBACH, M.J., HURBURGH, C.R., 2001. Near-infrared reflectance spectroscopy–principal components regression analyses of soil properties. Soil Science Society of America Journal, 65: 480–490.

CHANG, C.W., LAİRD, D., and HURBURGH, C.R., 2005. Influence of soil moisture on near- infrared reflectance spectroscopic measurement of soil properties. Soil Science, 170 (4): 244- 255.

CHESHIRE K. MORGAN, R.M. and J. HOLMES (2016) The potential for geochemical discrimination of single- and mixed-source soil samples from close proximity urban parkland locations, Australian Journal of Forensic Sciences, 49:2, 161-174.

CIERNIEWSKI, J. and KUŚNIEREK, K. 2010. "Influence of several size properties on soil surface reflectance" Quaestiones Geographicae, vol.29, no.1, pp.13-25.

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.), 3: 3–52, New York.

COHEN, M.J., SHEPHERD, K.D., and WALSH, M.G., 2005. Empirical reformulation of the universal soil loss equation for erosion risk assessment in a tropical watershed, Geoderma, 124: 235-252.

CROFT, D.J. and PYE, K. 2004. Multi-technique comparison of source and primary transfer soil samples: an experimental investigation. Science & Justice. 44(1), pp. 21 - 28.

DANİEL, K.W., TRİPATHİ, N.K., and 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.

DAWSON L.A. and HİLLİER, S. 2010., Measurement of soil characteristics for forensic applications. Surface and Interface Analysis, 42: p. 363-377..

DE CARİTAT, P., SİMPSON, T. and WOODS, B. 2019, Predictive Soil Provenancing (PSP): An Innovative Forensic Soil Provenance Analysis Tool. J Forensic Sci, 64: 1359-1369.

DE CARITAT, P., WOODS, B., SIMPSON, T., NICHOLS, C., HOOGENBOOM, L., ILHEO, A., ABERLE, M. G., HOOGEWERFF, J., 2021. Forensic soil provenancing in an urban/suburban setting: a sequential multivariate approach. J. Forensic Sci. 66 (5), 1679–1696.

DIJAIR, T.S.B.,SILVA, F.M., TEIXEIRA, A.F.S., SILVA, S.H.G., GUILHERME, L.R.G., CURI, N. 2020. Correcting field determination of elemental contents in soils via portable X-ray fluorescence spectrometry. Ciênc E Agrotecnol., 44 (2020), Article e002420.

DINÇ, U., ŞENOL, S., SAYIN, M., KAPUR, S., GÜZEL, N., DERICI, R., YEŞILSOY, M.Ş., YEĞINGIL, İ., SARI, M., KAYA, Z., AYDIN, M., KETTAŞ, F., BERKMAN, A., ÇOLAK, A.K., YILMAZ, K., TUNÇGÖĞÜS, B., ÖZBEK, H., GÜLÜT, K.Y., KARAMAN, C., ÖZTÜRK, N., KARA, E.E. 1988. Harran Ovası Toprakları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. TÜBİTAK-TOAG 534 Nolu Proje, Adana

EİSELE, A., CHABRİLLAT, S., HECKER, C., HEWSON, R., LAU, I.C., ROGASS, C., SEGL, K., CUDAHY, T.C., UDELHOVEN, T., HOSTERT, P., KAUFMANN,P. 2015. Advantages using the thermal infrared (TIR) to detect and quantify semi-arid soil properties, Remote Sensing of Environment, 163, 296-311.

ERGIN, C. 2008. Uzunköprü ilçe sınırlarındaki çeltik arazilerinin toprak özellikleri ve sınıflandırılmaları. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

EVANS, E.H. AND GİGLİO, J.J. 1993 Interferences in inductively coupled plasma mass spectrometry. A review. Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 8(1), pp. 1 - 18.

EVETT, I.W. 1993. Establishing the evidentaial value of a small quantity of material found at a crime scene. F.Forensic Sci. Soc., 33, 83-36.

