



**T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KARACADAĞ BAZALT KAYAÇLARININ OLUŞTURDUĞU TOPRAKLAR İLE  
OLAN MİNERALOJİK İLİŞKİSİ**

**Naci Kubilay DONİ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME**

**ŞANLIURFA  
2026**



**T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KARACADAĞ BAZALT KAYAÇLARININ OLUŞTURDUĞU TOPRAKLAR İLE  
OLAN MİNERALOJİK İLİŞKİSİ**

**Naci Kubilay DONİ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME**

**DANIŞMAN: Prof. Dr. Salih AYDEMİR**

**ŞANLIURFA  
2026**

## TEŐEKKÜR

Tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen çok kıymetli hocam Prof. Dr. Salih AYDEMİR'e ve çalışmalarımın her aşamasında desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU, Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ, Prof. Dr. Ali Rıza ÖZTÜRKMEN ve Prof. Dr. Mehmet ŐENBAYRAM'a teőekkürlerimi bir borç bilirim. Tüm yaşamım boyunca, maddi manevi olarak her zaman yanımda olan canım aileme teőekkür eder, biricik kızım Badesu'ya sevgilerimi sunarım.

**ONAY**

## İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER .....	3
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
KISALTMALAR .....	viii
SİMGELER.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Çalışma alanı “Karacadağ” ın özellikleri ve çalışmanın önemi .....	1
1.2. Çalışmanın özgün değeri .....	3
1.3. Araştırma sorusu .....	4
1.4. Araştırmanın amacı .....	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
3. GEREÇ ve YÖNTEM .....	11
3.1. Çalışma Alanı .....	11
3.2. Örneklerin Toplanması ve Hazırlanması .....	14
3.3. Toprağın Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	19
3.4. X-ışını Floresans (XRF) Spektroskopisi Analizleri .....	22
3.5. X-ışını Difraksiyonu/Kırınımı (XRD) Analizi .....	24
3.6. İstatistiksel Analiz .....	26
4. BULGULAR .....	27
4.1. Çalışma Alanı .....	27
4.2. Örneklerin Toplanması ve Hazırlanması .....	27
4.3. Toprağın Temel Fiziksel ve Kimyasal Analizleri .....	28
4.4. X-ışını Floresans (XRF) Spektroskopisi Analizleri.....	36
4.5. X-ışını Difraksiyonu/Kırınımı (XRD) Analizleri.....	41
5. TARTIŞMA.....	73
6. SONUÇLAR .....	85
7. ÖNERİLER .....	86
KAYNAKLAR.....	87
ÖZ GEÇMİŞ .....	94

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### KARACADAĞ BAZALT KAYAÇLARININ OLUŞTURDUĞU TOPRAKLAR İLE OLAN MİNERALojİK İLİŞKİSİ

Naci Kubilay DONİ

#### HARRAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Salih AYDEMİR

Yıl: 2026, Sayfa: 94

Karacadağ volkanik bazaltları ile bazaltların oluşturduğu toprakların mineralojik özelliklerinin bilinmesi literatürdeki bilgi eksikliği bakımından önem arz etmektedir. Bu kapsamda, çalışmanın amacını, Karacadağ bazalt kayaçlarının oluşturduğu topraklar ile olan mineralojik ilişkisinin ve toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, 3 farklı yükseltiden alınan (1838 m, 1241 m ve 850 m) kayaç ve toprak (0-30, 30-60 cm derinliklerden) örneklerinin incelenmesi oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, kayaçlarda ve topraklarda, X-ışını kırınımı (difraksiyonu) (XRD) ile mineral ve X-ışını floresan (XRF) spektroskopisi ile element analizleri yapılmıştır. Bunlara ek olarak, farklı derinliklerden alınan toprak örneklerinin temel fiziksel, kimyasal analizleri (pH, toprak tekstürü, kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), elektriksel iletkenlik (EC), organik madde (OM), alınabilir potasyum ve fosfor ve su doymunluğu) yapılmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi, IBM SPSS Statistics (v.21, IBM Corp., Armonk, NY, USA) paket programı aracılığıyla yapılmıştır.

Çalışma alanından alınan 18 toprak örneğinin fiziksel ve kimyasal analiz sonucu ortalama değerleri pH, EC, kalsit içeriği, OM, su doymunluğu, kum, kil, silt ortalama değerleri sırasıyla; 6.99(1:2.5w/w), 0.72dS/m, %2.53, %1.96, %63.33, %55.2, %33.66, %11.13 bulunmuştur. Alınabilir fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) ve alınabilir potasyum ( $\text{K}_2\text{O}$ ) değerleri ise sırasıyla, 5.53kg/da, 87.95kg/da olarak belirlenmiştir.

Yükselti ile çalışma toprak örnekleri pH, EC, kalsit,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , toprak kil ve kum seviyeleri arasında ileri düzeyde anlamlı bir ilişki saptanmıştır ( $p<0.001$ ). Yükselti ile OM, su doymunluğu seviyeleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı ilişki saptanırken ( $p<0.001$ ) silt ve  $\text{K}_2\text{O}$  ile anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Yükselti ile toprak bünye tipleri arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur( $p<0.001$ ). XRD ile tespit edilen mineraller bünye sınıfına göre incelendiğinde, istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Kumlu killi tın tekstürdeki toprakların %58'inde kalsit, %67'sinde illit, %100'üde piroksen saptanmıştır. Alınabilir fosfor ile montmorillonit, amfibol, illit smektit, mika illit mineralleri arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Çalışmada, alınabilir fosfor,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  olmak üzere her iki oksitle pozitif korelasyon ve istatistiksel olarak anlamlı ilişki göstermektedir ( $p<0.05$ ).

Çalışma alanından alınan tüm toprak örneklerinin su doymunluğu ortalaması  $63.33\pm 5.42$  bulunurken, en yüksek su doymunluğu 1241 metrede ( $67.0\pm 3.34$ , en düşük ise 1838 metrede ( $58.8\pm 4.53$ ) gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, alınan toprak örnekleri pH, EC, kalsit,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , toprak kil ve kum seviyeleri ile yükselti arasında ileri düzeyde anlamlı ilişki olduğu gözlenmiştir ( $p<0.001$ ).

XRF analiz sonuçlarına göre toprak ve kayaçlardaki en yüksek ortalamaya sahip element %45  $\text{SiO}_2$ , %17  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , %14  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , %7 CaO ve sırasıyla diğer elementlerin, %4 MgO, %2  $\text{TiO}_2$ , %1.5  $\text{Na}_2\text{O}$ , %1.2  $\text{K}_2\text{O}$ , %0.5  $\text{P}_2\text{O}_5$ , %0.2 MnO olduğu belirlenmiştir. Toprak örneklerinde,  $\text{K}_2\text{O}$  ve MnO değerlerinin kayaç

örneklerine göre daha yüksek olduğu (yüksek Mean Rank değerleri), buna karşın, kayaç örneklerinde CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> içeriklerinin toprak örneklerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kayaçta Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, toprakta ise SiO<sub>2</sub> bir miktar daha baskın gözlenmiştir. Bu çalışmada, XRD ile standart kalitatif mineral analizi sonucu kayaçlarda tespit edilen minerallerden en baskını plajiyoklas olup, yüksek oranda sırasıyla, piroksen, manyetit, olivin, hematit, kalsit, mika-illit karışımı; düşük oranda alkali feldispat, götit; çok düşük düzeyde kuvars, klorit ve ilmenit bulunmuştur. Toprak örneklerinin kalitatif XRD ile mineralojik karakterizasyonu sonucunda, Kuvars ve plajiyoklas, örneklerin %100'ünde tespit edilerek en yaygın primer mineraller olarak belirlenmiştir. Diğer ana bileşenler arasında hematit (%94'ünde), piroksen (%83'ünde), serpantin (%83'ünde) ve amfibol (%72'sinde) yer almaktadır. Ayrıca, manyetit ve mika örneklerin %61'inde saptanırken; rutil, alkali feldispat, jips ve opal-CT gibi tali mineraller de daha düşük oranlarda tanımlanmıştır. Kalsit ise çalışma alanının küçük bir kısmında (%3) mevcut olup, bu durum Karacadağ-Siverek bölgesinin kendine özgü jeokimyasal ayrışma ortamını yansıtmaktadır.

Bu çalışmada, topraklarda (alınan toplam örnekteki var olma oranı bakımından) montmorillonit, kaolinit ve serpantin %83 oranında iken, illit %44 ile kil mineralleri yüksek oranlarda tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde klorit (sekonder, kil minerali olarak) örneklerin %79'unda görülürken, kayaçlarda çok daha az oranda (%56) görülmüştür. Yükselti ile illit ve smektit kil mineralleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p<0.05)

Sonuç olarak, bu çalışmada, toprak örnekleri, kayaç örneklerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek oranda kuvars, montmorillonit, kaolinit ve amfibol içermektedir (p<0.01). Buna karşılık olivin, sadece kayaç örneklerinde gözlemlenmiş olup, topraklaşma sürecinde tamamen yok olmuştur. Bu durum, bölgedeki kimyasal ayrışmanın (hidroliz ve oksidasyon) çok güçlü olduğunu ve primer silikatların (olivin gibi) hızla sekonder kil minerallerine (montmorillonit, kaolinit) dönüştüğünü kanıtlamaktadır.

Bu çalışma sonunda elde edilen veriler, Karacadağ havzasındaki toprakların, onları oluşturan bazalt kayaları ile olan ilişkisini mineralojik ve elementsel içerik olarak ortaya koymakta olup, bölge toprak ve mineralojik yapısı hakkında ve toprağın bazı verimlilik potansiyeli hakkında bilime önemli katkı sunmaktadır. Bu çalışma çıktıları ile çalışılan bölgede bir ilk olma özelliği de taşımaktadır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Bazalt, Kil, X-Işını difraksiyon (XRD), Karacadağ, Mineral, X-ışını floresansı (XRF), Kum, Silt, Toprak, Kayaç, Majör oksit

## ABSTRACT

### MASTER'S THESIS

## THE MINERALOGICAL RELATIONSHIPS BETWEEN KARACADAG BASALTIC ROCKS AND THEIR RESPECTIVE SOILS

**Naci Kubilay DONI**

**HARRAN UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL  
SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION**

**Thesis Advisor: Prof. Salih AYDEMİR**

**Year: 2026, Page: 94**

Given the paucity of data in the literature, it is of significant importance to determine the mineralogical properties of Karacadag volcanic basalts and the soils derived from them. In this context, the objective of this study is to examine the mineralogical relationship between Karacadağ basalt rocks and their respective soils, along with certain physical and chemical soil properties, by analyzing rock and soil samples (collected at depths of 0-30 and 30-60 cm) retrieved across an altitudinal gradient of 1838m, 241m, and 850m.

In this study, mineralogical characterization of rock and soil samples was conducted via X-ray diffraction (XRD), while elemental compositions were determined using X-ray fluorescence (XRF) spectroscopy. Additionally, the fundamental physicochemical properties of soil samples retrieved from different depths, including pH, soil texture, calcite content ( $\text{CaCO}_3$ ), electrical conductivity (EC), organic matter (OM), available potassium ( $\text{K}_2\text{O}$ ) and phosphorus ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), and water saturation were analyzed. Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics (v.21, IBM Corp., Armonk, NY, USA) software. .

The physicochemical analysis of 18 soil samples collected from the study area yielded the following mean values for pH (1:2.5 w/v), EC,  $\text{CaCO}_3$ , OM, and water saturation as 6.99, 0.72 dS/m, 2.53%, 1.96%, and 63.33%, respectively. The mean particle size distribution was determined to be 55.2% sand, 33.66% clay, and 11.13% silt. Furthermore, the average concentrations of available phosphorus and available potassium were recorded as 5.53 kg/da and 87.95 kg/da, respectively. Additionally highly statistically significant correlations were observed between altitude and soil pH, EC,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , or clay and sand content ( $p < 0.001$ ). While statistically significant correlations were identified between altitude and OM as well as water saturation levels ( $p < 0.001$ ), no significant relationship was found with silt and  $\text{K}_2\text{O}$  ( $p > 0.05$ ). Furthermore, a highly significant statistical relationship was observed between altitude and soil texture classes ( $p < 0.001$ ).

The minerals identified via XRD in relation to soil texture classes revealed a statistically significant correlation ( $p < 0.05$ ). Among the soils characterized as sandy clay loam, calcite was detected in 58% of the samples, illite in 67%, and pyroxene was identified in 100% of the samples. Furthermore, a statistically significant relationship was observed between available phosphorus and several mineral phases, specifically montmorillonite, amphibole, illite-smectite, and mica-illite ( $p < 0.05$ ). In this study, available phosphorus exhibited a positive correlation and a statistically significant relationship with both  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $p < 0.05$ ). The mean water saturation of all soil samples collected from the study area was found to be  $63.33 \pm 5.42\%$ . According to the study findings, the highest water saturation level was

observed at an altitude of 1241 meters ( $67.0 \pm 3.34\%$ ), while the lowest level was recorded at 1838 meters ( $58.8 \pm 4.53\%$ ). Additionally, the study findings demonstrated a highly statistically significant relationship between altitude and soil pH, EC,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , as well as clay and sand content in samples collected from study area ( $p < 0.001$ ).

According to the XRF analysis results, the most abundant oxides in both soil and rock samples were  $\text{SiO}_2$  (45%), followed by  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (17%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (14%), and  $\text{CaO}$  (7%). The mean concentrations of the remaining oxides were recorded as 4%  $\text{MgO}$ , 2%  $\text{TiO}_2$ , 1.5%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 1.2%  $\text{K}_2\text{O}$ , 0.5%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , and 0.2%  $\text{MnO}$ , respectively. XRF analysis revealed that  $\text{K}_2\text{O}$  and  $\text{MnO}$  concentrations were significantly higher in soil samples compared to rock samples (as indicated by higher Mean Rank values). Conversely, the rock samples exhibited higher contents of  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , and  $\text{P}_2\text{O}_5$  than the soil samples. Regarding the remaining oxides,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{TiO}_2$  were slightly more dominant in the rock samples, whereas  $\text{SiO}_2$  was found to be marginally more prevalent in the soil. In this study, standard qualitative mineralogical analysis via XRD revealed that plagioclase is the most predominant mineral within the sampled rocks. This is followed by high concentrations of pyroxene, magnetite, olivine, hematite, calcite, and a mica-illite mixture, respectively. Additionally, alkali feldspar and goethite were identified in low proportions, while quartz, chlorite, and ilmenite were detected at trace levels. The mineralogical characterization of the soil samples via qualitative XRD analysis revealed quartz and plagioclase as the most ubiquitous primary minerals, being detected in 100% of the samples. Other major constituents include hematite (94%), pyroxene (83%), serpentine (83%), and amphibole (72%). Furthermore, magnetite and mica were identified in 61% of the samples, while accessory minerals such as rutile, alkali feldspar, gypsum, and opal-CT were identified at lower frequencies. Calcite was also present in a small fraction (3%) of the study area, reflecting the specific geochemical weathering environment of the Karacadag-Siverek region.

In this study, clay minerals were identified at high frequencies; specifically, montmorillonite, kaolinite, and serpentine were present in 83% of the total soil samples, while illite was detected in 44%. Although chlorite (as a secondary clay mineral) was observed in 79% of the soil samples, it was found at a considerably lower frequency (56%) within the rock samples. Furthermore, a statistically significant correlation was determined between altitude and the clay minerals illite and smectite ( $p < 0.05$ ).

In conclusion, this study demonstrates that soil samples contain statistically significantly higher proportions of quartz, montmorillonite, kaolinite, and amphibole compared to rock samples ( $p < 0.01$ ). In contrast, olivine was observed exclusively in rock samples and was found to be entirely depleted during the pedogenesis (soil formation) process. This observation provides evidence of intense chemical weathering, specifically hydrolysis and oxidation within the region, leading to the rapid transformation of primary silicates, such as olivine, into secondary clay minerals like montmorillonite and kaolinite.

The data obtained from this study elucidate the relationship between the soils of the Karacadag Basin and their parent basaltic rocks in terms of mineralogical and elemental composition. These findings offer a significant contribution to the scientific understanding of the region's pedological and mineralogical structure, as well as its inherent soil fertility potential. Furthermore, as the first of its kind in the study area, the outputs of this research represent a pioneering contribution to the regional literature.

**KEYWORDS:** Basalt, Clay, X-Ray diffraction (XRD), Karacadag, Mineral, X-ray Fluorescence (XRF), Sand, Silt, Soil, Rock, Major oxides

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Çalışma alanının koordinatlara göre haritada gösterilmesi . . .	11
Şekil 3.2.	Çalışma alanı uydu görüntüsü (Google Maps) . . . . .	12
Şekil 3.3.	Çalışma alanlarından görüntüler . . . . .	12
Şekil 3.4.	Karacadağ'dan bir görüntü . . . . .	13
Şekil 3.5.	Saha çalışması görüntüleri . . . . .	14
Şekil 3.6.	0-30cm, 30-60 derinliklerden toprak örneği alımı . . . . .	15
Şekil 3.7.	Örnek (toprak/kayaç) alma lokasyonlarının ve bölgelerinin şematize edilmesi . . . . .	16
Şekil 3.8.	Oda ısısında toprak örneklerinin kurutulması . . . . .	17
Şekil 3.9.	Oda ısısında kurutulan eleme sonrasındaki toprak örnekleri . .	17
Şekil 3.10.	Toprak örneklerinin tartılması ve kese kâğıtlarına koyulması . .	18
Şekil 3.11.	Çalışma alanından alınan kayaç örnekleri . . . . .	19
Şekil 3.12.	pH ve EC analizleri . . . . .	21
Şekil 3.13.	Organik madde analizi . . . . .	22
Şekil 3.14.	Bir X-Işını tüpünün şematik kesiti . . . . .	24
Şekil 3.15.	Toprakta XRD ile detay kil analizi için örneklerin hazırlanması	25
Şekil 3.16.	X-ışını üretimi için gerekli koşullar (X-ışını üretimi için gerekli koşullar olan minimum koşullar; bir elektron kaynağı ve hedefi, boşaltılmış (vakumlu) bir tüp ve elektrotların yüksek gerilim kaynağına bağlanmasıdır.) . . . . .	26
Şekil 4.1.	1. Toprak-25-H-015030 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	48
Şekil 4.2.	1. Toprak-25-H-015030 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	49
Şekil 4.3.	2. Toprak-25-H-015031 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	50
Şekil 4.4.	2. Toprak-25-H-015031 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	51
Şekil 4.5.	3. Toprak-25-H-015032 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	52
Şekil 4.6.	3. Toprak-25-H-015032 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	53
Şekil 4.7.	4. Toprak-25-H-015033 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	54
Şekil 4.8.	4. Toprak-25-H-015033 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	55
Şekil 4.9.	5. Toprak-25-H-015034 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	56
Şekil 4.10.	5. Toprak-25-H-015034 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	57
Şekil 4.11.	6. Toprak-25-H-015035 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	58
Şekil 4.12.	6. Toprak-25-H-015035 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	58

<b>Şekil 4.13.</b>	7. Toprak-25-H-015036 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	59
<b>Şekil 4.14.</b>	7. Toprak-25-H-015036 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	60
<b>Şekil 4.15.</b>	8. Toprak-25-H-015037 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	61
<b>Şekil 4.16.</b>	8. Toprak-25-H-015037 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	62
<b>Şekil 4.17.</b>	9. Toprak-25-H-015038 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	63
<b>Şekil 4.18.</b>	9. Toprak-25-H-015038 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	63
<b>Şekil 4.19.</b>	10. Toprak-25-H-015039 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	64
<b>Şekil 4.20.</b>	10. Toprak-25-H-015039 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	64
<b>Şekil 4.21.</b>	11. Toprak-25-H-015040 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	65
<b>Şekil 4.22.</b>	11. Toprak-25-H-015040 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	65
<b>Şekil 4.23.</b>	12. Toprak-25-H-015041 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	66
<b>Şekil 4.24.</b>	12. Toprak-25-H-015041 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	66
<b>Şekil 4.25.</b>	13. Toprak-25-H-015042 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	67
<b>Şekil 4.26.</b>	13. Toprak-25-H-015042 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	67
<b>Şekil 4.27.</b>	14. Toprak-25-H-015043 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	68
<b>Şekil 4.28.</b>	14. Toprak-25-H-015043 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	68
<b>Şekil 4.29.</b>	15. Toprak-25-H-015044 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	69
<b>Şekil 4.30.</b>	15. Toprak-25-H-015044 ~detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	69
<b>Şekil 4.31.</b>	16. Toprak-25-H-015045 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	70
<b>Şekil 4.32.</b>	16. Toprak-25-H-015045 ~detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	70
<b>Şekil 4.33.</b>	17. Toprak-25-H-015046 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	71
<b>Şekil 4.34.</b>	17. Toprak-25-H-015046 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	71

<b>Şekil 4.35.</b>	18. Toprak-25-H-015047 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri . . . . .	72
<b>Şekil 4.36.</b>	18. Toprak-25-H-015047 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller . . .	72

## KISALTMALAR

<b>OM</b>	Organik madde
<b>XRD</b>	X-Işını difraksiyon/kırınım
<b>XRF</b>	X-Işını Floresans Spektometresi
<b>GPS</b>	Global Posiotioning System
<b>MTA</b>	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
<b>USDA</b>	Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı
<b>SPSS</b>	Statistical Package for the Social Sciences