FARİFTEH, J., F. V. MEER, C. ATZBERGER, and E. J. M. CARRANZA. 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.

FARİFTEH, J., VAN DER MEER, F., ATZBERGER, C., and 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.

FEATHER, C.E. and WİLLİS, J.P. 1976 A simple method for background and matrix correction of spectral peaks in trace element determination by X-ray fluorescence spectrometry. X-ray Spectrometry. 5(1), pp. 41 - 48.

FİTZPATRİCK, R.W. 2009. Soil Forensic Analysis. In Wiley Enyclopedia of Forensic Science (Editors In Chief: A Jamieson and A Moenssens). John Wiley and Sons. Ltd. UK. pp.2377-2388.

FITZPATRICK, R.W. 2009. Soil: Forensic Analysis, in Wiley Encyclopaedia of Forensic Science, A. Jamieson and A. Moenssens, Editors. John Wiley & Sons: Chichester. p. 2377-2388.

FİTZPATRİCK, R.W., and RAVEN, M.D. 2012. How pedology and mineraology helped solve a double murder case: Using forensic to inspire future generations of soil scientists. Soil Horizons.

FİTZPATRİCK, R.W., and RAVEN, M.D., 2012, How pedology and mineralogy helped solve a double murder case: Using forensics to inspire future generations of soil scientists: Soil Horizons, v. 53, no. 5, pp. 14–29.

GAFFEY, S.J., 1986. Spectral reflectance of carbonate minerals in the visible and near infrared (0.35–2.55 μm): Calcite, aragonite and dolomite. American Mineralogist 71, 151–162.

GOETZ, A.F.H., CHABRILLAT, S., LU, Z., 2001. Field reflectance spectrometry for detection of swelling clays at construction sites. Field Analytical Chemistry and Technology 5 (3), 143–155.

GÜNDOĞAN, R. 1993. Çeşitli Arazi Değerlendirme Yöntemlerinin Arazi Toplulaştırma Çalışmalarında Kullanılma Olanakları. Çukurova Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.

JENNY, H. 1941. Factors of soil formation., New York: McGraw-Hill.

HEIDARI, A., OSAT, M., KONYUSHKOVA, M.V. 2022. Geochemical indices as efficient tools for assessing the soil weathering status in relation to soil taxonomic classes. Catena, 208, 105716.

HEIDARI, A., and RAHEB, A. 2020. Geochemical indices of soil development on basalt rocks in arid to sub-humid climosequence of Central Iran. J.Mt.Sci, 17 (7), 1652-1669.

HENDERSON, T., BAUMGARDNER, M., FRANZMEİER, D., STOTT, D., and COSTER, D., 1992, High dimensional reflectance analysis of soil organic matter. Soil Science Society of America Journal, 56: 865–872.

HIRAOKA, Y., 2004. "A Possible Approach to Soil Discrimination Using X-ray Fluorescence Analysis." Journal of Forensic Sciences 39 (1994): 1381-1392.

HORROCKS, MARK ET AL. 1999 "Forensic Palynology: Variation in the Pollen Content of Soil on Shoes and in Shoeprints in Soil." Journal of Forensic Sciences 44 (1999): 119-122.

HOWARI, F. M., P. C. GOODELL, and MIYAMOTO, S. 2002. Spectral properties of salt crusts formed on saline soils. J. Environ. Qual 31:1453–1461.

HUNT, G.R., SALISBURY, J.W., 1970. Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks, I. Silicate minerals. Modern Geology 1, 283–300.

HUNT, G.R., SALISBURY, J.W., 1971. Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks, II. Carbonates. Modern Geology 2, 23–30.

JENNY, H. 1941 Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology. Dover Publications, New York, 281 p.

KAMRUNNAHAR, I., SİNGH, B., and MCBRATNEY, A., 2003. Simultaneous estimation of several soil properties by ultra-violet, visible, and near-infrared reflectance spectroscopy. Australian Journal of Soil Research, 41 (6): 1101-1114.

LANGFORD, A., DEAN, J., REED, R., HOLMES, D., WEYERS, J. and JONES, A. 2005. Practical Skills in Forensic Science. 1st ed. Essex: Pearson Prentice Hall.

LAZAAR, A., MAHYOU, H., GHOLIZADEH, A., ELHAMMOUTI, K., BILAL, M., ANDICH, K., ET AL. (2019). Potential of VIS-NIR spectroscopy to characterize and discriminate topsoils of different soil types in the Triffa plain (Morocco). Soil Science Annual, 70(1).

MARUMO Y. 2003. Forensic examination of soil evidence. Jpn J Assoc Sci TechIdent 2003;7:95–111.

MCCARTY, G.W., J.B. REEVES III, V.B. REEVES, R.F. and FOLLET, J.M. KİMBLE., 2002. Mid-infrared and near-infrared diffuse reflectance spectroscopy for soil carbon measurement. Soil Science Society of America Journal, 66: 640– 646.

MCGEE, D., WİNCKLER, G., STUUT, J.B.W. and BRADTMİLLER, L.I. 2013. The magnitude, timing and abruptness of changes in North African dust deposition over the last 20,000 yr. Earth and Planetary Science Letters. 371, pp.163-176.

MENCHACA PR, GRAHAM RC, YOUNGLOVE T. 2018. Developing and testing a soilproperty database for forensic applications in southern California. JForensic Sci 2018;63:1043–52.

MİLOŠ, B. ,nand BENSA A. 2018. Prediction of organic carbon and calcium carbonates in agricultural soils with Vis-NIR spectroscopy. Poljoprivreda ;24:45–51. doi:10.18047/poljo.24.1.6.

MORGAN, R.M., WİLTSHİRE, P., PARKER, A. and BULL, P.A. 2006 The role of forensic geoscience in wildlife crime detection. Forensic Science International. 162(1), pp. 152 - 162.

MOUAZEN, A.M., KAROUİ, R., BAERDEMAEKER, J. DE, 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., KUANG, B., BAERDEMAEKER, J., DE, 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.

MUCCIO, Z. and JACKSON G. P. 2009. Isotope ratio mass spectrometry. Analyst134:213–222

MURRAY, R. C. 2011 Evidence from the Earth: Forensic Geology and Criminal Investigation. Mountain Press Publishing: Montana.

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.

NELSON, D.W., ve SOMMERS, L.E., 1996. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter.in D.L. Sparks (Ed) Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series Number 5, SSSA., Madison,WI, s. 961 1011.

O'ROURKE, S.M., U.L. STOCKMANN, N.M. HOLDEN, A.B. MCBRATNEY and B. MINASNY, 2016. An assessment of model averaging to improve predictive power of portable vis-NIR and XRF for the determination of agronomic soil properties. Geoderma, 279: 31-44.

OFEM KI, ASADU CLA, EZEAKU PI, KINGSLEY J, EYONG MO, KATERINA V, VÁCLAV T, KAREL N, ONDREJ D, VÍT P (2020) Genesis and classification of soils over limestone formations in a Tropical Humid Region. Asian J Sci Res 13:228–243

ONIONS, KATRINA LEIGH (2009) Characterisation of soils with the use of instrumental techniques: a multivariate forensic study. Masters by Research thesis, Queensland University of Technology. electron microscopy and energy-dispersive X-ray analysis: an experimental investigation

ORMANCI, İ. F. 2007. Taban arazi üzerindeki değişik toprak profillerinin oluşumu, sınıflandırılması ve özellikleri. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

PASQUİNİ, C., 2003. Near infrared spectroscopy: Fundamentals, practical aspects and analytical applications. J. Braz. Chem. Soc. 14 (2): 198-219.

PİCK, D., LEİTERER, M. and EİNAX, J.W. 2010. Reduction of polyatomic interferences in biological material using dynamic reaction cell ICP-MS. Microchemical Journal. 95(2), pp. 315 - 319.