## SİMGELER

<b>%</b>	Yüzde
<b>EC</b>	Elektriksel iletkenlik
<b>P</b>	Fosfor
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Kireç
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Silisyum di oksit
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Alüminyum oksit
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Demir (III) oksit
<b>CaO</b>	Kalsiyum oksit
<b>MgO</b>	Magnezyum oksit
<b>NaO</b>	Sodyum oksit
<b>KO</b>	Potasyum oksit
<b>TiO<sub>2</sub></b>	Titanyum di oksit
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	Di fosfor penta oksit
<b>MnO</b>	Mangan (II) oksit
<b>Al</b>	Alüminyum
<b>Fe</b>	Demir
<b>Mg</b>	Magnezyum
<b>Si</b>	Silisyum
<b>K</b>	Potasyum
<b>Na</b>	Sodyum
<b>Ca</b>	Kalsiyum

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 4.1.</b>	Çalışma alan koordinatları ve özellikleri~~~~~ . . . . .	27
<b>Çizelge 4.2.</b>	Toprak örneklerinin temel fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (Yük. : Yükselti; Der. : Derinlik; Su doyg.: Su doygunluğu) . . .	28
<b>Çizelge 4.3.</b>	Yükseltiye göre toprak reaksiyon durumları . . . . .	29
<b>Çizelge 4.4.</b>	Yükselti ile toprak bünyesi ilişkisi . . . . .	30
<b>Çizelge 4.5.</b>	Bünye sınıfı ve kalsit, piroksen, illit mineralleri ilişkisi . . . . .	31
<b>Çizelge 4.6.</b>	Yükselti ile toprak kireç içeriği ilişkisi . . . . .	32
<b>Çizelge 4.7.</b>	Kireç ile kalsit, amorf ilişkisi . . . . .	32
<b>Çizelge 4.8.</b>	Yükselti ile topraktaki organik madde ilişkisi . . . . .	33
<b>Çizelge 4.9.</b>	Yükselti ile topraktaki fosfor ilişkisi . . . . .	34
<b>Çizelge 4.10.</b>	Alınabilir fosfor ile montmorillonit, amfibol, illit smektit, mika illit ilişkisi . . . . .	35
<b>Çizelge 4.11.</b>	Yükselti ile topraktaki potasyum ilişkisi . . . . .	35
<b>Çizelge 4.12.</b>	Yükseltiye göre fiziksel ve kimyasal faktörler (*Anlamlı, **İleri düzeyde anlamlı) . . . . .	36
<b>Çizelge 4.13.</b>	Toprak ve kayalardaki toplam bileşik ortalamaları . . . . .	37
<b>Çizelge 4.14.</b>	Toprak örneklerinde bulunan bileşikler ve miktarları (Tek: Tekerrür; Der: Derinlik; Yük. :Yükselti; SD: Standard sapma) .	38
<b>Çizelge 4.15.</b>	Kayaç örneklerinde bulunan bileşikler ve miktarları (Tek. : Tekerrür; Der. : Derinlik; Yük. : Yükselti; SD: Standard sapma)	38
<b>Çizelge 4.16.</b>	Karacadağ toprak ve kayaç örneklerinde bulunan bileşiklerin karşılaştırılması (*Anlamlı, **İleri düzeyde anlamlı) . . . . .	39
<b>Çizelge 4.17.</b>	Kayaç ve topraklardaki bileşiklerin yükseltiye göre karşılaştırıl- ması (Ort. : Ortalama; SD: Standard sapma; *Anlamlı, **İleri düzeyde anlamlı) . . . . .	40
<b>Çizelge 4.18.</b>	Topraklardaki Fosfor ve Alüminyum Oksit ve Demir Oksit Spearman's rho Korelasyon Analizi Sonuçları . . . . .	41
<b>Çizelge 4.19.</b>	Kalitatif detay kil analizi sonucu toprakta tespit edilen mineraller ( +/- )=(var/yok) . . . . .	42
<b>Çizelge 4.20.</b>	Standart kalitatif mineral analizi sonucu kayalarda tespit edilen mineraller ( +/- )=(var/yok) . . . . .	43
<b>Çizelge 4.21.</b>	Toprak ve kayaç numuneleri arasındaki mineralojik bileşim farkları	45
<b>Çizelge 4.22.</b>	Yükselti ile illit, kalsit, amorf ve smektit kil minerali ilişkisi . .	47

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Çalışma alanı “Karacadağ” ın özellikleri ve çalışmanın önemi

Güneydoğu Anadolu Bölgesi yüz ölçümü bakımından en küçük bölge olup ülkemiz topraklarının %8’lik bölümüne sahiptir. Güneydoğu Anadolu bölgesinin en yüksek dağı Karacadağ volkan konisidir. Karacadağ, Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illerinde sınırları olan en yüksek yeri 1981 m, en düşük yüksekliği 1350 m’dir. Yaklaşık 7200 km<sup>2</sup>’lik bir alana yayılmış bulunan bazalt lavlarının meydana getirdiği bu geniş volkanik arazi iki ayrı püskürme safhasında meydana gelmiştir (Ertekin, 2002). Bölgenin yayvan bir görünüme sahip olmasının nedeni volkan konisinden çıkan akıcılık özelliğine sahip bazalttan kaynaklıdır.

Karacadağ, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ni iki bölüme ayırmaktadır. Karacadağ’ın doğusunda Dicle, batısında ise Orta Fırat Bölümü yer almaktadır (Polat, 2019).

Karacadağ volkanı (Karacalıdağ olarak da bilinir), sönmüş bir yanardağdır. Karacadağ’ın püskürttüğü lavlar oldukça geniş bir alana yayılmıştır. Bazalt özelliğinde volkanik kayadır. Volkanın aktivitesi yaklaşık 11 milyon yıl öncesinden 0,1 milyon yıl öncesine kadar sürmüştür ve bu süreçte yüzeye oldukça fazla miktarda (yaklaşık 10.000 km<sup>2</sup>’lik alan) magma püskürmüştür (Lustrino vd., 2010). Bu durumun, Karacadağ’ı Akdeniz Çevresi Anorojenik Senozoyik Mağmatik Bölgesi’nde en büyük kalkan volkanı yaptığı bildirilmektedir (Lustrino ve Wilson, 2007). Karacadağ, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde olup, Diyarbakır ili güneybatısı ile Şanlıurfa ili kuzeydoğusu arasında uzanan sönmüş volkanik bir dağdır. Kuaterner döneminde volkanik faaliyet sonucu oluşan Karacadağ, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde hem Fırat ve Dicle Havzaları’nın ”su bölümü çizgisi”ni hem de Orta Fırat Bölümü ile Dicle Bölümü arasında sınırı oluşturur. Bazaltik lavlardan müteşekkil bir kütle olan Karacadağ, büyük bir lav kalkanından ibarettir. Karacadağ Volkanı, Pliosen sonu ve Kuaterner’de mevcut fay kırıklarına bağlı olarak ortaya çıkan lavlardan oluşmuş, Hawaii tipi bir lav volkanıdır (Ardos, 1987; Benek, 2009).

Topraklar, anakayalar ve minerallerin ayrışmasıyla oluşan ve zamanla organik madde, su, hava ve canlı etkisiyle oluşan karmaşık bir yapıdır. Toprak, oluşum faktörlerinin farklı

iklimler, çeşitli canlı organizmalar, kaya çeşitleri, topografya ve farklı yaştaki araziler (ortak etkileri sonucu) ile karakter kazanır. (Osman, 2013; Smith, 1963).

Genesis ve morfolojik karakteristik özellikler kullanılarak ve toprak yapan faktörler ve etki dereceleri belirlenerek toprak sınıflandırması yapılabilir (Dinç vd., 1987). Daha önceden Şanlıurfa'da yapılan bir çalışmada, toprak oluşum sınıflandırmasının yapılmasının, çiftçilere bitki seçimi, sulama, gübreleme ve diğer tarım uygulamaları konusunda bilinçli kararlar almalarında ve arazi kullanımı planlama ve yönetiminde yarar sağlayacağı vurgulanmaktadır (Aydemir ve Elçi, 2023). Şanlıurfa da yapılan diğer toprak sınıflandırması çalışmalarında; toprakları, entisol, inceptisol, vertisol ve aridisol olarak sınıflandırmışlardır (Altıntaş, 2019; Dinç vd., 1988; Ince vd., 1991). Adli kullanımlar için toprak özelliklerinin mekânsal değişiminin farklı yöntemlerle belirlenmesinin araştırıldığı bir çalışmada, topraklarda, toprak rengi, kil birikimi, kireç, jips birikimi, kum, silt, kil oranları, sınıfları ve ani tekstür değişimi, organik madde dağılımında önemli değişiklikler gözlemlendiği; toprak profillerinin inceptisol ve vertisol olmak üzere iki ordo da sınıflandırıldığı bildirilmiştir (İnci, 2022).

Belirli bir bölgede oluşan herhangi bir toprak çeşidinin özelliklerine bağlı olarak kendine özgü kullanım biçimi ve yönetim isteği vardır. Toprağın karakteristikleri ve kalitesi onun davranışlarını önemli derecede etkiler. Tarım bağlamında sürdürülebilirlik önemli ölçüde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesine bağlı olup bu da toprak, bitki ve arazi yönetimi ile ilgilidir (Blume vd., 2016).

Şanlıurfa'da, çamur akıntıları, eosen-miyosen kireçtaşları, neojen marnlar, bazalt materyalleri olmak üzere dört yaygın ana materyal; bu ana materyaller üzerinde ise, kırmızı-kahverengi topraklar, kahverengi topraklar ve bazaltik toprakların yer aldığı bildirilmektedir (İnci vd., 2023).

Toprakların bitki besin maddelerini sağlama kapasitesinin değerlendirilmesi ve buna bağlı olarak etkin gübreleme stratejilerinin geliştirilmesi açısından topraktaki birincil minerallerin çeşitliliğinin nicel olarak incelenmesi, büyük önem taşıdığı rapor edilmektedir (Kurokawa vd., 2024).

Kil minerallerinin mekansal ve zamansal dağılımının paleo çevresel ve paleo iklimik koşulları anlamak için değeri artan önemli bir parametre olarak yer alacağı bildirilmektedir

(Singer, 1980, 1984). Ayrıca iklim değişikliğinin hassas ve güvenilir göstergeleri olarak kil minerallerinin kullanılabileceği vurgulanmıştır (Sun vd., 2015).

Çalışmalar, X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF) nin kayaç yapıcı ana mineralleri oluşturan majör oksitler ve iz elementlerin jeokimyasal konsantrasyonlarının belirlenmesinde etkin bir yöntem olduğu bildirilmektedir (Löwemark vd., 2011; Oyedotun, 2018)

## 1.2. Çalışmanın özgün değeri

Literatürde de görüleceği üzere ölkemizin, çeşitli bölgelerinde bulunan toprakların kil minerallerinin belirlenmesine yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Akalan ve Başer, 1972; Akyıldız ve Yar, 2024; Everest vd., 2025; İnce, 1979; İnce, 1984; İnce ve Kapur, 1985; Kapur, 1980; Kapur vd., 1975; Özaytekin, 2002; Polat, 2019; Sarıaltun vd., 2023; Seyrek vd., 2011; Tetiker ve Yalçın, 2017). Ancak, mevcut bilgi düzeyimize göre, Karacadağ volkanik bazaltları ile bazaltların oluşturduğu toprakların mineralojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu durum da bu çalışmanın özgünlüğünü oluşturmaktadır. Bu yüksek lisans tez çalışmasında, Karacadağ volkanik bazaltları ile bazaltların oluşturduğu topraklarla (kum, kil, silt) olan mineralojik ilişkisi var mıdır? sorusuna yanıt bulma, Karacadağ kayaçları ve oluşturdukları topraklarda bulunan minerallerin miktarlarını, dağılımlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu kayaç ve topraklarda bulunan mineraller, jeolojik araştırmalarda ve mineral karakterizasyonunda, önemli bir mineral analiz yöntemi olan X-ışını kırınımı (XRD) (Ali vd., 2022; Bristow vd., 2018; Liu vd., 2016; Szabo vd., 2025; Thorpe vd., 2019; Tzvetanova vd., 2020) ile analiz yapılacaktır. Çalışmadaki aynı örnekler ayrıca kil detay XRD ile incelenecektir. Bu çalışmada, Kayaç yapıcı ana mineralleri oluşturan elementlerin jeokimyasal konsantrasyonlarının belirlenmesi etkin bir yöntem olduğu bildirilen XRF (Harris ve Norman White, 2008; Löwemark vd., 2011; Oyedotun, 2018; Sarıaltun vd., 2023; Seyama vd., 2006) ile yapılacaktır. Toprak verimlilik ve tekstür analizi daha önce belirlenen yöntemlere göre yapılacaktır (Seyrek vd., 2011).

Mineraller, mineral birliktelikleri ve oluşturdukları kayaçlar buldukları jeolojik ortamları temsil etmeleri açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, bu çalışma ile Karacadağ volkanik bazalt kayaçları ve oluşturduğu topraklarla olan mineralojik ilişkisi

bilgi boşluğunun doldurulacağı düşünülmektedir. Ayrıca toprakların bitki besin maddelerini sağlama kapasitesinin değerlendirilmesi ve buna bağlı olarak etkin gübreleme stratejilerinin geliştirilmesi konularında da yarar sağlayacaktır. Toprağı oluşturan kayaç türüne ve özelliklerine bağlı olarak muhtemel oluşacak toprağın temel özellikleri, tarımsal potansiyel düzeyi tahmin edilebilecektir. Bu durum toprak kayaç ilişkisi ve etkilerinin bilimsel verilerle ortaya konulmasını ve bölgesel düzeyde üretim politikalarının planlanmasında modelleme çalışmalarına önemli bir katkı sunacaktır.

Bu çalışma sonunda elde edilen veriler, Karacadağ havzasındaki toprakların, onları oluşturan bazalt kayaları ile olan ilişkisini mineralojik ve elementsel içerik olarak ortaya koymakta olup, bölge toprak ve mineralojik yapısı hakkında ve toprağın bazı verimlilik potansiyeli hakkında bilime önemli katkı sunmaktadır. Bu çalışma çıktıları ile çalışılan bölgede bir ilk olma özelliği de taşımaktadır.

### 1.3. Araştırma sorusu

Karacadağ bazalt kayaçlarının oluşturduğu topraklar ile olan mineralojik ilişkisi var mıdır? sorusu çalışmanın ana sorusunu oluşturmaktadır. Çalışmanın diğer sorularını aşağıdaki sorular oluşturmaktadır:

1. Karacadağ-Siverek kısmında kayaç ve topraklarının fiziksel, jeokimyasal özellikleri nelerdir?
2. Karacadağ-Siverek kısmında oluşan volkanik bazaltik kayaçlarda ve oluşturdukları topraklarda, kum ve kil fraksiyonlarındaki bulunan mineraller nelerdir?
3. Volkanik bazaltik kayaçlar, topraklarda bulunan elementlerin miktarları ne kadardır? Dağılımları nasıldır?
4. Element formasyonunu etkileyen faktörler nelerdir?
5. Çalışma lokasyonlarındaki toprak verimliliğini ve tekstürü etkileyen faktörler nelerdir?

### 1.4. Araştırmanın amacı

Araştırmanın amacı, Karacadağ bazalt kayaçlarının oluşturduğu topraklar ile olan mi-

neralojik ilişkisinin ve mekânsal dağılımının araştırılmasıdır. Karacadağ-Siverek bölgesinde yer alan Karacadağ'ın farklı 3 yükseltisinde (1838m-1241m-850m) bulunan bölgelerdeki bazalt kayalardan ve bazalt kayaç kaynaklı oluşan kum, kil ve silt numunelerinin alınması ve kum, kil ve silt fraksiyonlarındaki minerallerin araştırılması hedeflenmiştir. Bu çalışmadaki başlıca alt hedefler:

1. Karacadağ-Siverek kısmında oluşan volkanik bazaltik kayaçlarda ve oluşturdukları topraklardaki mineralleri XRD ile karakterize etmek,
2. Volkanik bazaltik kayaçlar, topraklar ve ilişkili mineralojik eğilimleri belirlemek,
3. Volkanik bazaltik kayaçlar, topraklarda element formasyonunu değerlendirmek,
4. Volkanik bazaltik kayaçlar, topraklarda bulunan elementlerin miktarlarının ve dağılımlarının tespit etmek,
5. Verimlilik analiziyle kireç miktarı, pH, EC, organik madde ve renk düzeylerini belirlemek, Karacadağ-Siverek kısmında kayaç ve topraklarının fiziksel, jeokimyasal özelliklerini belirlemektir.

Sonuç olarak, yer kabuğu, mineraller, minerallerin oluşturduğu kayaçlar ve kayaçların oluşturduğu topraktan meydana gelmektedir. Mineraller, kayaçların yapıtaşı, kayaçlar da toprak oluşumunun ana kaynağıdır. Kil minerallerinin mekansal ve zamansal dağılımının paleoçevresel ve paleoklimatik koşulları anlamak için değeri artan önemli bir parametre olarak yer alabileceği bildirilmektedir (Singer, 1980, 1984). Ayrıca iklim değişikliğinin hassas ve güvenilir göstergeleri olarak kil minerallerinin kullanılabileceği vurgulanmıştır (Sun vd., 2015). Paleoçevresel, paleoklimatik, iklim değişikliğinin hassas ve güvenilir göstergesi; sürdürülebilir tarımın sağlanması, tarımsal verimliliğin artırılması, toprak oluşum seyrinin ve ayrışmanın gözlenmesi, rezerv bitki besin maddelerinin potansiyelinin belirlenmesi ve ekonomik kazancın elde edilmesi konularında önemli bir belirteç olan toprak minerallerin analizi kritik önem arz etmektedir. Unutulmaması gerekir ki topraklar, ülkelerin en önemli doğal kaynaklarından biridir. Bu nedenle, toprak oluşumu (genesis) ve toprakların morfolojik özelliklerinin belirlenmesi, iyi tanımlanması, sınıflandırılması, fiziksel, kimyasal özelliklerinin yanı sıra mineralojik özelliklerinin de belirlenmesi önemlidir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mineraller, doğada bulunan, yerkabuğunun temel yapı taşlarını oluşturan, belirli bir kimyasal element ve bileşiklerden oluşan, homojen ve belli bir kimya formülü olan kristalli yapıda, genellikle katı ve inorganik cisimlerdir (Amangul vd., 2025; Mukherjee, 2013). Yer kabuğunda bulunan mineraller, fiziksel özellikleriyle de kendini gösteren belirli termodinamik ve fizikokimyasal koşullar altında oluşur. Her mineralin kendine özgü element bileşimi olmakla birlikte bir mineral kimyasal formülle tanımlanabilir. Örneğin, Kuvars:  $\text{SiO}_2$ ; Elmas: C vs.

Mineraller bir veya birkaç elementten meydana gelirler. Dünyada, 104 element; yerkabuğunun kimyasal bileşiminde ise 93 element varlığı bilinmesine rağmen, yerkabuğunun yaklaşık %96'sı 8 elementten (O %46,6, Si %27,72, Al %8,13, Fe %5,00, Ca, %3,63, Na %2,83, K %2,60, Mg %2,08) meydana gelmektedir (OPCC). Yerkabuğunda, O (anyon) ve Si (katyon) en bol bulunan elementler olduğu için silikat mineralleri grubu doğadaki en yaygın mineral grubunu oluşturmaktadır.

Mineraller, genellikle kristal yapı, parlaklık, sertlik, çizgi rengi ve dilinim (kırılma) ve yoğunluk gibi karakteristik fiziksel özelliklerine göre sınıflandırılır ve karakterize edilir (Ali vd., 2022). Mineraller, anyon yüklerine göre silikatler, oksitler, sülfidler, karbonatlar, fosfatlar, evaporitler, halitler, sülfatlar ve doğal elementler diye sınıflandırılır.

Mineraller, kayaçların yapıtaşı olarak ana bileşenleridir ve kayaçların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirler (Gündüz ve Asan, 2022; Mukherjee, 2013). Kayaçlar, bir veya birden fazla mineralin birleşmesi sonucu meydana gelir. Magmatik, tortul ve metamorfik olmak üzere 3 kayaç türü mevcuttur. Topraklar, mineraller, organik madde, mikroorganizmalar ve diğer katı bileşenlerden oluşan karmaşık ekosistemlerdir. Ayrıca, topraklar, çeşitli ince inorganik ve organik kil parçacıklarını da içermektedir. Değişen iklim değişikliklerine yanıt olarak toprak kimyasında meydana gelen değişiklikler, toprak sistemlerinin dengelerini değiştirebilir ve farklı kil minerallerinin oluşumuna yol açabilir.

Mineralojik bileşim, yapı ve doku kayaçların fiziksel-mekaniksel özelliklerinin kontrol edilmesindeki en önemli faktörlerdir (Bell, 1992).

Kil minerallerinin mekansal ve zamansal dağılımının paleoçevresel ve paleoklimatik koşulları anlamak için değeri artan önemli bir parametre olarak yer alacağı bildirilmektedir (Singer, 1980, 1984). Ayrıca iklim değişikliğinin hassas ve güvenilir göstergeleri olarak kil minerallerinin kullanılabileceği vurgulanmıştır (Sun vd., 2015).

X-ışını kırınımı, önemli bir mineral analiz yöntemi olarak jeolojik araştırmalarda ve mineral karakterizasyonunda yaygın biçimde kullanılmaktadır (Ali vd., 2022; Bristow vd., 2018; Liu vd., 2016; Szabo vd., 2025; Thorpe vd., 2019; Tzvetanova vd., 2020).

Mineral karakterizasyonunda XRD tekniğinin önemli ve yaygın olarak kullanılan bir teknik olduğu bildirilmiştir (Ali vd., 2022).

Toprakların bitki besin maddelerini sağlama kapasitesinin değerlendirilmesi ve buna bağlı olarak etkin gübreleme stratejilerinin geliştirilmesi açısından topraktaki birincil minerallerin çeşitliliğinin nicel olarak incelenmesi, büyük önem taşımaktadır (Kurokawa vd., 2024).

İklim rejimlerindeki değişikliklere bağlı olarak toprak kimyasındaki değişimler, toprak sistemlerinin dengelerini değiştirebilir ve farklı kil minerallerinin oluşmasına yol açabilir (Sun vd., 2015).

Daha önce yayımlanan bir çalışmada, kuvars, biotit, muskovit, K-feldspat, plajiyoklaz, opak ve kil minerallerini saptadıklarını; kimyasal özellik, doku, kil içeriği ve kolayca ayrışan mineraller, toprağın tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi için geliştirme potansiyeline sahip olduğunu; çünkü K, Ca, Mg ve Na besin maddeleri açısından hâlâ potansiyel bulundurduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, toprağın alt katmanlardaki yüksek mineral oranının, toprağın ana materyalinden kaynaklandığını; üst katmanlardaki yüksek mineral oranının ise daha yüksek yükseltilerden taşınan toprak materyalinin birikimi sonucu oluştuğu vurgulanmıştır (Suryani vd., 2025).

Magnezyum ve kalsiyum, doğada genellikle serpantin, olivin ve wollastonit gibi silikat mineralleri şeklinde bulunur (Ali vd., 2022).

Daha önce yapılan çalışmalarda, toprak minerallerinin genellikle piroksen, biyotit (mika) ve plajiyoklaz gibi kolay ayrışabilen mineraller ile kuvars gibi ayrışmaya daha dirençli

minerallerden oluştuğu bildirilmektedir (Karlen vd., 2006; Tun vd., 2015; Zaher vd., 2020).

Sumaki Höyük yerleşmesinin Neolitik evrelerinde kullanılmış olan öğütme taşı aletleri kaynağının (kaynak kayasını) portatif Enerji Dağıtıcı X-ışını Floresans Spektrometresi (P-EDXRF) ve XRD kullanarak belirlemesini amaçlanan bir çalışmada, alınan sınırlı sayıdaki örnekte viterit, bitovnit ve periklaz mineralleri mineraller tespit edilmiştir (Sarıaltun vd., 2023).

Karadağ (Karaman) volkanitleri üzerinde oluşan entisol ve inceptisol ordolarına ait toprakların ince kum mineralojilerinin araştırıldığı çalışmada alınan toprak örneklerinde kaolinit, illit, klorit-smektit ara katmanlı, metahalloysit, klorit ve smektit gibi kil mineralleri saptanmıştır. İnce kum fraksiyonunda hafif mineraller (kuvars, kalsit, feldispat), ağır minerallerden hornblend, biyotit, piroksenler ile opak mineraller ve ayrılmış mineraller yoğun olarak bulunduğu saptanmıştır. İkincil minerallerden özellikle feldispat, biyotit ve hornblendlerin ayrışma ve dönüşüm işlemleri sonucu oluştuğu saptanmıştır (Saim, 2001).

Diyarbakır bazalt kilindeki minerallerin XRD ile araştırıldığı bir çalışmada baskın mineralin smektit olduğu tespit edilirken Diyarbakır Diclekent civarında karışık tabakalı kil (smektit + klorit), kuvars, kalsit ve feldispat ve Diyarbakır Havaalanı civarında karışık tabakalı kil (smektit + klorit), kalsit, kuvars ve feldispat tespit edilmiştir (Akyıldız ve Yar, 2024).

Türkiye'nin Sivas-Ulaş havzasında yapılan çalışmada, Kaleköy Formasyonu'nun Karacalar örneğinde volkanojenik (plajiyoklaz, ojit, hornblend, biyotit), diyajenetik (K-feldispat, karışık tabakalı klorit-smektit/CS, klorit, analsim) ve volkanik sonrası (kalsit, dolomit, kuvars) minerallerden oluştuğu bildirilmiştir. Bu formasyondan itibaren Yapalı örneğinde epiklastik kayaçlarında volkanojenik (plajiyoklaz), diyajenetik (K-feldispat, CS, klorit), postvolkanik (kuvars, kalsit, dolomit) ve detritik (illit) mineraller gözlemlendiği belirtilmiştir (Tetiker ve Yalçın, 2017)

Konya Erenler Dağı volkanik materyalleri üzerinde toprak oluşumu ile ilgili yapılan çalışmada, en yaygın primer mineral olarak feldspat (plajiyoklaz), kristobalit ve kuvars saptanmıştır. Bazı profillerde hematit, cummingtonit ve manyetit te bulunmuştur. Aynı çalışmada, XRD analizi ile kaolinit ve illitin, kil fraksiyonunda dominant kil minerali olduğu

tespit edilmiştir. Ayrıca kil fraksiyonunda önemli miktarda smektit bulunmuştur. Düşük yağış ve uzun kurak periyot ile karakterize edilen yerel iklim, düşük ayrışma ve yetersiz Si yıkanması nedeni ile andik toprak özelliklerinin oluşumunu engellemiş ve Erenler dağı üzerinde oluşan topraklar andisol olarak sınıflandırılmamış bunun yerine Eentisol olarak sınıflandırılmışlardır. Erenler Dağı üzerinde toprak genesisini etkileyen temel faktörler, iklim, topografya ve ana materyalin tabiatı olarak saptanmıştır (Özaytekin ve Özcan, 2011).

Harran Ovası'ndaki toprakların mineralojik yapısı ve sulama sonrası oluşabilecek riskler hakkında yapılan bir çalışmada smektitin, Harran Ovası'ndaki çoğu toprakta baskın kil minerali olduğu ve onu paligorskit, kaolinit ve illitin takip ettiği bildirilmiştir (Aydemir, 2001; Çakmaklı, 2008). Smektit gibi baskın genişleyebilen kil minerallerinin, ovadaki sulamayı takiben sodyum doyumunu ile birlikte toprakların sodikleşmesine de neden olabileceğini bildirmiştir (Aydemir, 2001).

Diyarbakır yöresinde görülen yaygın bazalt kayaları üzerinde oluşan toprakta, toplam kil, kaba ve ince kil fraksiyonlarında mineral olarak simektiti, kaolinit, klorit ve illitin saptandığı belirtilmiştir. (İnce, 1979).

Trakya'daki Grumusol (Vertisol) büyük toprak grubunda bulunan kil minerallerini X-Işınları yansıtma tekniği ile saptamışlar ve toprakların kil fraksiyonunda %75-90, kaba kil fraksiyonunda ise %50-60 montmorillonit bulunduğunu, bu minereli illit ve kaolinitin takip ettiğini belirlemişlerdir (Akalan ve Başer, 1972).

İki bazalt kayası üzerinde yaptıkları mineralojik incelemelerde her iki kayada %75 oranında feldispat, bol miktarda opak ve indizgit mineralleri tespit etmişlerdir (Kapur vd., 1975).

Bilinmeyen toprak köken kaynaklarını belirlemek amacıyla Japonya'nın Kyoto bölgesindeki 110 farklı alandan toplanan örnekleri XRF ile nicel analiz edilmiştir. Elde edilen analitik veriler çok değişkenli analiz yöntemine tabi tutulmuştur. Özellikle Sr ve Rb gibi iz elementlerin yanı sıra K ve Fe gibi elementlerin de toprak örneklerini karakterize etmede kullanılabileceği görülmüş olup tüm örnekler dokuz kategori altında sınıflandırılmıştır. Araştırma sonuçları; K ve Fe gibi majör elementlerin yanı sıra Sr ve Rb gibi iz elementlerin de ayırt edici parametreler olarak belirlenebileceğini göstermiştir. Bu analiz yöntemiyle,

kökeni bilinmeyen toprak örneklerinin doğru tanımlanma olasılığının yaklaşık %71 olduğu belirlenmiştir (Hiraoka, 1994).

Akdeniz iklimine sahip olan kuzey İran'daki Mazandara'da 56 noktada tanımladıkları profillerde toplamda 184 toprak örneği olarak analiz etmişlerdir. Araştırmacılar açılan noktalarda kayaç ve topraklardan alınan örneklerde XRF ile analiz sonuçlarına göre toprak ve kayaçlardaki en yüksek elementin ortalama % 48 ile SiO<sub>2</sub> (% 40 ile > % 65), SiO<sub>2</sub> dışında Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, MnO ve ZrO<sub>2</sub> olduğunu bildirmişlerdir (Heidari vd., 2022).

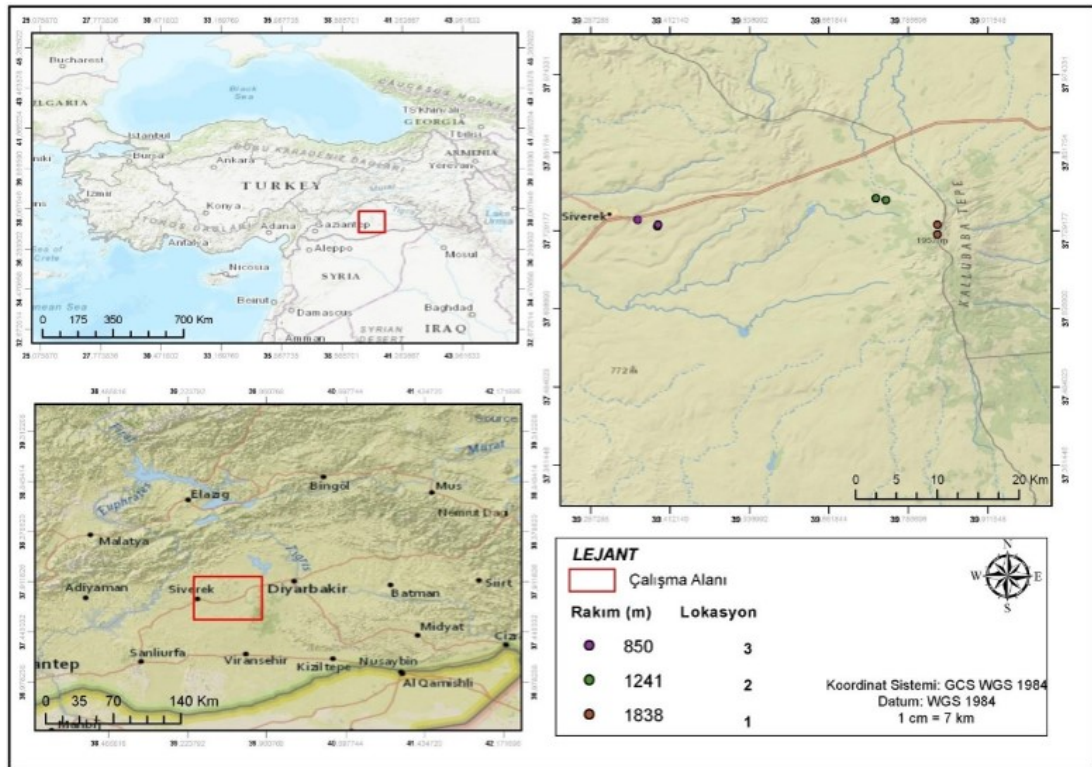
Şanlıurfa'da yapılan bir çalışmanın XRF-PCA analizi sonuçlarına göre ise SiO<sub>2</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve TiO<sub>2</sub> bileşiklerönemli bulunmuştur (İnci, 2022).

Urfa, Diyarbakır, Erzurum ile Rize bölgelerindeki kireç taşı ve bazalt ana kayalardan oluşan toprakların özelliklerinin incelendiği bir araştırmada, sekonder mineral bileşimlerinde değişik miktarlarda Al, Fe, Mg, Si, K, Na ve Ca gibi elementler bulunduğu bildirilmiştir (İnce, 2010).

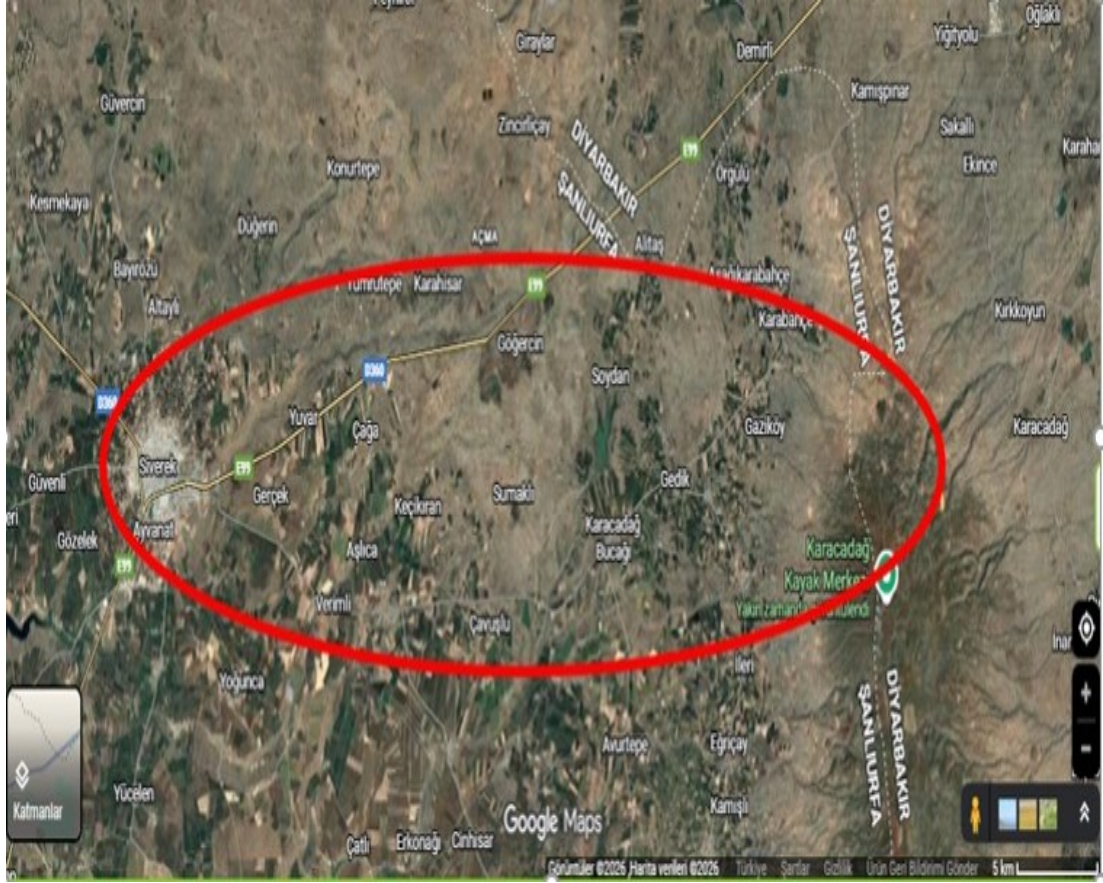
### 3. GEREÇ ve YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan bulunan Şanlıurfa ili (yüz ölçümü 18.584 km<sup>2</sup>), 37°43'23.413" -37°44'46.106" kuzey paralelleri ve 39°49'54.693" - 39°21'40.077" meridyenleri arasında yer alan Karacadağ-Siverek bölgesinde gerçekleştirilecektir (Şekil 3.1.-3.5.).



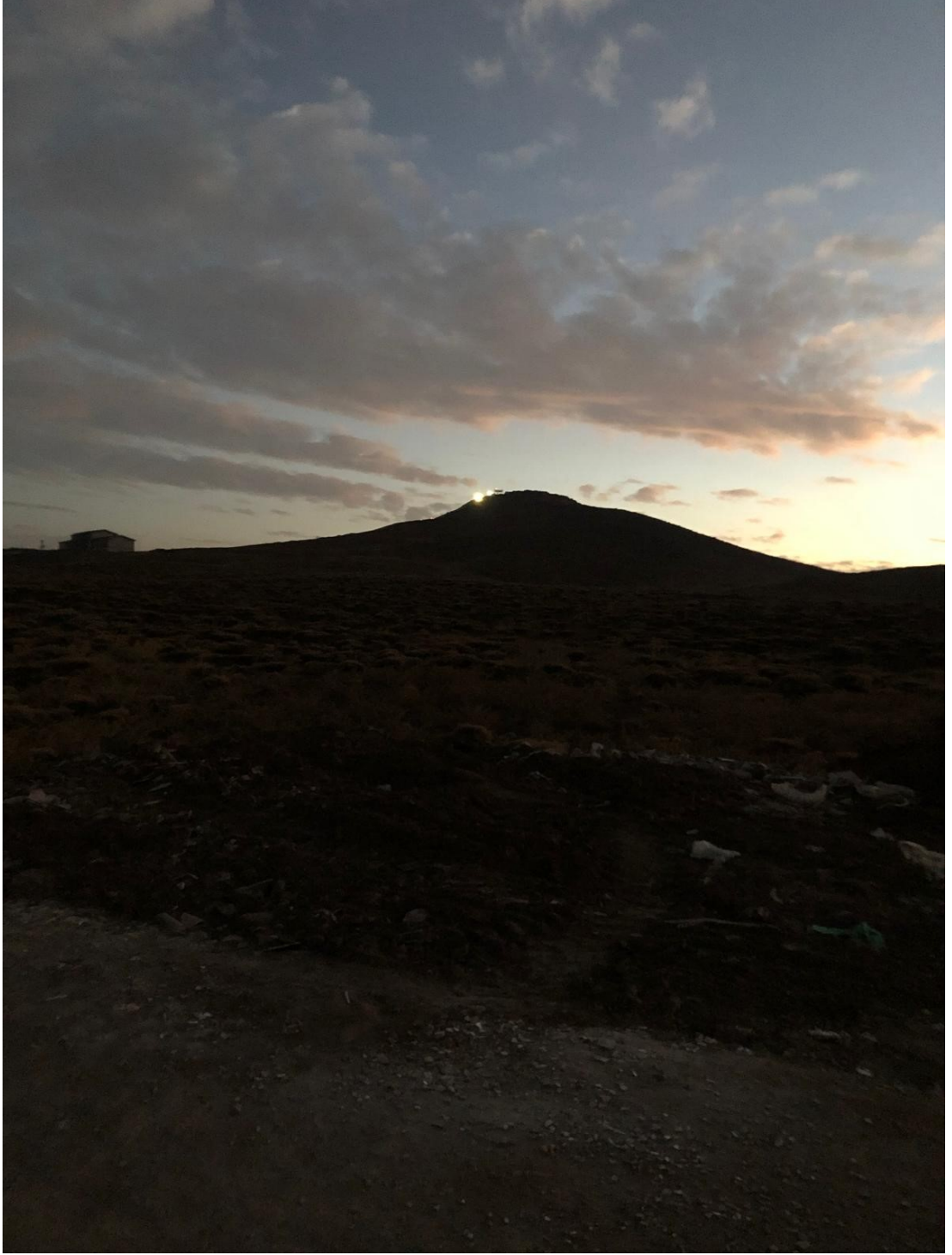
Şekil 3.1. Çalışma alanının koordinatlara göre haritada gösterilmesi



Şekil 3.2. Çalışma alanı uydu görüntüsü (Google Maps)



Şekil 3.3. Çalışma alanlarından görüntüler



Şekil 3.4. Karacadağ'dan bir görüntü



Şekil 3.5. Saha çalışması görüntüleri

### 3.2. Örneklerin Toplanması ve Hazırlanması

Çalışmada, örnek alınacak alanların belirlenmesi için büro çalışması yapılmış ve buna göre, Karacadağ'ın farklı 3 lokasyonunun (yükseltinin, 1838m, 1241m, 850m) 3 farklı noktasından, 0-30 cm ve 30-60 cm (Şekil 3.6., Şekil 3.7.) olmak üzere 2 farklı derinlikten toplam 18 toprak ve 18 kayaç örnekleri usulüne uygun olarak alınmıştır. Toplanan tüm toprak ve kayaç örnekleri ayrı ayrı poşetlere konulmuş ve etiketlenmiştir. Her örnek için yükselti (rakım), konum ve baki bilgilerini içeren Global Positioning System (GPS) koordinatları kaydedilmiştir. Laboratuvara analiz için poşet içerisinde getirilen toprak örneklerinin kurutma işlemini hızlandırmak ve 2 mm'den büyük taneciklerin ayrışmasını kolaylaştırmak için kesekler ufaltılmıştır. Daha sonra içerisindeki taş, kök ve diğer yabancı maddeler elle temizlenmiştir. Toprak örnekleri oda ısısında kurutulmuş (Şekil 3.8.) ve kuruduktan sonra 2 mm'lik elekten elenmiştir (Şekil 3.9.).

Elek altında kalan kısım fiziksel ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere tartıldıktan

sonra kese kağıtlarına konulup etiketlenerek saklanmıştır (Şekil 3.10.).