PİRİE, A., BALWANT, S., and KAMRUNNAHAR, I. 2005. Ultra-violet, visible, near infrared and mid-infrared diffuse reflectance spectroscopic techniques to predict several soil properties. Aust. J.Soil Res, 43, 713-721.

PİRRİE, D., ROLLİNSON, G.K., ANDERSEN, J.C., WOOTTON, D. and MOORHEAD, S. 2014. Soil forensics as a tool to test reported artefact find sites. Journal of Archaeological Science. 41, pp. 461 - 473.

PRİCHARD, E. and BARWİCK, V. 2007. Quality Assurance in Analytical Chemistry. West Sussex: John Wiley and Sons.

PYE K, and CROFT DJ. 2004. Forensic Geoscience: Principles, Techniques and Applications. London: Geological Society

PYE K, CROFT D. 2007. Forensic analysis of soil and sediment traces by scanning. Forensic Sci Int. 2007 Jan 5;165(1):52-63.

PYE K. and CROFT, D.J. 2007. Forensic analysis of soil and sediment traces by SEM-EDX analysis: An experimental investigation. Forensic Science International. 165, pp. 52 – 63.

PYE, K. and CROFT, D.öJ. 2004. Forensic geoscience: introduction and overview, Geological Society, London, Special Publications 232, 1 – 5.

PYE, K., BLOTT S.J. and WRAY, D.S. 2006b. Elemental analysis of soil samples for forensic purposes by ICP – precision considerations. Forensic Science International. 160, pp. 178 - 192.

PYE, K., BLOTT, S.J., CROFT, D.J. and CARTER, J.F. 2006a. Forensic comparison of soil samples: Assessment of small-scale spatial variability in elemental composition, carbon and nitrogen isotope ratios, colour, and particle size distribution. Forensic Science International. 163(1), pp. 59 - 80.

RAVEN MARK, W. and SELF PETER G. 2011. Forensic Examination of Small Red Brick Fragments by Laboratory Source and Synchrotron XRD Techniques. Abstract – Poster paper. Australian X-ray Analytical Association 2011 Workshops, Conference, and Exhibition (AXAA 2011), 6 -11 February, 2011, Sydney, Australia, Star City. Proceedings (Program and Abstract Book). Abstract No PP036.

RAWLINS, B. G., CAVE, M. 2004. "Investigating multi-element soil geochemical signatures and their potential for use in forensic studies", Forensic Geoscience: Principles, Techniques and Applications, K. Pye, D. J. Croft.

REİDY, L., BU, K., GODFREY, M. and CİZDZİEL, J.V. 2013. Elemental fingerprinting of soils using ICP-MS and multivariate statistics: A study for and by forensic chemistry majors. Forensic Science International. 233(1), pp. 37 - 44.

RUXTON, B.P. 1968. Measure of the degree of chemical weathering of rocks. J.Geol, 76, 518-527.

SAALTINK, R., GRIFFIOEN, J., MOL and G. ET AL. 2014. Geogenic and agricultural controls on the geochemical composition of European agricultural soils. J Soils Sediments 14, 121–137.

ŞEKER, H. 2017.Toprak etütlerinde spektroradyometre tekniklerinin kullanım potansiyelinin araştırılması. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ŞENOL, H., and AKGÜL, M., 2012. Yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi (NIRS) ile bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 18: 197−213.

SHEPHERD, K.D., and WALSH, M.G., 2002. Development of reflectance spectral libraries for characterization of soil properties. Soil Science Society of America Journal, 66: 988-998.

SHEPHERD, K.D., AND WALSH, M.G., 2002. Development of Reflectance Spectral Libraries for 467 Characterization of Soil Properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 66, 988–998.

SİMONSON, R.W. 1959. Modern Concepts Of Soil Genesis—A Symposium Outline Of A Generalized Theory Of Soil Genesis. Soil Science Society Phoceedings.

SOIL SURVEY DIVISION STAFF 1993. Soil Survey Manual. Soil Conservation Service. US Department of Agriculture Handbook 18.

SOIL SURVEY STAFF, 1998. "Keys to Soil Taxonomy," 8th Edition, USDA, NRCS.

SONG, H., and ANNİA, Y.H., 2005. A new approach to detect soil nutrient content based on nır spectroscopy technique. Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference Shanghai, China.

STENBERG, B., JONSSON, A. and BÖRJESSON, T. 2002. Near infrared technology for soilanalysis with implications for precision agriculture. In: Near Infrared Spectroscopy:Proceedings of the 10th International Conference, Kyongju S. Korea, edited by A.Davies and R. Cho. NIR Publications, Chichester, UK, pp 279-284.

STENBERGA, B., ROSSEL, R. A. V., MOUAZEN, A. M., and WETTERLİND, J., 2010. Visible and near infrared spectroscopy in soil science Advances in Agronomy. 107: 163–215, Academic, Burlington.

STOCKMAN, U., CATTLE, S.R., MİNASNY, B., ANDF MCBRATNEY, A.B. 2016. Utilizing portable X-ray fluorescence spectrometry for in-field investigation of pedogenesis. Catena, 139, 220-231.

TAŞOVA, H., DURAK, A. 1997. Kazova Tarım İşletmesi Arazisinin Toprak Etüdü, Haritalanması Ve Sınıflandırılması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 1997,1.

TAVARES, T.R., NUNES, L.C., ALVES, E.E.N., DE ALMEIDA, E., MALDANER, L.F., KRUG, F.J., DE CARVALHO, H.W.P., MOLIN, J.P. 2019. Simplifying sample preparation for soil fertility analysis by x-ray fluorescence spectrometry, Sensors 19 (2019) (Switzerland), Thornton JI, Crim D, McLaren AD. Enzymatic Characterization of Soil Evidence. Journal of Forensic Sciences 1975; 20(4): 674-692.

THEOCHAROPOULOS, S.P., MİTSİOS, I.K. and Arvanitoyannis, I. 2004 Traceabilty of environmental soil measurements. Trends in Analytical Chemistry. 23(3), pp. 237 - 251.

TİNG, H., JİNG, W., ZONGJİAN, L., and YE, C. 2009. Spectral Features of Soil Organic Matter. Geo-spatial Information Science, 12 (1), 33-40.

TODOLÍ, J.L., GRAS, L., HERNANDİS, V. and MORA, J. 2002. Elemental matrix effects in ICPAES. Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 17(2), pp. 142 - 169.

TÜRKMEN, F. 2011. Ordu İli topraklarının jeokimyasal özellikleri, Genesisi ve sınıflandırılması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.

UITDEHAAG, S., WIARDA, W., DONDERS, T., AND KUIPER, I. 2016. Forensic comparison of soil samples using nondestructive elemental analysis. Journal of Forensic Sciences 62(4):861–868.

UITDEHAAG, S., WIARDA, W., DONDERS, T., AND KUIPER, I. 2017. Forensic comparison of soil samples using nondestructive elemental analysis. Journal of Forensic Sciences 62(4):861–868.

UITDEHAAG, S., WIARDA, W., DONDERS, T., AND KUIPER, I. 2017. Forensic comparison of soil samples using nondestructive elemental analysis. Journal of Forensic Sciences 62(4):861–868.

ÜNAL, Ö., 2013. Konya ili, Seydişehir İlçesi, Gökhüyük, Gölyüzü Ve Susuz Köyleri Topraklarının Detaylı Toprak Etütleri Ve Farklı Yöntemlerle Arazi Değerlendirmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Konya.

ÜNAL, Y., 2005. Near infrared reflektans spektroskopinin hayvan besleme bilim alanında kullanım imkanları (Derleme). Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg., 45 (1): 33-39.

VİSCARRA ROSSEL, R.A., WALVOORT D.J.J., MCBRATNEY, A.B., JANİK, L.J., and SKJEMSTAD, J.O., 2006. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. Geoderma, 131 (1–2): 59-75.

WATSON, J.G., CHOW, J.C. and FRAZİER, C.A. 1999. X-ray fluorescence analysis of ambient air samples. Elemental Analysis of Airborne Particles. 1, pp. 67 - 96.