Çalışma alanından alınan tüm kayaç örnekleri (Şekil 3.11.) ve toprak örnekleri XRD ve XRF analizleri için Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü'ne (MTA'ya) gönderilmiştir.



Şekil 3.6. 0-30cm, 30-60 derinliklerden toprak örneği alımı





Şekil 3.8. Oda ısısında toprak örneklerinin kurutulması



Şekil 3.9. Oda ısısında kurutulan eleme sonrasındaki toprak örnekleri



Şekil 3.10. Toprak örneklerinin tartılması ve kese kâğıtlarına koyulması



Şekil 3.11. Çalışma alanından alınan kayaç örnekleri

### 3.3. Toprağın Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toprakların pH, bünye, EC, bünye, kireç içeriği, organik madde, fosfor ve potasyum analizleri yapılmıştır.

**A. Toprak Reaksiyonu (pH)**

1:2.5'lik toprak ve saf su (w/v) karışımı 2 saat sonra nispeten berraklaşan kısımda cam elektrodlu pH-metre ile ölçülmesi suretiyle belirlenmiştir (Richards, 1954; Tüzüner, 1990) (Şekil 3.12.).

**B. Elektriksel İletkenlik (EC (dS m<sup>-1</sup>))**

Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, pH ölçümü için hazırlanan 1:2.5 oranındaki toprak: saf su (w/v) süspansiyonlarında EC metre ile ölçülmüştür (Richards, 1954; Tüzüner, 1990). Çalışma kapsamında analiz edilen 18 adet toprak örneğinin EC değerleri ölçülmüştür (Şekil 3.12.).

**C. Toprak Tekstür analizi (%)**

Toprak örneklerinin % kum, % silt ve % kil içerik oranları "Bouyocous Hidrometre" yöntemiyle belirlenerek tekstür sınıfları tespit edilmiştir (Bouyoucos, 1951).

**D. Kireç içeriği (CaCO<sub>3</sub> (%))**

Kireç içeriğinin belirlenmesinde ise % 10'luk HCl asit kullanılmıştır. Kireç miktarı, toprak örneğinin kapalı bir sistemde asitle karıştırılarak kalsiyum karbonatın ayrışması sonucu ortaya çıkan CO<sub>2</sub>'in standart sıcaklık ve basınç altındaki hacmi esas alınarak tespit edilmiştir (Allison ve Moode, 1965).

**E. Organik Madde (%)**

Toprakların organik madde (OM) içerikleri, Walkey-Black yaş yakma yöntemi kullanılarak titrimetrik olarak belirlenmiş ve sonuçlar yüzde olarak değerlendirilmiştir (Kacar, 1994; Richards, 1954) (Şekil 3.13.).

**F. Alınabilir Fosfor Analizi (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/da))**

Alınabilir fosfor analizi, asit topraklarda (Bray ve Kurtz, 1945) yöntemine göre, alkalın reaksiyonlu topraklarda ise (Olsen vd., 1954) metoduna göre ekstrakte edilerek ve spektrofotometrede belirlenmiş olup P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/da) olarak ifade edilmiştir (Bray ve Kurtz, 1945; Olsen vd., 1954; Tüzüner, 1990).

**G. Alınabilir Potasyum (K<sub>2</sub>O (kg/da))**

Alınabilir potasyum analizi amonyum asetat yöntemine göre yapılmış olup  $K_2O$  (kg/da) olarak ifade edilmiştir (Richards, 1954; Tüzüner, 1990).

**H. Toprak Su Doymunluğu** Bünye analizi, su ile doymunluk analizi ile yapılmış olup, % olarak değerlendirilmiştir (Richards, 1954; Tüzüner, 1990).



Şekil 3.12. pH ve EC analizleri



**Şekil 3.13.** Organik madde analizi

### 3.4. X-ışını Floresans (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 (Şekil 3.14.).

X-ışını floresansı, sıvılar, katılar ve tozlar gibi her tür numunede element analizi için kullanılan yöntemlerden biridir (Seyama vd., 2006). Kayaçların birçoğu, oldukça zengin mineral yelpazesine sahip olmaları (Shackley, 2011) nedeniyle XRF ile nitel ve nicel element analizleri gerçekleştirilebileceğini belirtmişlerdir (Mantler ve Schreiner, 2000). Nitel analizler numunelerde bulunan elementleri belirlemek için kullanılırken, nicel analizler numunelerdeki bileşenlerin yüzdesel miktarlarını belirler (Sarıaltun vd., 2023).

XRF ile element analizi yapılmak üzere tüm kayaç ve toprak örnekleri MTA'ya gönderilmiştir. SiO<sub>2</sub> (Silisyum di oksit), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Alüminyum oksit), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Demir (III) oksit), CaO (Kalsiyum oksit), MgO (Magnezyum oksit), NaO (Sodyum oksit), KO (Potasyum oksit), TiO<sub>2</sub> (Titanyum di oksit), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Di fosfor penta oksit), MnO (Mangan (II) oksit) gibi ana oksitler XRF ile MTA'da çalışılmıştır.

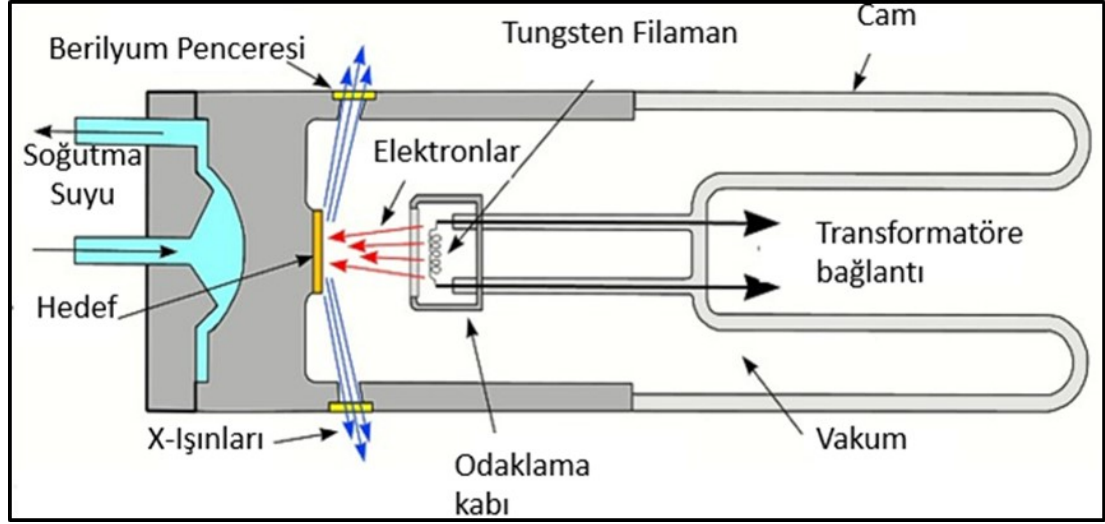
Numuneler pres pelet numune hazırlama yöntemine göre hazırlanmış ve XRF spektrometresinde yarı kantitatif analiz yöntemi ile analiz edilmiştir.

#### **Pelet hazırlama işlemi**

Kızdırma kaybı hesaplanan numunelerden belirli bir miktar örnek üzerine bağlayıcı (selüloz) katılarak bilyeli wolfram kaplarla tartılmış ve 235 rpm devirde 15 dakika boyunca değirmende döndürülerek bağlayıcı ile numunenin homojen olarak birbirine karışması sağlanmıştır. Selüloz organik bir bileşik olması nedeniyle XRF cihazı tarafından görülmez. Değirmende yeterli derece homojen hale gelen örnek 15-40 ton basınç altında preslenerek tablet haline getirilmiştir.

#### **Cihazda okuma**

Tablet haline getirilen numuneler WD-XRF cihazında yarı kantitatif programda okunarak sonuçlandırılmıştır. Numunelerin analizinde dalga boyu dağılımlı (WD) Thermo ARL marka Perform'x model WD-XRF spektrometresi kullanılmıştır.



Şekil 3.14. Bir X-Işını tüpünün şematik kesiti

### 3.5. X-Işını Difraksiyonu/Kırınımı (XRD) Analizi

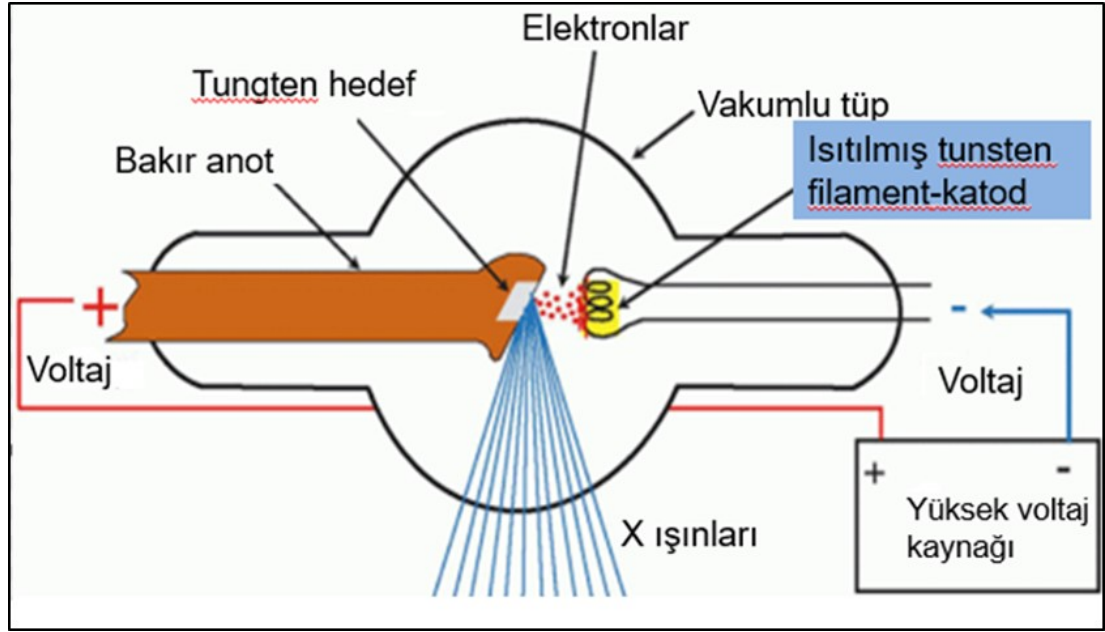
Bu çalışmada, toprağın kum, silt (mil) ve kil fraksiyonlarında ve kayada bulunan minerallerin tespiti, jeolojik araştırmalarda ve mineral karakterizasyonunda yaygın biçimde kullanılan önemli bir mineral analiz yöntemi kabul XRD (Ali vd., 2022; Bristow vd., 2018; Harris ve Norman White, 2008; Liu vd., 2016; Szabo vd., 2025; Thorpe vd., 2019; Tzvetanova vd., 2020) yöntemi yapılmış olup ve sonuçların yorum analizi yapılmıştır. Laboratuvara getirilen kayaç ve toprak örnekleri ayrıca temiz, kalın şeffaf bir naylon torba içerisine koyulup etiketlenmiştir. Her bir etikette, okunabilir bir şekilde numune numarası, lokasyonu, bölgesi, derinliği, yükseltisi yazılmıştır. Kayaç örneklerinde ince kesit yapılmak, toprak ve kayada XRD ile mineral analizi, toprakta detay kil XRD difraktogram analizleri yapılmak üzere hizmet alımı karşılığında MTA'ya gönderilmiştir. Örnekler XRD analizi için hazırlanmıştır (Şekil 3.15.). Mineralojik karakterizasyon amacıyla, alt örnekler 38  $\mu\text{m}$ 'den daha ince olacak şekilde öğütülmüş ve birincil minerallerin göreceli bolluğunu belirlemek için Türkiye MTA laboratuvarlarında XRD ile analiz edilmiştir. Bu numunelerin mineralojisi, tüm toprak ve kayaçlar, havada kurutulmuş, etilen glikol ve 350<sup>0</sup>C, 550<sup>0</sup>C ısı işleme tabi tutulmuş, XRD kil mineral bileşiminin detaylı analizi ile gerçekleştirilmiştir.

XRD analizleri, Cu X-ışın tüplü, LynxEye Xe-T dedektörlü ve 90 numune yükleyiciye sahip Bruker D8 Advance cihazı ile tüm kaya çekimleri 4-70 2 $\theta$ , kil çekimleri 4-30 2 $\theta$

açılırları arasında olacak şekilde 0.040 step size, 40 s time per step parametreleri ile 40 kV-40 mA voltaj altında yapılmıştır. X ışını üretimi için minimum gerekli koşullar Şekil 3.16.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Toprakta XRD ile detay kil analizi için örneklerin hazırlanması



**Şekil 3.16.** X-ışını üretimi için gerekli koşullar (X-ışını üretimi için gerekli koşullar olan minimum koşullar; bir elektron kaynağı ve hedefi, boşaltılmış (vakumlu) bir tüp ve elektrotların yüksek gerilim kaynağına bağlanmasıdır.)

### 3.6. İstatistiksel Analiz

Nitel analizler numunelerde bulunan elementleri belirlemek için kullanılırken, nicel analizler numunelerdeki bileşenlerin yüzdesel miktarlarını belirler (Sarıaltun vd., 2023). Bu çalışmada da nitel ve nicel analizler yapılmıştır. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde, IBM SPSS Statistics (v.21, IBM Corp., Armonk, NY, USA) paket programı kullanılmıştır. Sürekli değişkenler, ortalama  $\pm$  standart sapma olarak, kategorik veriler frekans (%) olarak hesaplanmıştır. Yapılan normallik testleri (Shapiro, çapıklık ve basıklık) sonucunda sürekli değişkenlerin normal dağılım göstermediği saptanmıştır. Değişkenlerin normal dağılım göstermemesi nedeniyle gruplar arasındaki farkı belirlemek için nonparametrik testlerden Mann-Whitney U testi; normal dağılım göstermeyen gruplarda üç veya daha fazla sayıda grubun ortalamaları arasındaki farklılığın anlamlılığını analiz etmek için ise nonparametrik testlerden Kruskal Wallis H testi kullanılmıştır. Kategorik veriler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Fisher's Exact test; değişkenler ilişkisinin yönünü ve şiddetini belirlemek için Spermán's Rho test kullanılmıştır.  $P < 0.05$  değeri istatistiksel olarak anlamlı;  $P < 0.001$  istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı kabul edilmiştir.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Çalışma Alanı

Karacadağ'ın farklı 3 yükseltideki (1838 m, 1241m, 850m) lokasyonun 3 farklı bölgesinden, 0-30 cm ve 30-60 cm olmak üzere 2 farklı derinlikten toprak ve kayaç örnekleri usulüne uygun alınmıştır. Her örnek için yükselti (rakım), konum ve bakı bilgilerini içeren GPS koordinatları kaydedilmiştir (Çizelge 4.1.).

**Çizelge 4.1.** Çalışma alan koordinatları ve özellikleri~~~~~

Örnek no	Lokasyon no	Bölge/ Örnek no	Örnek Alma Derinliği	Örnek tipi	Koordinatlar-X	Koordinatlar-Y	Rakım
1	1. Bölge	1-1	0-30 cm	Toprak/Kayaç	D39°49'54.693''	K37°43'22.413''	1838 m
2		1-2	30-60 cm	Toprak/Kayaç	D39°49'54.693''	K37°43'22.413''	1838 m
3		2-1	0-30 cm	Toprak/Kayaç	D39°49'54.327''	K37°44'17.524''	1838m
4		2-2	30-60 cm	Toprak/Kayaç	D39°49'54.327''	K37°44'17.524''	1838 m
5		3-1	0-30 cm	Toprak/Kayaç	D39°49'54.088''	K37°43'22.783''	1838 m
6		3-2	30-60 cm	Toprak/Kayaç	D39°49'54.088''	K37°43'22.783''	1838 m
7	2. Bölge	1-1	0-30 cm	Toprak/Kayaç	D39°45'4.107''	K37°46'36.481''	1241 m
8		1-2	30-60 cm	Toprak/Kayaç	D39°45'4.107''	K37°46'36.481''	1241 m
9		2-1	0-30 cm	Toprak/Kayaç	D39°45'4.107''	K37°46'36.481''	1241 m
10		2-2	30-60cm	Toprak/Kayaç	D39°21'40.077''	K37°44'46.106''	1241 m
11		3-1	0-30 cm	Toprak/Kayaç	D39°21'40.077''	K37°44'46.106''	1241 m
12		3-2	30-60 cm	Toprak/Kayaç	D39°21'40.077''	K37°44'46.106''	1241 m
13	3. Bölge	1-1	0-30 cm	Toprak/Kayaç	D39°39'24.067''	K37°73'755.06''	850 m
14		1-2	30-60 cm	Toprak/Kayaç	D39°39'24.067''	K37°73'755.06''	850 m
15		2-1	0-30 cm	Toprak/Kayaç	D39°23'31.721''	K37°44'7.666''	850 m
16		2-2	30-60 cm	Toprak/Kayaç	D39°23'31.721''	K37°44'7.666''	850 m
17		3-1	0-30 cm	Toprak/Kayaç	D39°23'37.042''	K37°44'17.538''	850 m
18		3-2	30-60 cm	Toprak/Kayaç	D39°23'37.042''	K37°44'17.538''	850 m

### 4.2. Örneklerin Toplanması ve Hazırlanması

Çalışmada, örnek alınacak alanların belirlenmesi için büro çalışması yapılmış ve buna göre, Karacadağ'ın farklı 3 lokasyonunun (yükseltinin), (1838m, 1241m, 850m) 3 farklı noktasından, 0-30 cm ve 30-60 cm (Şekil 3.6., Şekil 3.7.) olmak üzere 2 farklı derinlikten toplam 18 toprak ve 18 kayaç örnekleri usulüne uygun olarak alınmıştır.

### 4.3. Toprağın Temel Fiziksel ve Kimyasal Analizleri

Toprakların pH, bünye, EC, bünye, kireç içeriği, organik madde, fosfor ve potasyum analizleri yapılmış olup Çizelge 4.2.'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.2.** Toprak örneklerinin temel fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (Yük. : Yükselti; Der. : Derinlik; Su doyg.: Su doygunluğu)

Örnek no	Yük. (m)	Bölge no	Der. (cm)	Su Doyg. (%)	pH (1:2.5w/w)	EC dS/m	Kireç (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da)	K <sub>2</sub> O (kg/da)	Or.mad. (%)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Tekstür Sınıfı
1	1838	1-1	0-30	60,0	6,33.	0,28	1,10	6,51	126,9	1,28	54,56	34,72	10,72	Kumlu killi tın
2			30-60	66,0	6,32	0,24	0,76	5,93	129,6	1,23	55,28	34,72	10,0	Kumlu killi tın
3		1-2	0-30	57,0	6,32	0,27	0,76	17,39	71,7	2,29	56,56	25,44	18,0	Kumlu killi tın
4			30-60	61,0	6,29	0,25	0,76	15,90	59,1	1,92	57,28	25,44	17,28	Kumlu killi tın
5		1-3	0-30	53,0	6,43	0,29	0,76	15,08	115,8	1,22	57,28	30,88	11,84	Kumlu killi tın
6			30-60	56,0	6,53	0,37	0,76	13,35	116,4	1,39	57,28	32,88	9,84	Kumlu killi tın
7	1241	2-1	0-30	70,0	6,87	0,96	0,76	2,06	73,2	2,03	49,28	42,88	7,84	Kumlu kil
8			30-60	67,0	7,21	0,99	0,76	1,65	54,3	1,43	47,28	42,16	10,56	Kumlu kil
9		2-2	0-30	69,0	7,06	0,94	0,76	1,48	86,7	1,83	49,28	41,44	9,28	Kumlu kil
10			30-60	70,0	7,25	1,01	0,76	1,32	75,3	1,28	47,84	43,16	9,0	Kumlu kil
11		2-3	0-30	64,0	7,01	0,85	0,76	1,24	78,0	1,11	47,84	42,16	10,0	Kumlu kil
12			30-60	62,0	6,97	0,95	0,76	2,72	36,9	3,74	47,84	42,16	10,0	Kumlu kil
13	850	3-1	0-30	63,0	7,34	1,03	6,08	4,86	127,8	3,2	65,84	24,16	10,0	Kumlu killi tın
14			30-60	62,0	7,43	0,84	7,60	3,05	78,6	2,77	65,84	24,16	10,0	Kumlu killi tın
15		3-2	0-30	57,0	7,54	0,78	9,88	1,73	83,4	1,78	64,84	22,16	13,0	Kumlu killi tın
16			30-60	63,0	7,61	0,82	6,84	1,32	65,1	2,56	57,84	29,16	13,0	Kumlu killi tın
17		3-3	0-30	72,0	7,75	1,03	2,66	1,81	102,6	2,57	55,84	34,16	10,0	Kumlu killi tın
18			30-60	68,0	7,71	1,10	3,04	2,22	101,7	1,82	55,84	34,16	10,0	Kumlu killi tın
Minimum değer				53,0	6,29	0,24	0,76	1,24	36,90	1,11	47,28	22,16	7,84	
Maksimum değer				72,0	7,75	1,10	9,88	17,39	129,60	3,74	65,84	43,16	18,0	
Ortalama±SD				63,33 ±1,27	6,99 ±0,5	0,72 ±0,07	2,53 ±0,69	5,53 ±1,34	87,95 ±6,46	1,96 ±0,17	55,20 ±6,12	33,66 ±7,40	11,13 ±2,68	

#### A. Toprak Reaksiyonu (pH)

Bu çalışmada, 1:2.5'lik toprak ve saf su (w/v) karışımı 2 saat sonra nispeten berraklaşan kısımda cam elektrodlu pH-metre ile ölçülmesi suretiyle pH değerleri 6,29 ile 7,75 arasında değişmekte olduğu ve ortalama pH değeri 6,99 bulunmuştur (Çizelge 4.2.). Yükseltiye göre toprak reaksiyonu (pH) dağılımı, Fisher's exact test sonuçlarına göre

istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bulunmuştur ( $p=0,00009$ ,  $p<0,001$ )(Çizelge 4.3.). Yapılan çalışma alanında, 1838m'den 850m'ye inildikçe, pH değerleri hafif asidik düzeyden hafif alkali düzeye yükselmiştir.