WETTERLİND, JOHANNA, STENBERG, BO and SÖDERSTRÖM, M. 2008. The useof near infrared (NIR) spectroscopy to improve soil mapping at the farmscale. Precision agriculture. Volume: 9, Number: 1-2, pp. 57-69)

YANG, Y., TONG, X.and ZHANG, Y. 2020. Spatial Variability of Soil Properties and Portable X-Ray Fluorescence-quantified Elements of typical Golf Courses Soils. Sci Rep 10,

YENER, İ., ve GÜVENDİ, E., 2010. Dünya'da ve Türkiye'de Kullanılan Toprak Sınıflandırma Sistemlerine Genel Bir Bakış. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 3:988, 20-22 Mayıs, Artvin.

YORULMAZ, A. 2014. Denizli ili Hanbat ovası detaylı temel toprak etüdü, arazi değerlendirmesi ve toprak özelliklerinin spektroradyometrik ölçüm teknikleriyle belirlenebilirliği adnan menderes üniversitesi Fen bilimler enstitüsü doktora tezi 351s.

YU, Z., ROBİNSON, P. and MCGOLDRİCK, P. 2001. An Evaluation of Methods for the Chemical Decomposition of Geological Materials for Trace Element Determination using ICP-MS. Journal of Geostandards and Geoanalysis. 25, pp. 199 – 217.

ZHU, Y., WEINDORF, D.C., ZHANG, W., 2011. Characterizing soils using a portable X-ray fluorescence spectrometer: 1. Soil texture. Geoderma, 167-168: 167-177.

EKLER

Ek 1. Çamur akıntıları anamateryali topraklarına ait XRF ve ICP yöntemleri ile elde edilmiş toplam oksit oranları

	NUMARA	Horizon	DERİNLİK	Al_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	Cr_2O_3 (%)	MnO (%)	Fe_2O_3 (%)
	Çamur Akıntıları 1. Profil										
XRF	API-1	Ap	0-30	8,47	24,72	2,93	0,14	1,28	0,03	0,13	5,35
	I/1	Ap	0-30	6,07	8,66	1,50	0,00	0,35	0,01	0,06	3,00
	I/1	Bw	30-72	5,48	16,73	1,35	0,01	0,23	0,01	0,05	2,63
ICP	**I/1**	BC_1	72-128	6,04	16,18	0,88	0,00	0,14	0,00	0,05	2,92
	I/1	BC_2	128-172	7,18	16,46	1,11	0,00	0,18	0,01	0,07	3,48
	I/1	BC_3	172	4,79	14,21	1,07	0,01	0,18	0,01	0,05	2,86
	Çamur Akıntıları 2. Profil										
XRF	API-2	Ap	0-18	6,66	24,25	2,91	0,11	0,78	0,03	0,08	4,38
	I/2	Ap	0-18	5,18	17,74	0,96	0,00	0,09	0,00	0,06	3,09
	I/2	Bw	18-27	5,77	17,12	0,95	0,00	0,09	0,00	0,06	3,18
	I/2	BC_1	27-58	8,10	19,49	1,00	0,00	0,06	0,00	0,08	4,02
ICP	**I/2**	BC_2	58-88	7,04	14,20	1,01	0,00	0,06	0,00	0,07	3,84
	I/2	BC_3	88-118	5,60	16,13	1,28	0,01	0,06	0,01	0,06	3,47
	I/2	$2C_y$	118-150	4,25	12,53	1,09	0,01	0,04	0,00	0,05	2,64
	I/2	$2C_2$	150	11,82	3,63	1,04	0,01	0,03	0,00	0,12	6,32
	Çamur Akıntıları 3. Profil										
XRF	API-3	Ap	0-22	9,16	17,17	3,13	0,13	1,47	0,03	0,14	5,99
ICP	**I/3**	Ap	0-22	7,25	10,49	0,84	0,00	0,16	0,01	0,07	3,36

I/3	ASS	22-68	5,64	7,62	0,94	0,01	0,20	0,01	0,05	2,57
I/3	BC	68-100	5,57	10,24	0,54	0,00	0,11	0,00	0,05	2,80
I/3	$2BC_1$	100-132	3,70	17,32	0,67	0,00	0,16	0,00	0,03	1,80
I/3	2BC2	132-156	4,23	12,67	0,84	0,00	0,16	0,00	0,04	1,92
I/3	3C	156	12,43	23,62	0,24	0,00	0,02	0,00	0,12	6,67

Ek 2. Kireç taşı anamateryali topraklarına ait XRF ve ICP yöntemleri ile elde edilmiş toplam oksit oranları

	Kireç Taşı 1. Profil										
	NUMARA	**Horizon**	**DERİNLİK**	**Al_2O_3 (%)**	**CaO (%)**	**MgO (%)**	**P_2O_5 (%)**	**K_2O (%)**	**Cr_2O_3 (%)**	**MnO (%)**	**Fe_2O_3 (%)**
XRF	II/1	Ap	0-25	11,980	5,836	2,276	0,095	1,391	0,042	0,141	8,132
	II/1	Ap	0-25	11,840	2,976	1,123	0,014	0,237	0,011	0,092	5,071
	II/1	Bt	25-66	5,874	8,114	1,190	0,014	0,295	0,011	0,064	2,649
ICP	II/1	BC	66-87	5,028	17,500	0,835	0,009	0,170	0,006	0,040	2,541
	II/1	C_1	87-104	4,726	15,260	0,640	0,007	0,142	0,005	0,040	2,452
	II/1	C_r	104	9,199	2,649	0,603	0,006	0,127	0,005	0,090	4,071
	Kireç taşı 2. Profil										
XRF	**II/2**	Ap	0-20	13,600	4,475	2,489	0,130	1,432	0,033	0,139	7,439
	II/2	Ap	0-20	10,702	3,006	1,259	0,012	0,382	0,008	0,106	4,785
	II/2	Bw_1	20-42	8,560	2,542	1,270	0,012	0,380	0,009	0,088	3,830
ICP	**II/2**	BW_2	42-54	10,121	3,018	1,179	0,011	0,312	0,008	0,100	4,647
	II/2	B_{ss}	54-78	9,849	5,285	1,293	0,012	0,361	0,009	0,075	3,988
	II/2	BC	78-108	7,068	1,887	0,961	0,000	0,319	0,001	0,120	4,161
	II/2	BC_k	108-140	7,102	1,876	0,135	0,000	0,023	0,001	0,117	4,189
	Kireç Taşı 3. Profil										
XRF	**II/3**	Ap	0-22	12,190	7,586	2,714	0,206	1,726	0,041	0,186	7,962
ICP	**II/3**	Ap	0-22	5,380	11,059	1,378	0,011	0,360	0,010	0,057	2,662
	II/3	Bw_1	22-40	9,142	3,842	1,190	0,012	0,323	0,010	0,128	4,835

II/3	BW_2	40-60	8,984	4,872	1,103	0,012	0,308	0,009	0,116	4,509
II/3	BC_1	60-94	8,349	8,058	1,037	0,010	0,286	0,009	0,084	4,137
II/3	BC_2	94-154	9,580	9,593	0,795	0,007	0,231	0,006	0,096	4,756

Ek 2. Marn anamateryali topraklarına ait XRF ve ICP yöntemleri ile elde edilmiş toplam oksit oranları