**Çizelge 4.3.** Yükseltiye göre toprak reaksiyon durumları

Yükselti	pH (Toprak Reaksiyonu)							
	Hafif asit		Nötr		Hafif alkalin		Toplam	
	n	%	n	%	n	%	n	%
1838m	5	83,3	1	16,7	0	0,0	6	33,33
1241m	0	0,0	6	100,0	0	0,0	6	33,33
850m	0	0,0	2	33,3	4	66,7	6	33,33
Toplam	5	27,8	9	50,0	4	22,2	18	100,0
Fisher's exact test; p18; $p=0,00009$ , $p<0,001$								

### B. Elektriksel İletkenlik (EC (dS m-1))

Çalışma kapsamında analiz edilen 18 adet toprak örneğinin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ölçülmüştür. EC değerleri 0,24 ile 1,10 arasında değişmekte olup, ortalama EC değeri  $0,72\pm0,07$  olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere bakıldığında toprak örneklerinin tuzsuz olarak sınıflandırılabilceği görülmektedir.

### C. Toprak Tekstür Analizi (%)

Çalışma alanı kapsamında analiz edilen toprakların % kum kapsamı, 47 ile 66 arasında değişmekte olup ortalaması  $55,20\pm6,12$  bulunmuştur. Topraklardaki % kil kapsamı, 22 ile 43 arasında değişmekte olup ortalaması  $33,66\pm7,40$  bulunmuştur. Toprak örneklerindeki % silt kapsamı 8 ile 11 arasında değişmekte olup ortalaması  $11,13\pm2,68$  bulunmuştur (Çizelge 4.2.).

Toprak örneklerinin tekstür sınıflandırması, Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından geliştirilen tekstür üçgeni sistemine göre yapıldı, silt ve kum oranlarından faydalanılarak toprakların fiziksel özellikleri de karakterize edildi. Bu sınıflandırmaya göre, %40'tan fazla kil içeren topraklar "Kil" sınıfına dahil edilmiştir. Kil oranı %27-40 arasında olan örnekler "Kil Tın", %20-27 aralığındaki örnekler "Tınlı Kil" olarak sınıflandırılmıştır. Kil içeriği %7-20 arasında değişen topraklar "Tın" grubuna alınırken, kil oranı %7'nin altında olan örnekler "Kumlu Tın" olarak belirlenmiştir. Bu sınıflandırma, toprakların su tutma kapasitesi, havalanma özellikleri ve tarımsal uygunlukları hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (USDA, 2023). Bu çalışmada toprak örneklerinin %67'si kumlu killi tın,

%33'ü kumlu kil özellikte bulunmuştur.

### C.1.Yükselti ile Toprak Bünyesi İlişkisi

Yükselti ile bünye sınıfı arasındaki ilişki istatistiksel olarak araştırılmıştır. Fisher's exact test sonuçlarına göre, yükselti ile toprak bünye tipleri arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p=0,00003$ ;  $p<0,001$ ) (Çizelge 4.4.). Orta yükseklikteki (1241 m) toprak örneklerinin tamamı (%100) kumlu kil yapısındayken, üst yükseklik (1838m) ve alt yükseklikteki (850m) toprak örneklerinin tamamı (%100) kumlu killi tın bünye yapısındadır. Bu durum, o bölgedeki bazaltın ayrışma hızı, killeşme süreçleri veya drenaj durumu ile açıklanabilir.

**Çizelge 4.4.** Yükselti ile toprak bünyesi ilişkisi

Yükselti (m)	Bünye Sınıfı				Toplam	
	Kumlu killi tın		Kumlu kil			
	n	%	n	%	n	%
1838m	6	100,0	0	0,0	6	33,33
1241m	0	0,0	6	100,0	6	33,33
850m	6	100,0	0	0,0	6	33,33
Toplam	12	66,7	6	33,3	18	100,0
Fisher's exact test; p	18; $p=0,00003$ , $p<0,001$					

### C.2.Çalışma Alanı Toprak Örneklerinin Bünye Sınıfı ve Mineral İlişkisi

Çalışma alanı toprak örneklerinin bünye sınıfına göre mineral dağılımı incelenmiştir. Kalsit, kumlu killi tın özellik gösteren 7 örnekte (%58) saptanırken kumlu kil özellikli toprakların hiçbirinde saptanmamıştır. Fisher's exact test sonuçlarına göre kalsit ile bünye sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p=0,025$ ;  $p<0,05$ ) (Çizelge 4.5.).

İllit, kumlu killi tın özellikli toprakların 8'inde (%67) bulunurken, kumlu kil özellikli toprakların hiçbirinde bulunmamıştır. Fisher's exact teste göre illit ile bünye sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p=0,011$ ;  $p<0,05$ ) (Çizelge 4.5.). Piroksen, kumlu killi tın özellikli toprakların 12'sinde (%100), kumlu kil özellikli toprakların ise

3'ünde (%50) bulunmuştur.

Fisher's exact test sonuçlarına göre piroksen ile bünye sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmuştur ( $p=0,025$ ;  $p<0,05$ ) (Çizelge 4.5.).

Çalışma alanı toprak örneklerinde XRD analizi ile tespit edilen saptanan diğer mineraller ve bünye sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 4.5.** Bünye sınıfı ve kalsit, piroksen, illit mineralleri ilişkisi

Bünye Sınıfı	Kalsit				Piroksen				İllit				Toplam	
	Var		Yok		Var		Yok		Var		Yok		n	%
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Kumlu kil	0	0,0	6	100,0	3	50,0	3	50,0	0	0,0	6	100,0	6	33,3
Kumlu killi tın	7	58,3	5	41,7	12	100,0	0	0,0	8	66,7	4	33,3	12	66,7
Toplam	7	38,9	11	61,1	15	83,3	3	16,7	8	44,4	10	55,6	18	100
Fisher's exact test; p	3,53; $p=0,038$ , $p<0,05$				4,05; $p=0,025$ , $p<0,05$				4,75; $p=0,013$ $p<0,05$					

#### D. Kireç İçeriği (CaCO<sub>3</sub> (%))

Çalışma kapsamında analiz edilen 18 adet toprak örneğinin %67'sinin kireçsiz, %11'inin az kireçli, %17'sinin orta kireçli ve %6'sının kireçli olduğu saptanmıştır. İçerdiği kireç durumuna göre çalışmadaki toprak örnekleri kireçli ve kireçsiz diye iki gruba ayrıldığında %67'sinin kireçsiz, %33'ünün de kireçli olduğu görülmüştür.

##### D.1. Yükselti ile Toprak Kireç İçeriği İlişkisi

Fisher's exact test analiz sonuçlarına göre, toprak kireç içeriği ile yükselti arasında istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönlü bir ilişki saptanmıştır ( $p=0,000162$ ,  $p<0,001$ ) (Çizelge 4.6.). Yapılan Fisher's Exact Testi analizi sonucunda, incelenen Karacadağ-Siverek bölgesinde yükseklik arttıkça toprak yapısının kireçliden kireçsive doğru kesin bir geçiş yaptığı tespit edilmiştir. Üst yükselti (1838m) ve orta yükseltiden alınan (1241m) toprak örneklerinin tamamı (%100) kireçsiz, taban yükseltiden (850m) alınan tüm toprak örnekleri ise (%100) kireçli bulunmuştur ( $p<0,001$ ). Düşük rakımda (850m) yüksek kireç ortalaması  $6,02\pm 0,2$  ve pH ( $7,6\pm 0,06$ ) ortalama değeriyle alkali bulunmuştur.

**Çizelge 4.6.** Yükselti ile toprak kireç içeriği ilişkisi

Yükselti (m)	Kireç İçeriği (CaCO <sub>3</sub> (%))				Toplam	
	Kireçli		Kireçsiz			
	n	%	n	%	n	%
1838m	0	0,0	6	100,0	6	33,33
1241m	0	0,0	6	100,0	6	33,33
850m	6	100,0	0	0,0	6	33,33
Toplam	6	33,3	12	66,7	18	100,0
Fisher's exact test; p	16,50; p=0,000162, p<0,001					

## D.2. Kireç Durumu ve Mineral İlişkisi

Çalışma kapsamında analiz edilen 18 adet toprak örneği, kireçli ve kireçsiz olmak iki gruba ayrılmış olup bu gruplara göre mineralojik ilişki araştırılmıştır. Kireçli toprakların tamamında (%100) kalsit bulunurken, kireçsiz toprakların sadece 1'inde (%83) kalsit bulunmuştur. Fisher's exact test analiz sonucuna göre kireçli topraklar ile kalsit arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p<0,001) (Çizelge 4.7.).

Kireçli toprakların tamamında (%100) amorf bulunurken, kireçsiz toprakların 3'ünde (%25) amorf bulunmuş, 9'unda (%75) amorf bulunmamıştır. Fisher's exact test analiz sonucuna göre kireçli topraklar ile amorf arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p<0,05) (Çizelge 4.7.). XRD ile tespit edilen diğer mineraller ile kireç içeriği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (p>0,05).

**Çizelge 4.7.** Kireç ile kalsit, amorf ilişkisi

Kireç İçeriği	Kalsit				Amorf				Toplam	
	Var		Yok		Var		Yok			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Kireçli	6	100,0	0	0,0	6	100,0	0	0,0	6	33,3
Kireçsiz	1	8,3	11	91,7	3	25,0	9	75,0	12	66,7
Toplam	7	38,9	11	61,1	9	50,0	9	50,0	18	100
Fisher's exact test; p	10,54; p=0,00037, p<0,001				6,25; p=0,009, p<0,05					

## E. Organik Madde (%)

Çalışma alanı toprak örneklerine ait organik madde değerleri incelendiğinde;

değerlerin %1,11 ile %3,74 arasında değiştiği, ortalamasının da 1,96 olduğu saptanmıştır. Topraklar organik madde oranlarına göre incelendiğinde, %39’unda düşük, %50’sinde orta, %11’inde de yüksek seviyede organik maddeye sahip olduğu görülmektedir. Yükselti ile organik madde miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır ( $p=0,006$ ,  $p<0,05$ ) (Çizelge 4.8.).

**Çizelge 4.8.** Yükselti ile topraktaki organik madde ilişkisi

Yükselti	Organik Madde							
	Düşük		Orta		Yüksek		Toplam	
	n	%	n	%	n	%	n	%
1838m	4	66,7	2	33,33	0	0,0	6	33,33
1241m	3	50,0	2	33,33	1	16,7	6	33,33
850m	0	0,0	5	83,3	1	16,7	6	33,33
Toplam	7	38,9	9	50,0	2	11,1	18	100,0

Fisher’s exact test;  $p=6,91$ ;  $p=0,006$ ,  $p<0,05$

### E.1. Yükselti ile Topraktaki Organik Madde İlişkisi

Kruskal-Wallis H Analiz sonuçlarına veriler incelendiğinde, yükselti azaldıkça ölçülen organik madde değerlerinin sistematik olarak arttığı gözlemlenmiştir ( $p<0,05$ ). En düşük ortalama 1838 metrede (%1,39) görülürken, en yüksek ortalama 850 metre grubunda (%2,45) toplanmıştır. Bu durum, düşük rakımlı bölgelerin (858m), yüksek rakımlı bölgelere (1838m) kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bir organik madde birikimine sahip olduğunu göstermektedir. Yapılan Kruskal-Wallis H testi sonucunda, yükselti grupları arasında organik madde (veya ölçülen parametre) açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ( $H= 8,83$ ,  $p < 0,05$ ). Elde edilen ( $p = 0,012$ ) değeri, gruplar arasındaki farkın tesadüfi olmadığını ve yükseltinin ölçülen değer üzerinde belirleyici bir etkisi olduğunu kanıtlamaktadır. Organik madde sıra ortalamasına bakıldığında 850m rakımda en yüksek sıra ortalaması (13,17), 1838m rakımda ise en düşük sıra ortalaması (6,52) saptanmıştır (Çizelge 4.12.).

### F. Alınabilir Fosfor Analizi ( $P_2O_5$ (kg/da))

Çalışma alanı toprak örneklerinin %56’sında çok düşük, %22’sinde düşük, %22’sinde çok yüksek düzeyde alınabilir fosfor saptanmıştır. 1838 m yükseklikte alınan örneklerin %67’sinde çok yüksek miktarda fosfor düzeyi tespit edilirken %33,3’ünde düşük düzeyde fosfor miktarı tespit edilmiştir. 1241 m yükseltideki toprakların tamamında %100 çok düşük,

850 m yükseklikteki örneklerin %67 sinde çok düşük ve %33,3'ünde düşük fosfor düzeyi saptanmıştır.

**Çizelge 4.9.** Yükselti ile topraktaki fosfor ilişkisi

Yükselti	Alınabilir Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da))							
	Düşük		Çok Düşük		Çok Yüksek		Toplam	
	n	%	n	%	n	%	n	%
1838m	2	33,3	0	0,0	4	66,7	6	33,33
1241m	0	0,0	6	100,0	0	0,0	6	33,33
850m	2	33,3	4	66,7	0	0,0	6	33,33
Toplam	4	22,2	10	55,6	4	22,2	18	100,0
Fisher's exact test; p=0,00132, p<0,001								

### F.1. Yükselti ile Toprak Fosfor İlişkisi

Fisher's exact test anliz sonucuna göre yükseltiye göre alınabilir fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/da)) istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bulunmuştur (p<0,001) (Çizelge 4.9.).

Yapılan Kruskal Wallis H testi sonucuna göre de veriler, yükselti arttıkça fosfor miktarının doğrusal olmayan bir şekilde arttığını, ancak en yüksek rakımda 1838 m'de (ortalama 12,36 kg/da) dramatik bir artış olduğunu göstermektedir. Yükselti ile toprakta bulunan fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p<0,001) (Çizelge 4.12.).

### F.2. Alınabilir Fosfor ile Mineral Arasındaki İlişki

Fisher's exact test sonucuna göre fosfor düzeyi düşük olan toprak örneklerinin tamamında (%100) montmorillonit mineraline rastlanmıştır. Öte yandan, fosfor düzeyi yüksek olan toprak örneklerinde montmorillonit bulunmama oranı %75 olarak saptanmıştır. Toprak örneklerin alınabilir fosfor içerikleri ile montmorillonit mineral varlığı arasındaki istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p<0,05) (Çizelge 4.10.).

Fisher's Exact Test sonucuna göre, toprak örneklerinde alınabilir fosfor miktarı ile amfibol mineralinin mevcudiyeti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p<0,05) (Çizelge 4.10.).Amfibol minerali toprakların büyük çoğunluğunda (%86) mevcuttur. Fosfor düşüken amfibolün yokluk oranı oldukça düşüktür (%14). Yüksek fosfor seviyelerinde, amfibol mineralinin yokluk oranı (%75,0) baskın hale gelmektedir.

Alınabilir fosfor ile illit smektit ve mika illit mineralleri arasında istatistiksel olarak

anlamli bir ilişki saptanmıştır ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 4.10.).

**Çizelge 4.10.** Alnabilir fosfor ile montmorillonit, amfibol, illit smektit, mika illit ilişkisi

Alnabilir Fosfor	Mineraller															
	Montmorillonit				Amfibol				İllit-Smektit				Mika illit			
	Var		Yok		Var		Yok		Var		Yok		Var		Yok	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Düşük	14	100	0	0,0	12	85,7	2	14,3	0	0,0	14	100	0	0,0	14	100
Yüksek	1	25,0	3	75,0	1	25,0	3	75,0	2	50,0	2	50,0	2	50	2	50,0
Toplam	15	83,3	3	16,7	13	72,2	5	27,8	2	11,1	16	88,9	2	11,1	16	88,9
Fisher's exact test;p	7,77; $p=0,005$ , $p < 0,05$				3,09; $p=0,044$ , $p < 0,05$				3,6; $p=0,039$ , $p < 0,05$				3,6; $p=0,039$ , $p < 0,05$			

**Çizelge 4.11.** Yükselti ile topraktaki potasyum ilişkisi

Yükselti	Alnabilir Potasyum ( $K_2O$ (kg/da))					
	Yüksek		Çok Yüksek		Toplam	
	n	%	n	%	n	%
1838m	4	66,7	2	33,3	6	33,3
1241m	0	0,0	6	100,0	6	33,3
850m	3	50,0	3	50,0	6	3,3
Toplam	7	38,9	11	61,1	18	100,0
Fisher's exact test; p	6,042; $p=0,095$ , $p > 0,05$					

### G. Alnabilir Potasyum ( $K_2O$ (kg/da))

Toprakların, %61'inde çok yüksek ve %39'unda yüksek düzeyde alnabilir potasyum saptanmıştır. Tüm toprak örneklerinde alnabilir potasyumun yüksek ve çok yüksek seviyelerde bulunması nedeniyle, yapılan Fisher's exact test sonuçlarına göre, yükselti ile potasyum seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamli bir ilişki saptanmamıştır ( $p=0,095$ ,  $p > 0,05$ ) (Çizelge 4.11.).

### H. Toprak Su Doğunluğu

Toprak su doğunluk analizi yapılmış olup % olarak ifade edilmiştir (Richards, 1954; Tüzüner, 1990). Çalışma alanından alınan tüm toprak örneklerinin su doğunluğu ortalaması %  $63,33 \pm 5,42$  bulunmuştur. Kruskal Wallis H test analiz sonuçlarına göre yükselti ile su doğunluğu arasında istatistiksel olarak anlamli bir fark vardır ( $p=0,016$ ,  $p < 0,05$ ) (Çizelge

4.12.). Yükselti, su doygunluğu üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Çalışma bulgularına göre en yüksek su doygunluğu 1241 metrede ( $67,0 \pm 3,34$ , en düşük ise 1800 metrede ( $58,8 \pm 4,53$ ) gözlemlenmektedir. Özellikle 1838 metredeki belirgin düşüş, yüksek rakımlarda toprak tekstürünün değişimi, organik madde miktarının azalması veya yüksek eğim nedeniyle artan yüzey akışının (run-off) bir sonucu olarak yorumlanabilir. Analiz sonucunda, 1241 metre rakımının en yüksek su doygunluk değerine ( $67,0 \pm 3,34$ ) sahip olması dikkat çekicidir.

#### Kruskal Wallis H Test Analiz Sonuçları

Kruskal Wallis H test analiz sonuçlarına göre yükselti ile çalışma toprak örnekleri pH, EC,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , toprak kil ve kum seviyeleri arasında ileri düzeyde anlamlı ilişki saptanmıştır ( $p < 0,001$ ). Kruskal Wallis H test analiz sonuçlarına göre yükselti ile çalışma toprak örnekleri organik madde, su doygunluğu seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). Kruskal Wallis H test analiz sonuçlarına göre yükselti ile çalışma toprak örnekleri  $\text{K}_2\text{O}$  ve silt seviyeleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p > 0,05$ ) (Çizelge 4.12.).

**Çizelge 4.12.** Yükseltiye göre fiziksel ve kimyasal faktörler (\*Anlamlı, \*\*İleri düzeyde anlamlı)

Fiziksel ve kimyasal faktörler	Yükselti (m)										Kruskal Wallis H	P
	1838m			1241m			850m					
	Ort. %	SD	Sıra Ort. (Mean Rank)	Ort. %	SD	Sıra Ort. (Mean Rank)	Ort. %	SD	Sıra Ort. (Mean Rank)			
pH	6,37	0,09	3,5	7,06	0,14	9,5	7,56	0,15	15,5	15,17	0,001**	
EC (dSm-1)	0,28	0,04	3,5	0,95	0,05	12,5	0,93	0,13	12,5	11,38	0,001**	
$\text{CaCO}_3$	0,82	0,13	7,0	0,76	0,0	6,0	6,02	2,76	15,5	14,84	0,001**	
OM	1,55	0,44	6,58	1,90	0,96	8,75	2,5	0,55	13,17	8,83	0,012*	
$\text{P}_2\text{O}_5$	12,36	4,93	15,5	1,74	0,55	5,08	2,49	1,29	7,92	12,23	0,001**	
$\text{K}_2\text{O}$	103,3	30,09	11,83	67,4	18,34	5,83	93,2	22,16	10,83	4,35	0,12	
Kil	30,68	4,29	7,83	42,32	0,61	15,5	27,99	5,30	5,17	12,22	0,001**	
Silt	12,94	3,71	12,33	9,44	0,96	5,67	11,00	1,54	10,50	5,3	0,63	
Kum	56,37	1,18	10,83	48,22	0,84	3,50	61,00	4,99	14,17	12,68	0,001**	
Su doygunluğu	58,83	4,53	4,92	67,0	3,34	13,25	64,16	5,19	10,33	7,56	0,016*	

#### 4.4. X-ışını Floresans (XRF) Spektroskopisi Analizleri

##### A. X-ışını Floresans (XRF) Spektroskopisi Analizi Sonucu Tespit Edilen Majör Oksitler (Bileşikler)

MTA'ya gönderilen tüm kayaç ve toprak örnekleri, XRF ile analiz edilmiştir.  $\text{SiO}_2$

(Silisyum di oksit),  $Al_2O_3$  (Alüminyum oksit),  $Fe_2O_3$  (Demir (III) oksit), CaO (Kalsiyum oksit), MgO (Magnezyum oksit), NaO (Sodyum oksit), KO (Potasyum oksit),  $TiO_2$  (Titanyum di oksit),  $P_2O_5$  (Di fosfor penta oksit), MnO (Mangan (II) oksit) gibi ana oksitler XRF ile tespit edilmiştir. XRF analiz sonuçlarına göre toprak ve kayalardaki en yüksek ortalama sahip element %45  $SiO_2$ , %17  $Al_2O_3$ , %14  $Fe_2O_3$ , %7 CaO ve sırasıyla diğer elementler %4 MgO, %2  $TiO_2$ , %1,5  $Na_2O$ , %1,2  $K_2O$  ve %0,5  $P_2O_5$ , %0,2 MnO olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.13.). Toprak örneklerinde bulunan bileşikler ve miktarları Çizelge 4.14.'te, kayaç örneklerinde bulunan bileşikler ve miktarları da Çizelge 4.15.'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.13.** Toprak ve kayalardaki toplam bileşik ortalamaları

Bileşikler	n	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
$Al_2O_3$	36	1,20	24,10	16,76	3,89
CaO	36	0,50	48,40	7,20	8,00
$Fe_2O_3$	36	1,00	18,90	13,73	3,34
$K_2O$	36	0,10	4,00	1,17	0,56
MgO	36	0,50	6,10	3,75	1,60
MnO	36	0,10	0,40	0,24	0,06
$Na_2O$	36	0,10	4,70	1,45	1,31
$P_2O_5$	36	0,10	0,80	0,50	0,20
$SiO_2$	36	12,60	58,00	45,21	7,11
$TiO_2$	36	0,10	3,10	2,36	0,67

**Çizelge 4.14.** Toprak örneklerinde bulunan bileşikler ve miktarları (Tek: Tekerrür; Der: Derinlik; Yük. : Yükselti; SD: Standard sapma)

Örn. no	Yük. (m)	Tek.	Der. (cm)	Toprak Örneklerinde Bulunan Bileşikler ve Miktarları (%)									
				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>
1	1838	1-1	0-30	23,70	0,50	18,60	1,40	1,50	0,30	0,20	0,50	39,30	2,80
2			30-60	24,10	0,50	18,40	1,30	1,40	0,30	0,10	0,50	39,20	2,80
3		1-2	0-30	19,90	1,20	18,90	1,40	2,30	0,30	0,50	0,70	41,70	2,80
4			30-60	20,10	1,10	18,80	1,40	2,30	0,30	0,50	0,70	41,70	2,80
5		1-3	0-30	23,40	0,90	18,90	1,30	1,60	0,30	0,30	0,60	39,00	3,00
6			30-60	23,80	,70	18,80	1,30	1,50	0,30	0,20	0,50	38,80	2,90
7	1241	2-1	0-30	17,30	2,30	12,70	1,20	2,40	0,30	0,30	0,30	50,30	2,40
8			30-60	17,00	2,40	12,70	1,10	2,40	0,30	0,30	0,30	51,10	2,20
9		2-2	0-30	17,20	2,10	12,30	1,30	2,60	0,30	0,30	0,30	51,40	2,20
10			30-60	17,20	2,10	12,20	1,30	2,60	0,30	0,30	0,20	51,80	2,20
11		2-3	0-30	16,90	2,10	12,70	1,20	2,30	0,40	0,30	0,20	52,60	2,50
12			30-60	16,50	2,30	12,40	1,10	2,30	0,30	0,30	0,30	52,40	2,50
13	850	3-1	0-30	14,40	8,70	11,10	1,40	3,80	0,20	0,90	0,40	46,20	1,70
14			30-60	14,40	9,50	10,20	1,10	3,80	0,20	0,90	0,40	47,80	1,60
15		3-2	0-30	14,70	9,70	10,90	1,20	3,70	0,20	0,70	0,30	45,90	1,60
16			30-60	16,40	6,40	11,90	1,30	3,70	0,20	0,40	0,30	47,80	1,70
17		3-3	0-30	16,30	4,90	11,50	1,40	3,80	0,20	0,40	0,20	49,50	1,50
18			30-60	16,70	4,60	11,70	1,40	3,70	0,20	0,30	0,20	49,30	1,60
Minimum değer				14,40	0,50	10,20	1,10	1,40	0,20	0,10	0,20	38,80	1,50
Maksimum değer				24,10	9,70	18,90	1,40	3,80	0,40	0,90	0,70	52,60	3,00
Ortalama±SD				18,33 ±3,33	3,4 ±3,13	14,15 ±3,39	1,28 ±0,10	2,65 ±0,88	0,27 ±0,05	0,40 ±0,22	0,38 ±0,16	46,43 ±5,12	2,26 ±0,53

**Çizelge 4.15.** Kayaç örneklerinde bulunan bileşikler ve miktarları (Tek. : Tekerrür; Der. : Derinlik; Yük. : Yükselti; SD: Standard sapma)

Örn. no	Yük. (m)	Tek.	Der. (cm)	Kayaç Örneklerinde Bulunan Bileşikler ve Miktarları (%)									
				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>
1	1838	1-1	0-30	16,40	9,60	14,40	0,90	5,60	0,20	3,20	0,60	45,20	3,00
2			30-60	17,50	8,10	15,50	1,00	5,30	0,20	2,50	0,70	43,40	3,10
3		1-2	0-30	15,50	8,40	13,90	1,20	5,50	0,20	3,40	0,70	47,70	2,50
4			30-60	16,70	7,70	14,00	1,20	5,50	0,20	,30	0,70	46,90	2,50
5		1-3	0-30	19,20	7,20	15,10	,90	5,00	0,20	2,10	0,80	42,40	2,90
6			30-60	17,70	7,80	15,50	1,00	5,60	0,20	2,30	0,70	42,80	3,00
7	1241	2-1	0-30	15,80	9,10	14,10	1,00	5,20	0,20	2,50	0,60	46,50	2,80
8			30-60	15,80	9,70	14,40	0,90	5,30	0,30	3,00	0,60	45,80	3,00
9		2-2	0-30	16,90	9,00	14,70	0,90	5,10	0,30	2,60	0,70	45,00	3,00
10			30-60	16,20	9,90	14,10	1,00	5,20	0,30	3,30	0,60	45,70	2,90
11		2-3	0-30	15,80	10,00	14,20	1,00	5,30	0,30	3,30	0,60	46,10	3,00
12			30-60	16,90	7,10	15,20	0,50	4,70	0,20	2,10	0,50	45,60	3,00
13	850	3-1	0-30	15,00	3,40	9,60	4,00	2,00	0,20	4,70	0,80	58,00	1,00
14			30-60	11,70	11,60	13,20	1,20	6,10	0,20	3,00	0,70	40,70	2,20
15		3-2	0-30	13,20	14,50	13,30	0,50	5,50	0,30	2,10	0,60	42,20	2,00
16			30-60	16,50	7,30	13,30	0,90	5,50	0,20	1,50	0,40	48,20	2,00
17		3-3	0-30	1,20	48,4	1,00	0,10	0,50	0,10	,10	0,10	12,60	0,10
18			30-60	15,30	8,40	14,10	0,90	4,60	0,20	3,00	0,70	47,10	2,40
Minimum değer				1,20	3,40	1,00	0,10	0,50	0,10	0,10	0,10	12,60	0,10
Maksimum değer				19,20	48,40	15,50	4,00	6,10	0,30	4,70	0,80	58,00	3,10
Ortalama±SD				15,18 ±3,85	10,95 ±9,60	13,31 ±3,33	1,06 ±0,78	4,86 ±1,38	0,22 ±0,05	2,50 ±1,09	0,61 ±0,16	43,99 ±8,64	2,46 ±0,79

### B. Karacadağ Toprak ve Kayaç Örneklerinde Bulunan Bileşiklerin Karşılaştırılması

Karacadağ Bölgesi'nden alınan toprak ve kayaç örneklerinin XRF analizi yapılan majör oksit içerikleri ve istatistiksel dağılımları ve sıra ortalamaları Çizelge 4.16.'da sunulmuştur. Kayaç ve toprak grupları arasındaki farkların analizinde kullanılan Mann-Whitney U testine göre,  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $Na_2O$  ve  $P_2O_5$  gibi parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 4.16.). Mann-Whitney U testine göre  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$  parametrelerinin kayaç ve toprağa göre gösterdikleri fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ). Ancak yine de kayaçta  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ ; toprakta ise  $SiO_2$  bir miktar daha baskın gözlenmiştir (Çizelge 4.16.). Yapılan Mann-Whitney U analizi sonucunda, toprak numunelerinin,  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$  ve  $MnO$  değerlerinin kayaç numunelerine göre daha yüksek olduğu (yüksek Mean Rank değerleri), buna karşın kayaç numunelerinin  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$  ve  $P_2O_5$  içeriklerinin toprak numunelerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.16.).

**Çizelge 4.16.** Karacadağ toprak ve kayaç örneklerinde bulunan bileşiklerin karşılaştırılması (\*Anlamlı, \*\*İleri düzeyde anlamlı)

Elementler	Toprak			Kayaç			Mann-Whitney U	P
	Ortalama	SD	Sıra Ort. (Mean Rank)	Ortalama	SD	Sıra Ort. (Mean Rank)		
$Al_2O_3$	18,33	3,33	22,58	15,18	3,85	14,42	88,50	0,020*
$CaO$	3,44	3,13	11,47	9,60	7,2	25,53	35,50	0,00**
$Fe_2O_3$	14,15	3,39	16,83	13,31	3,33	20,17	132,00	0,342
$K_2O$	1,28	1,09	25,75	1,06	0,78	11,25	31,50	0,00**
$MgO$	2,65	0,88	11,28	4,86	1,38	25,72	32,00	0,00**
$MnO$	0,27	0,05	22,31	0,22	0,05	14,69	93,50	0,015*
$Na_2O$	0,40	0,22	11,08	2,50	1,09	25,92	28,50	0,00**
$P_2O_5$	0,38	0,16	12,36	0,61	0,16	24,64	51,50	0,00**
$SiO_2$	46,43	5,12	20,56	43,99	8,64	16,44	125,00	0,242
$TiO_2$	2,26	0,53	15,22	2,46	0,79	21,78	103,00	0,060

### C. Kayaç ve Topraklardaki Bileşiklerin Yükseltiye Göre Karşılaştırılması

Kayaç ve topraklarda bulunan majör oksit bileşimlerinin yükseltiye göre karşılaştırıldığı Kruskal-Wallis H Testi sonuçlarına göre 1838 m'de zirve noktasında  $Fe_2O_3$  ve  $Al_2O_3$  anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p < 0,001$ ). Aynı şekilde  $P_2O_5$  te 1835 m'de anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).  $TiO_2$ 'nin 1838 m ve 1241 m'deki değerleri, 850 m'ye göre çok daha yüksek bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).  $MnO$  ve  $SiO_2$  anlamlı bir şekilde

en yüksek orana orta yükseltide (1241 m) ulaşmıştır ( $p<0,05$ ). CaO miktarı tüm örnekler (kayaç ve topraklar) üst yükseltiden (1838m) tabana (850m) doğru artış göstermiştir ( $p<0,05$ ).  $K_2O$ ,  $Na_2O$  ve MgO bileşikleri ve yükselti arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır ( $p>0,05$ ) (Çizelge 4.17.).

#### D. Topraklardaki Fosfor ile Alüminyum Oksit ve Demir Oksit Arasında İlişki

Çalışmada fosfor ile  $Al_2O_3$  arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı (S rho  $r=0,483$ ;  $p<0,05$ ;  $n=18$ ) bir ilişki saptanmıştır. Bu bulgu, topraktaki  $Al_2O_3$  içeriğinin artmasının fosfor düzeyleriyle birlikte değiştiğini göstermektedir (Çizelge 4.18).

Fosforun demirle daha güçlü bir ilişkisi vardır (S rho  $=0,563$ ;  $p<0,05$ ). Bu, fosforun büyük oranda demir oksit yüzeylerine adsorbe olduğunu veya demir-fosfat mineralleri şeklinde tutulduğunu göstermektedir (Çizelge 18).  $Al_2O_3$  -  $Fe_2O_3$  arasında çok yüksek korelasyon (S rho  $= 0,886$ ;  $p< 0,01$ ), bu iki ana bileşenin aynı mineralojik kökeni paylaştığını veya benzer zenginleşme süreçlerinden geçtiğini kanıtlamaktadır (Çizelge 4.18.).

**Çizelge 4.17.** Kayaç ve topraklardaki bileşiklerin yükseltiye göre karşılaştırılması (Ort. : Ortalama; SD: Standard sapma; \*Anlamlı, \*\*İleri düzeyde anlamlı )

Majör Oksit (%)	Yükselti (n=36)										
	1838 metre			1241 metre			850 metre			Kruskal Wallis H	P
	Ort.	SD	Sıra Ort. (Mean Rank)	Ort.	SD	Sıra Ort. (Mean Rank)	Ort.	SD	Sıra Ort. (Mean Rank)		
$Al_2O_3$	19,83	3,19	27,67	16,62	0,58	19,29	13,81	4,23	8,54	19,90	0,00**
CaO	4,47	3,86	12,88	5,67	3,68	18,54	11,45	12,04	24,08	6,79	0,033*
$Fe_2O_3$	16,73	2,14	29,04	13,47	1,07	17,71	10,98	3,42	8,75	22,39	0,00**
$K_2O$	1,19	1,04	21,25	1,06	0,78	14,79	1,04	0,21	19,46	2,45	0,29
MgO	3,59	1,93	17,83	3,78	1,42	18,33	3,89	1,53	19,33	0,12	0,93
MnO	0,25	0,05	19,00	0,29	0,05	25,38	0,20	0,04	11,13	13,98	0,001**
$Na_2O$	1,30	1,28	16,75	1,55	1,34	19,04	1,50	1,42	19,71	0,53	0,76
$P_2O_5$	0,64	0,09	25,75	0,43	0,18	14,63	0,42	0,22	15,13	8,80	0,012*
$SiO_2$	42,34	3,05	10,17	48,69	3,11	24,67	44,60	10,93	20,67	12,12	0,002*
$TiO_2$	2,84	0,18	26,25	2,64	0,34	22,33	1,61	0,59	6,92	22,90	0,00**

**Çizelge 4.18.** Topraklardaki Fosfor ve Alüminyum Oksit ve Demir Oksit Spearman's rho Korelasyon Analizi Sonuçları

<b>Toprak örnekleri N=18</b>			
<b>Değişken Çifti</b>	<b>Korelasyon katsayısı <math>\beta</math></b>	<b>Anlamlılık düzeyi p</b>	<b>Yorum</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,886	0,001*	Güçlü mineralojik bağ
Fosfor- Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,563*	0,015*	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> fiksasyonu
Fosfor-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,483	0,042*	Kil mineral etkisi
*Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır (2-tailed).			

#### 4.5. X-Işım Difraksiyonu/Kırınımı (XRD) Analizleri

Laboratuvara getirilen kayaç ve toprak örnekleri ayrıca temiz, kalın şeffaf bir naylon torba içerisine koyulup etiketlenmiştir. Her bir etikette, okunabilir bir şekilde numune numarası, lokasyonu, bölgesi, derinliği, yükseltisi yazılmıştır. Kayaç örneklerinde ince kesit yapılmak, toprak ve kayaçta XRD ile mineral analizi, toprakta detay kil XRD difraktogram analizleri yapılmak üzere hizmet alımı karşılığında MTA'ya gönderilmiştir. Mineralojik karakterizasyon amacıyla, alt örnekler 38  $\mu\text{m}$ 'den daha ince olacak şekilde öğütülmüş ve birincil minerallerin görelî bolluğunu belirlemek için Türkiye MTA laboratuvarlarında XRD ile analiz edilmiştir. Bu numunelerin mineralojisi, tüm toprak ve kayaçlar, havada kurutulmuş, etilen glikol ve 350<sup>0</sup>C, 550<sup>0</sup>C ısı işleme tabi tutulmuş, XRD kil mineral bileşiminin detaylı analizi ile gerçekleştirilmiştir.

XRD analizleri, Cu X-ışım tüplü, LynxEye Xe-T dedektörlü ve 90 numune yükleyiciye sahip Bruker D8 Advance cihazı ile tüm kaya çekimleri 4-70 2 $\theta$ , kil çekimleri 4-30 2 $\theta$  açıları arasında olacak şekilde 0.040 step size, 40 s time per step parametreleri ile 40 kV-40 mA voltaj altında yapılmıştır.

Difraktogramlardan elde edilen veriler, yüksek count (sayım) değerinden düşük count (sayım) değerine göre sıralanmıştır. Mineral sıralaması kesin kantitatif (nicel) bir değer ifade etmemektedir.

Kalitatif detay kil analizi sonucu toprakta tespit edilen mineraller Çizelge 4.19.'da, standart kalitatif mineral analizi sonucu kayaçlarda tespit edilen mineraller Çizelge 4.20.'de

sunulmuştur. XRD difraktogram çekimi grafikleri Şekil 4.1.-4.36.'da sunulmuştur.

Çizelge 4.19. Kalitatif detay kil analizi sonucu toprakta tespit edilen mineraller ( +/- )=(var/yok)

Yükselti	1831 m						1241 m						850 m					
	0- 30	30- 60	0- 30	30- 60	0- 30	30- 60	0- 30	30- 60	0- 30	30- 60	0- 30	30- 60	0- 30	30- 60	0- 30	30- 60	0- 30	30- 60
Örnekler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Mineraller																		
Kuvars	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kalsit	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Montmorillonit	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Plajiyoklas	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Manyetit	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Piroksen	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Hematit	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Klorit	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+
Kaolinit	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Amfibol	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mika	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+
İllit	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Serpantin	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
Jips	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Amorf	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Smektit grubu kil minerali	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İllit-smektit	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opalct	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mika minerali /İllit	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rutil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Alkali Feldispat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
Kil minerali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Olivin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Götüt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İlmenit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam Mineral Sayısı	13	13	15	13	8	8	6	6	11	10	9	10	12	13	14	14	15	14

Çizelge 4.20. Standart kalitatif mineral analizi sonucu kayalarda tespit edilen mineraller ( +/- )=(var/yok)

Yükselti (m)	1831 m						1241 m						850 m					
	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
Derinlik (cm)	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
Örnekler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Mineraller																		
Kuvars	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kalsit	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Montmorillonit	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Plajiyoklas	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Manyetit	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Piroksen	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Hematit	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Klorit	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+
Kaolinit	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Amfibol	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mika	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+
İllit	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Serpantin	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
Jips	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Amorf	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Smektit grubu kil minerali	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İllit-smektit	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opalct	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mika minerali/İllit	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rutil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Alkali Feldispat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Kil minerali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Olivin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Götit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İlmenit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam Mineral Sayısı	13	13	15	13	8	8	6	6	11	10	9	10	12	13	14	14	15	14

### A. XRD Analizi ile Toprakta ve Kayaçta Tespit Edilen Mineraller

Siverek-Karacadağ Bölgesinden alınan toprak ve kayaç örneklerinde, XRD analizi ile tespit edilen mineraller, toprak ve kayaç olarak ayrı ayrı olmak üzere, toplam örnek sayısı içindeki var/yok oranları Çizelge 4.19. ve Çizelge 4.20.'de verilmiştir. Buna göre,

kalitatif XRD difraktogram çekimi grafikleri sonucu toprak örneklerinde tespit edilen primer minerallerden sırasıyla en yaygın olarak kuvars %100, plajiyoklas %100, hematit %94 piroksen %83, serpantin %83, amfibol %72, manyetit %61, mika %61, kalsit %3, rutil %17, alkali feldispat %17, jips (alçıtaşı) %11 ve opal-ct %6 saptanmıştır. Sekonder olan kil mineralleri sırası ile en yaygın olarak, montmorillonit %83, kaolinit %83, klorit %78, illit %44, smektit grubu diğerleri %22, illit-smektit %11 ve mika-illit karışık %11 olarak bir dağılım göstermişlerdir. Amorf yapıda olanlar da %50 oranında yer almıştır. Toprak örneklerinde, olivin, götit ve ilmenit saptanmamıştır (Çizelge 4.19.). Bu sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, kuvars, montmorillonit, kaolinit, amfibol ve serpantin gibi minerallerinin toprağı belirleyen temel baskın mineraller olduğu görülmektedir. Kayaçlarda bu minerallerin (özellikle killerin) bulunmaması, toprağın bu kayaçlardan türediğı ancak ciddi bir kimyasal değışim ve ayrışma sürecinden geçtiğı şeklinde yorumlanabilir.