					MARN 1. Profil						
	NUMARA	**Horizon**	**DERİNLİK**	**Al_2O_3 (%)**	**CaO (%)**	**MgO (%)**	**P_2O_5 (%)**	**K_2O (%)**	**Cr_2O_3 (%)**	**MnO (%)**	**Fe_2O_3 (%)**
XRF	**III/1**	Ap	0-18	5,430	31,840	1,605	0,186	0,874	0,025	0,082	3,502
	III/1	Ap	0-18	4,133	23,688	0,453	0,005	0,253	0,004	0,033	1,936
ICP	**III/1**	Bw_1	18-30	4,726	20,384	1,057	0,007	0,249	0,005	0,045	2,592
	III/1	BW_2	30-38	5,013	27,958	0,699	0,006	0,362	0,005	0,050	2,620
					MARN 2. Profil						
XRF	**III/2**	Ap	0-10	7,081	24,220	1,910	0,098	0,894	0,022	0,080	4,530
	III/2	Ap	0-10	6,460	13,971	0,692	0,005	0,359	0,005	0,053	2,929
ICP	**III/2**	BW_1	10--30	8,281	15,960	1,056	0,009	0,226	0,006	0,065	3,607
	III/2	BW_2	30-42	7,707	18,956	1,073	0,008	0,243	0,006	0,057	3,431
	III/2	BC	42-58	6,486	23,002	0,730	0,005	0,162	0,004	0,044	2,870
					MARN 3. Profil						
XRF	**III/3**	Ap	0-30	2,941	45,190	0,617	0,112	0,732	0,017	0,052	2,342
	III/3	Ap	0-30	1,091	28,350	0,248	0,009	0,070	0,002	0,039	1,881
ICP	**III/3**	A_2	30-50	0,932	33,096	0,208	0,005	0,035	0,002	0,042	1,277
	III/3	BW	50-74	0,819	27,790	0,206	0,005	0,041	0,002	0,037	1,097
	III/3	BC	74-118	0,806	30,030	0,180	0,005	0,043	0,001	0,040	1,198

Ek 3. Bazalt anamateryali topraklarına ait XRF ve ICP yöntemleri ile elde edilmiş toplam oksit oranları

	Numara	Horizon	Derinlik	Al_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	Cr_2O_3 (%)	MnO (%)	Fe_2O_3 (%)
Bazalt 1. Profil											
XRF	**IV/1**	A_1	0-24	10,820	3,738	2,292	0,549	0,928	0,069	0,245	15,990
ICP	**IV/1**	A_1	0-24	6,728	1,174	1,516	0,013	0,152	0,012	0,135	7,318
	IV/1	BW_1	24-46	12,671	0,607	2,078	0,023	0,149	0,016	0,119	9,667
	IV/1	BW_2	46-62	10,578	0,414	2,187	0,023	0,116	0,012	0,084	7,098
	IV/1	BC	62-110	10,079	5,965	2,295	0,015	0,060	0,011	0,064	5,818
Bazalt 2. Profil											
XRF	**IV/2**	A_1	0-13	12,672	3,795	1,808	0,141	0,891	0,032	0,152	9,976
ICP	**IV/2**	A_1	0-13	9,014	0,712	1,523	0,013	0,194	0,014	0,119	6,243
	IV/2	A_2	13-46	11,167	0,819	1,668	0,016	0,219	0,016	0,136	7,338
	IV/2	BW	46-62	11,012	0,641	1,487	0,013	0,200	0,014	0,101	6,516
	IV/2	BC	62-110	10,676	3,626	2,685	0,010	0,076	0,015	0,068	7,025
Bazalt 3. Profil											
XRF	**IV/3**	Ap	0-30	11,155	6,766	2,532	0,114	1,278	0,030	0,127	7,283
ICP	**IV/3**	Ap	0-30	7,590	2,771	1,139	0,008	0,205	0,007	0,060	3,271
	IV/3	A_{ss1}	30-62	10,612	3,781	1,394	0,011	0,264	0,009	0,082	4,385
	IV/3	Ass_2	62-94	10,268	4,063	1,400	0,011	0,261	0,009	0,083	4,353
	IV/3	Ass_3	94-122	9,550	4,812	1,338	0,010	0,231	0,009	0,075	4,090
	IV/3	BW	122-148	9,637	5,726	1,451	0,011	0,236	0,009	0,079	4,362
	IV/3	B_k	148	7,034	5,515	1,071	0,008	0,157	0,007	0,059	3,212