Standart kalitatif mineral analizi sonucu kayaçlarda tespit edilen minerallerden en baskını, kayaçların tamamında görülen plajiyoklas %100 olarak yer almış olup bunu sırasıyla, piroksen (sert-silikat) %83, manyetit (demir oksit) %83, olivin (magmatik gösterge) %56, hematit %67, kalsit %33, mika-illit karışık %28, alkali feldispat %17, götit %17, kuvars %6, klorit %6, ilmenit %6 mineralleri izlemiştir (Çizelge 4.20.).

### **B. Toprak ve Kayaç Numuneleri Arasındaki Mineralojik Bileşim Farkları**

Toprak ve kayaç numuneleri arasındaki mineralojik bileşim farkları analiz sonuçları ve istatistiksel analiz sonucu Çizelge 4.21.'de sunulmuştur. Çizelge 4.21.'de görüldüğü üzere veriler, toprak ve kayaç oluşumları arasında mineral varlığı açısından belirgin ve anlamlı farklar ve benzerlikler olduğu görülmektedir.

Toprakta çok yüksek oranda (%100) bulunan kuvarsın kayaçta sadece %6 oranında eser miktarda kuvars görülmesi çok çarpıcıdır. Bu fark istatistiksel düzeyde anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,01$ ) (Çizelge 4.21.).

Kil mineralleri, montmorillonit (%83), kaolinit (%83), serpantin (%83) tespit edilmiştir. Bu mineraller topraklarda çok yüksek oranlarda (%83) görülürken, kayaçlarda doğal olarak hiç görülmemişlerdir. Bu mineraller için kayaç ve toprak grubu arasındaki fark istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Toprakta ayrıca %44

oranında illit minerali de bulunmuştur. Kayaç ve toprak gruplarında illit için de istatistiksel fark anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 4.21.).

Amorf yapılar toprakta %50 oranında bulunurken kayaçta hiç bulunmamaktadır. İstatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,01$ ) (Çizelge 4.21.).

İllit ve amorf, toprak örneklerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ( $p < 0,01$ ) (Çizelge 4.21.).

Olivin, kayaçların %56'sında bulunurken topraklarda hiç bulunmamaktadır ( $p < 0,01$ ). Kayaç ve toprağın ikisinde de varlığını sürdüren ortak/stabil mineraller plajiyoklas ve piroksendir. Plajiyoklas minerali, Karacadağ bölgesinden alınan toprak numunelerinin tamamında (%100) hem de kayaç numunelerinin tamamında (%100) tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ) (Çizelge 4.21.).

Piroksen her iki grupta da %83 oranda mevcuttur. Oldukça dirençli bir yapı sergilemiş istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ( $p > 0,05$ ) (Çizelge 4.21.).

Hem kayaç hem de toprak örneklerinde kalsit, benzer oranlarda sırasıyla %33 ve %38 olarak bulunmuş ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ) (Çizelge 4.21.).

Manyetit kayaçta %56, toprakta %61 oranlarında olup istatistiksel olarak anlamlı bir fark yok bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ) (Çizelge 4.21.).

Kayaçta %67, toprakta %94 oranında bulunan hematit verilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 4.21.).

Götit, kayaçta %17 oranında bulunurken toprakta bulunma oranı %0'dır. İstatistiksel olarak bir anlamlılık bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ) (Çizelge 4.21.).

Alkali feldispat kayaç ve toprakta %17 olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ) (Çizelge 4.21.).

Çizelge 4.21. Toprak ve kayaç numuneleri arasındaki mineralojik bileşim farkları

Numune Türü	Toprak				Kayaç				Fisher's Exact Test, P	
	Var		Yok		Var		Yok			
	n	%	n	%	n	%	n	%		
Kuvars	18	100,0	0	0,0	1	5,6	17	94,4	32,21	0,00

Çizelge 4.21. Toprak ve kayaç numuneleri arasındaki mineralojik bileşim farkları (devam)

Numune Türü	Toprak				Kayaç				Fisher's Exact Test, P	
	Var		Yok		Var		Yok			
	n	%	n	%	n	%	n	%		
Kalsit	7	38,9	11	61,1	6	33,3	12	66,7	0,120	0,50
Montmorillonit	15	83,3	3	16,7	0	0,0	18	100,0	22,40	<0,01
Plajiyoklas	18	100,0	0	0,0	18	100,0	0	0,0	-	-
Manyetit	11	61,1	7	38,9	10	55,6	8	44,4	0,0	0,50
Piroksen	15	83,3	3	16,7	15	83,3	3	16,7	0,0	0,67
Hematit	17	94,4	1	5,6	12	66,7	6	33,33	2,83	0,04
Klorit	14	77,8	4	22,2	1	5,6	17	94,4	16,45	<0,01
Kaolinit	15	83,3	3	16,7	0	0,0	18	100,0	22,40	<0,01
Amfibol	13	72,2	5	27,8	0	0,0	18	100,0	17,33	<0,01
Mika	11	61,1	7	38,9	0	0,0	18	100,0	13,09	<0,01
İllit	8	44,4	10	55,6	0	0,0	18	100,0	7,87	0,003
Serpantin	15	83,3	3	16,7	0	0,0	18	100,0	22,40	<0,01
Jips	2	11,1	16	88,9	0	0,0	18	100,0	0,52	0,243
Amorf	9	50,0	9	50,0	0	0,0	18	100,0	9,48	<0,01
Smektit grubu kil minerali	4	22,2	14	77,8	0	0,0	18	100,0	2,53	0,052
İllit-smektit	2	11,1	16	88,9	0	0,0	18	100,0	0,52	0,243
Opalct	1	5,6	17	94,4	0	0,0	18	100,0	0,0	0,50
Mika minerali/İllit	2	11,1	16	88,9	5	27,8	13	72,2	0,71	0,201
Rutil	3	16,7	15	83,3	0	0,0	18	100,0	1,45	0,229
Alkali Feldispat	3	16,7	15	83,3	3	16,7	15	83,3	0,0	0,671
Kil minerali	0	0,0	18	100,0	11	61,1	7	38,9	13,09	<0,01
Olivin	0	0,0	18	100,0	10	55,6	8	44,4	11,215	<0,01
Götit	0	0,0	18	100,0	3	16,7	15	83,3	1,455	0,229
İlmenit	0	0,0	18	100,0	1	5,6	17	94,4	0,00	0,500

### C. Yükselti ve Mineral İlişkisi

Çalışma alanı yükseltelerinden alınan toprak örnekleri ile içerdiği mineraller istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Yapılan Fisher's exact test analiz sonucunda, yükselti ile amorf ve kalsit mineralleri arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bir ilişki saptanmıştır ( $p < 0,001$ ). Yapılan Fisher's exact test analiz sonucunda yükselti ile illit ve smektit kil mineralleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 4.22.). XRD analizi sonucu kayaç örneklerinde tespit edilen mineraller ile yükselti arasında, Fisher's exact test analiz sonucuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p > 0,05$ ) (Çizelge 4.22.).

Analiz edilen 18 toprak örneğinin 15'inde (%83) kaolinit bulunmuştur. En düşük rakımdaki (850m) toprakların tamamında (%100), en yüksek rakımdaki (1838m) toprakların

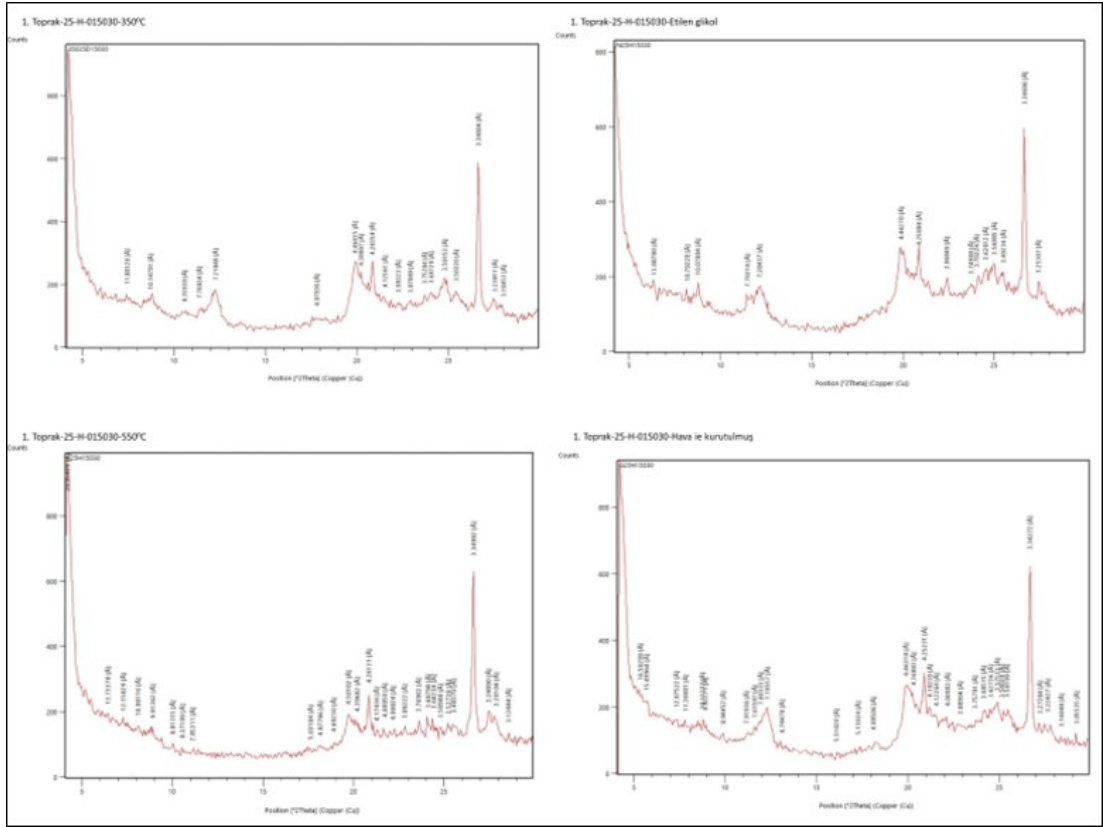
%83,3'ünde kaolinit tespit edilirken orta yükseltideki topraklarda belirgin bir azalma göstererek %67'sinde kaolinit tespit edilmiştir. Fisher's exact test analiz sonucuna göre yükselti ile kaolinit arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p>0,05$ ) (Çizelge 4.22.). Bu durum olası yerel iklim, drenaj, anakaya ve mikro-topoğrafya etkileri ile açıklanabilir.

**Çizelge 4.22.** Yükselti ile illit, kalsit, amorf ve smektit kil minerali ilişkisi

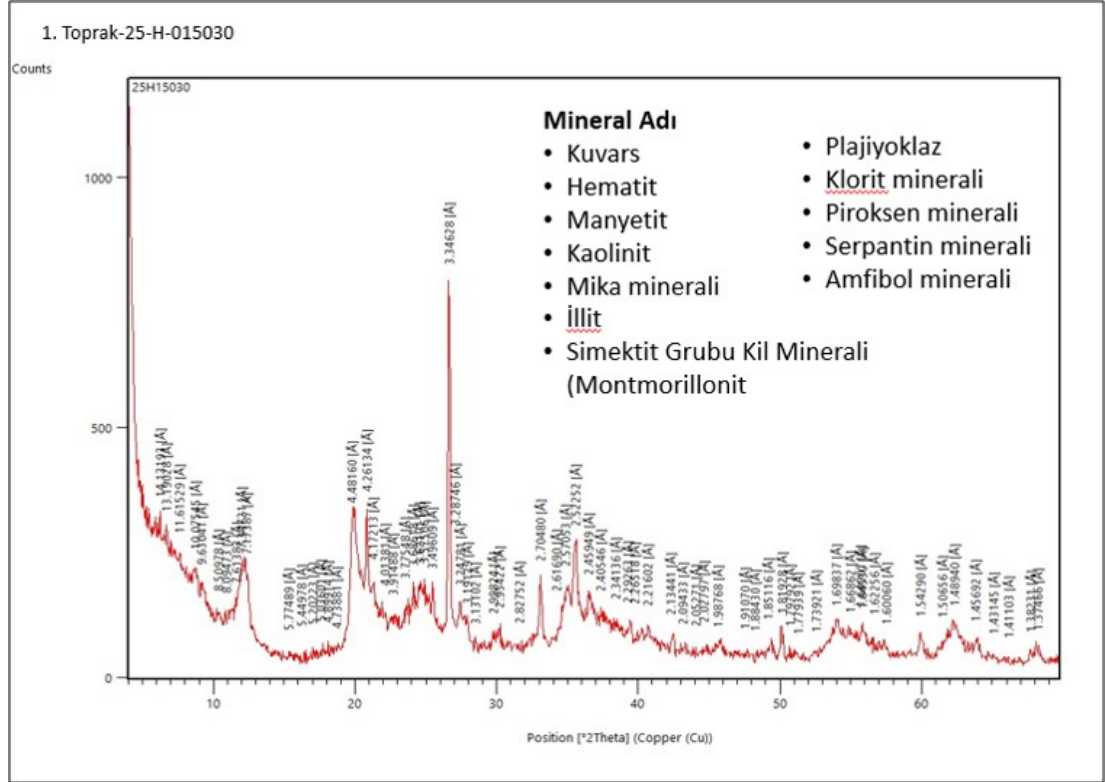
Yükselti	İllit				Kalsit				Amorf				Smektit Kil			
	Var		Yok		Var		Yok		Var		Yok		Var		Yok	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1838m	4	66,7	2	33,3	1	16,7	5	83,3	0	0,0	6	100,0	4	66,7	2	33,3
1241m	0	0,0	6	100,0	0	0,0	6	100,0	3	50,0	3	50,0	0	0,0	6	100,0
850m	4	66,7	2	33,3	6	100,0	0	0,0	6	100,0	0	0,0	0	0,0	6	100,0
Toplam	8	44,4	10	55,6	7	38,9	11	61,1	9	50,	9	50,0	4	22,2	14	77,8
Fisher's exact test;p	7,17; p=0,036, p<0,05				13,86; p=0,0011, p<0,001				12,20; p=0,0024, p<0,001				11,43; p=0,015, p<0,05			

#### D. Detay Kil XRD Difraktogram Çekimi Grafikleri ve Kalitatif Kil Analiz Sonucu Elde Edilen Mineraller

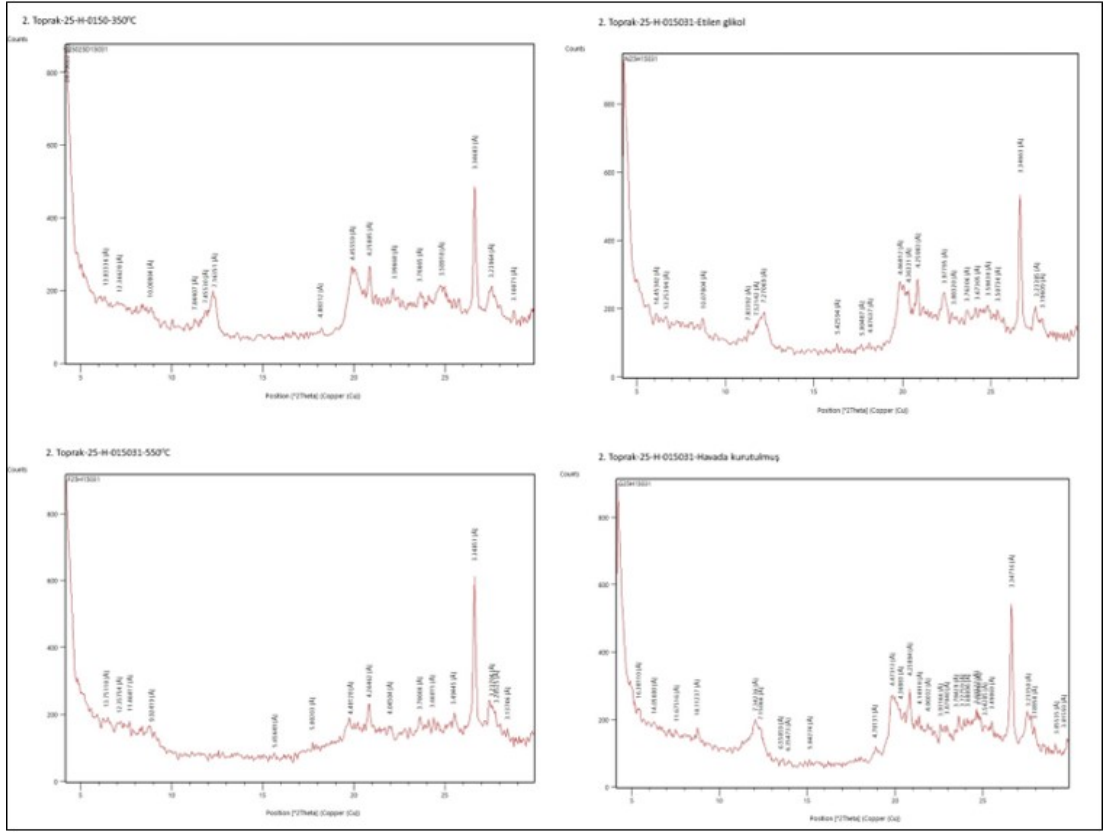
Detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller Şekil 4.1.-4.36.'da sunulmuştur.



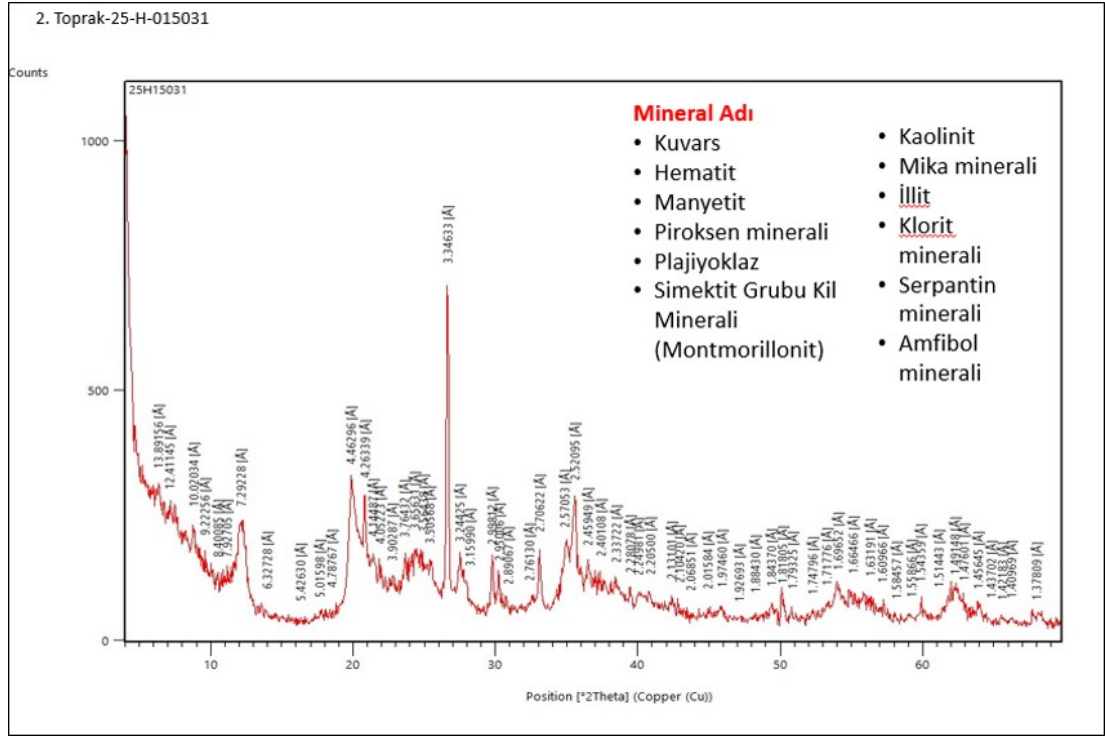
Şekil 4.1. 1. Toprak-25-H-015030 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



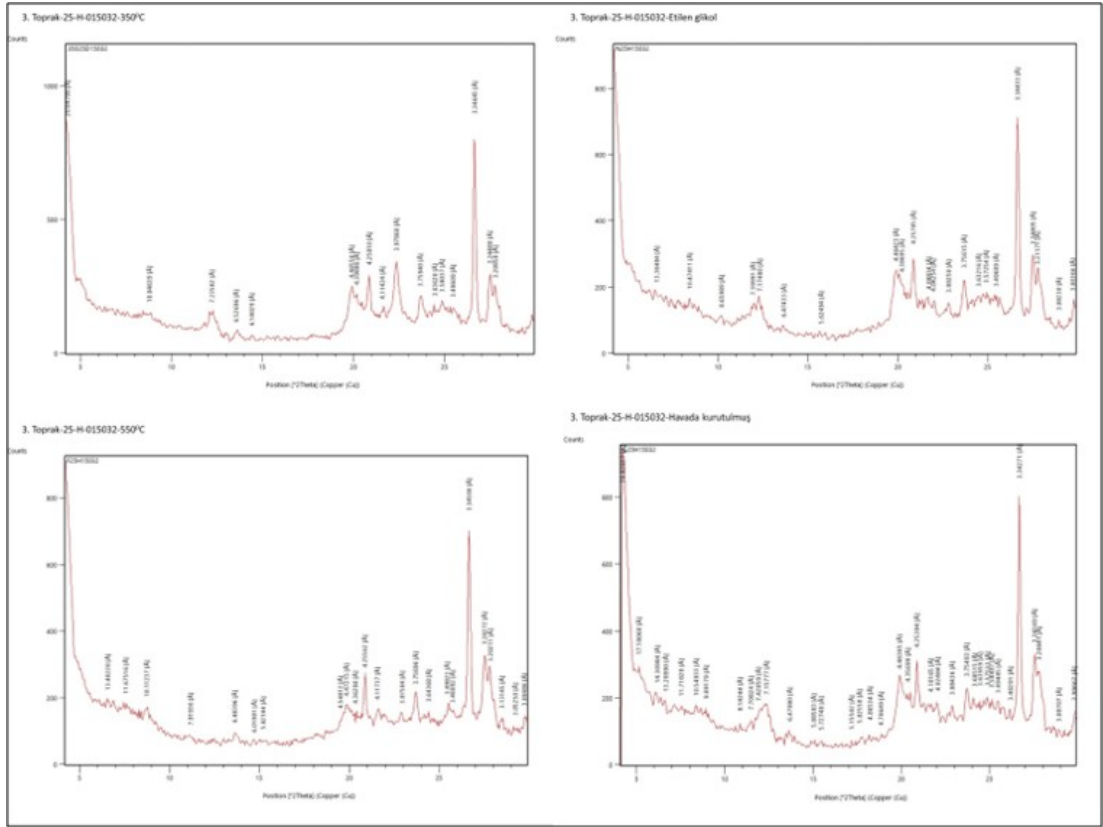
Şekil 4.2. 1. Toprak-25-H-015030 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



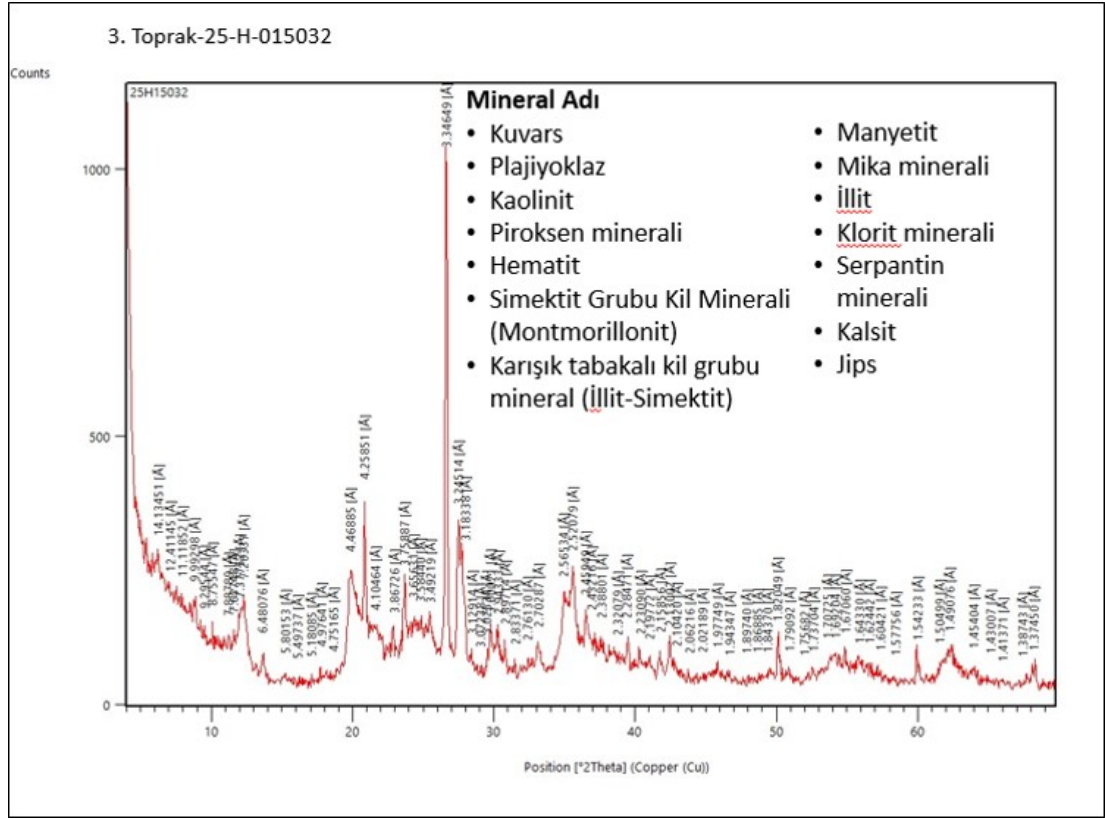
Şekil 4.3. 2. Toprak-25-H-015031 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



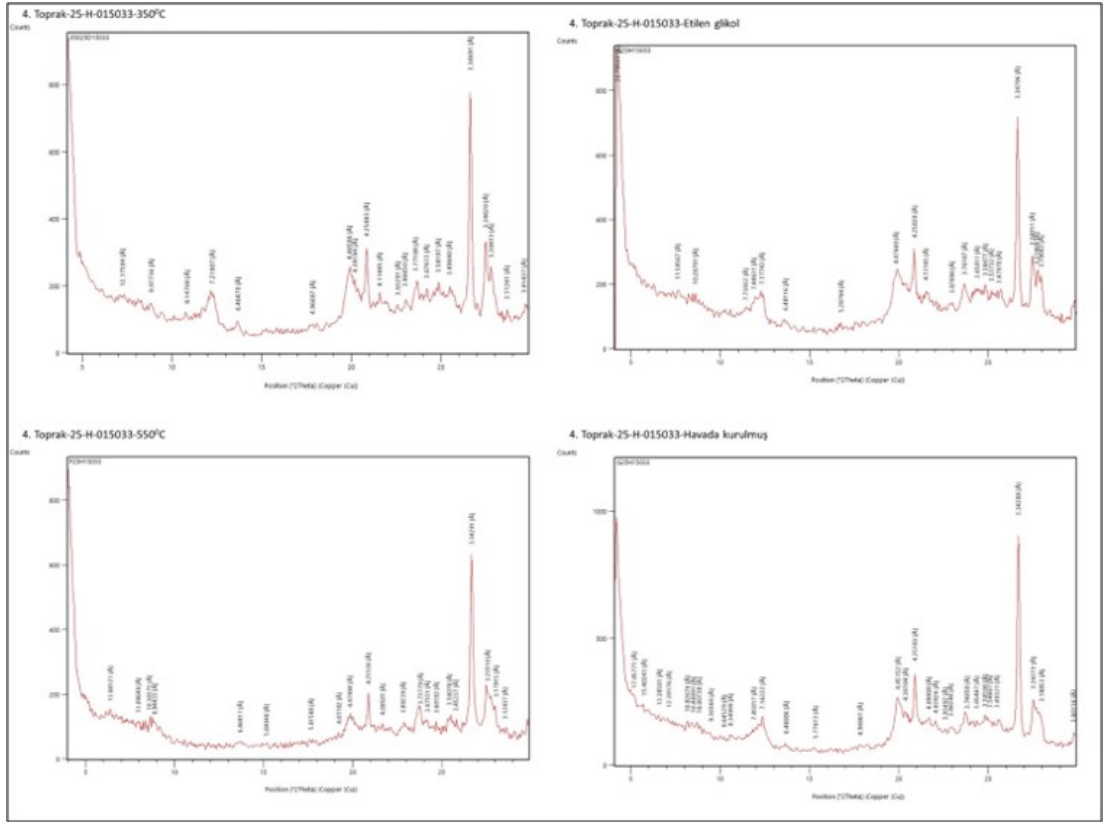
Şekil 4.4. 2. Toprak-25-H-015031 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



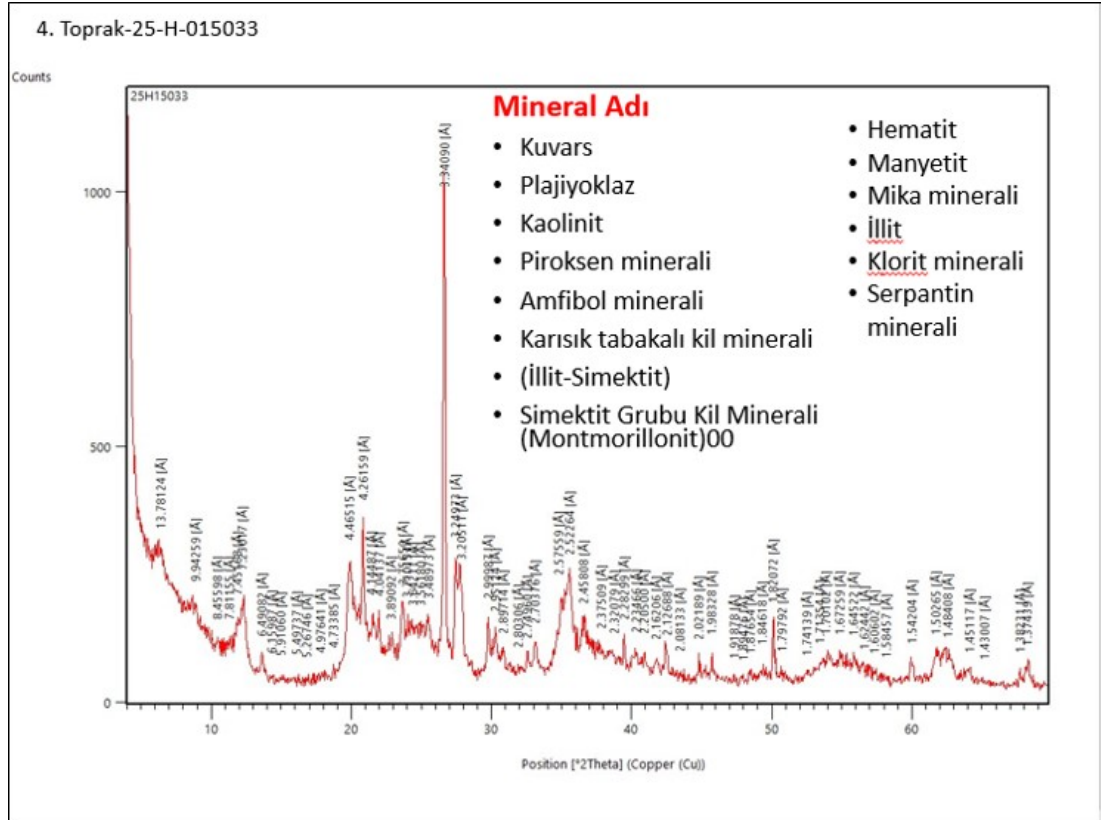
Şekil 4.5. 3. Toprak-25-H-015032 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



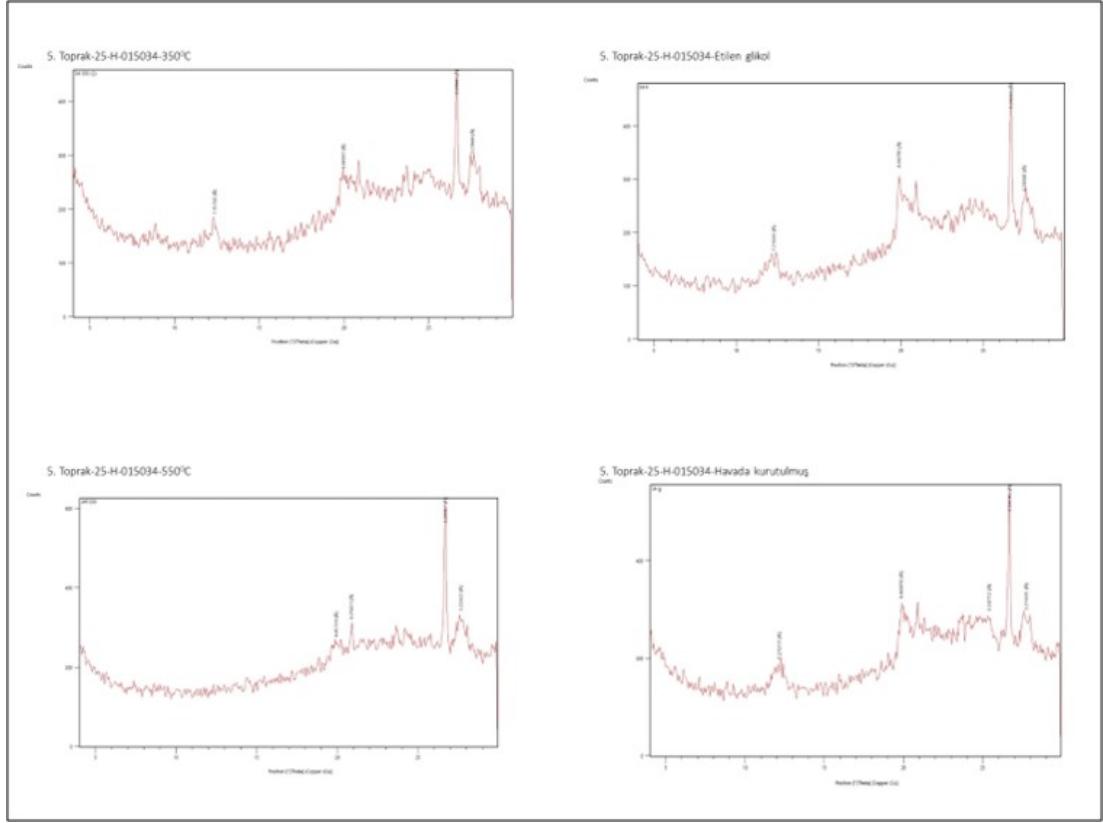
Şekil 4.6. 3. Toprak-25-H-015032 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



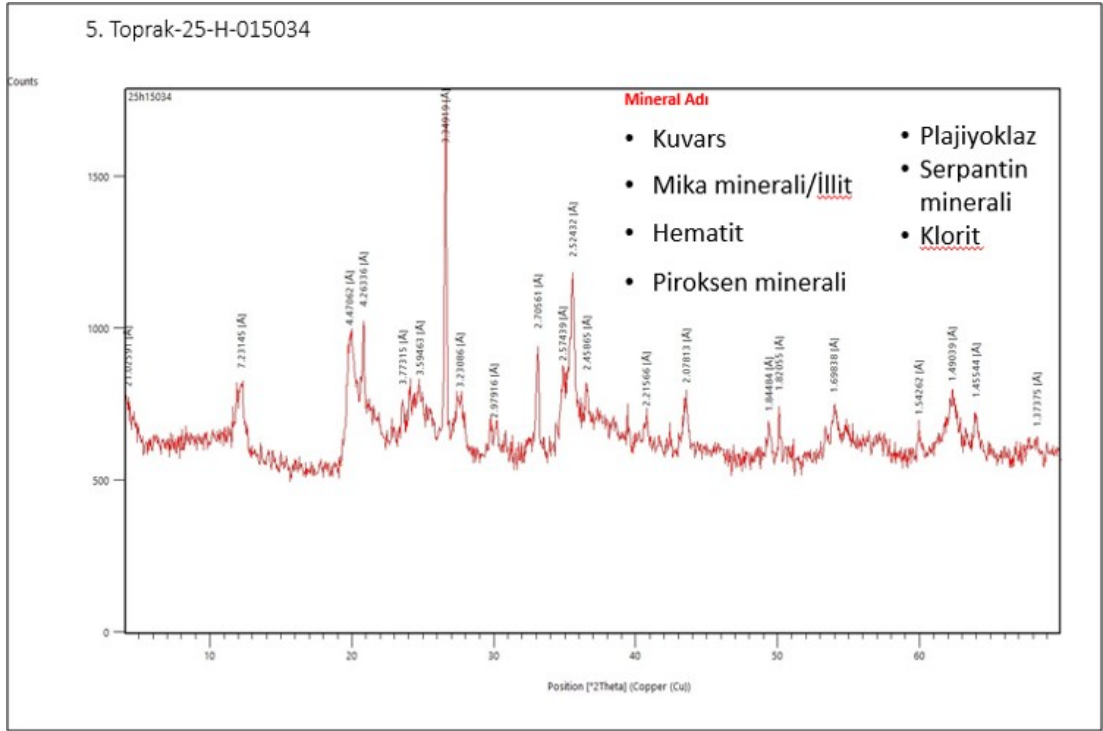
Şekil 4.7. 4. Toprak-25-H-015033 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



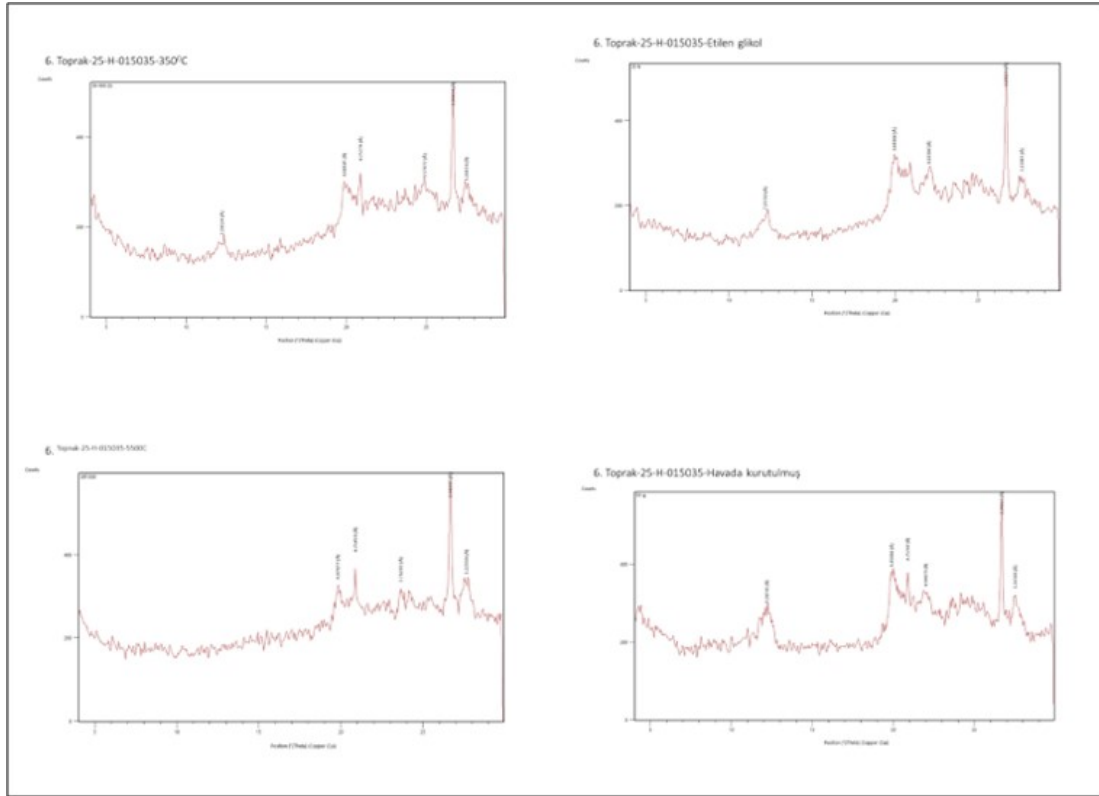
**Şekil 4.8.** 4. Toprak-25-H-015033 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



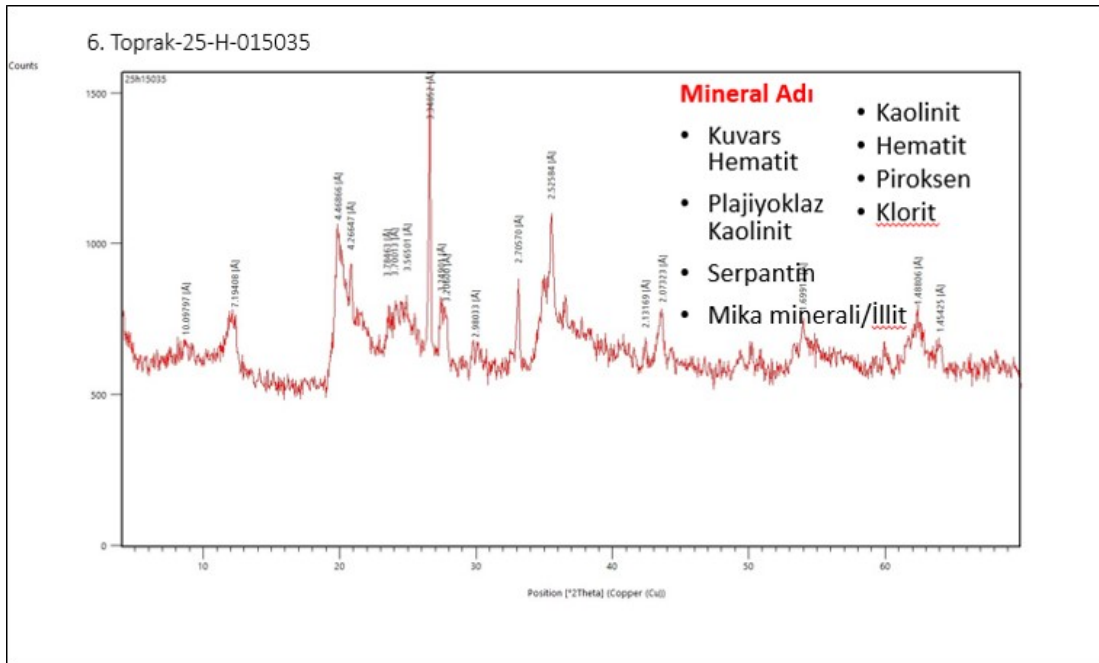
Şekil 4.9. 5. Toprak-25-H-015034 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



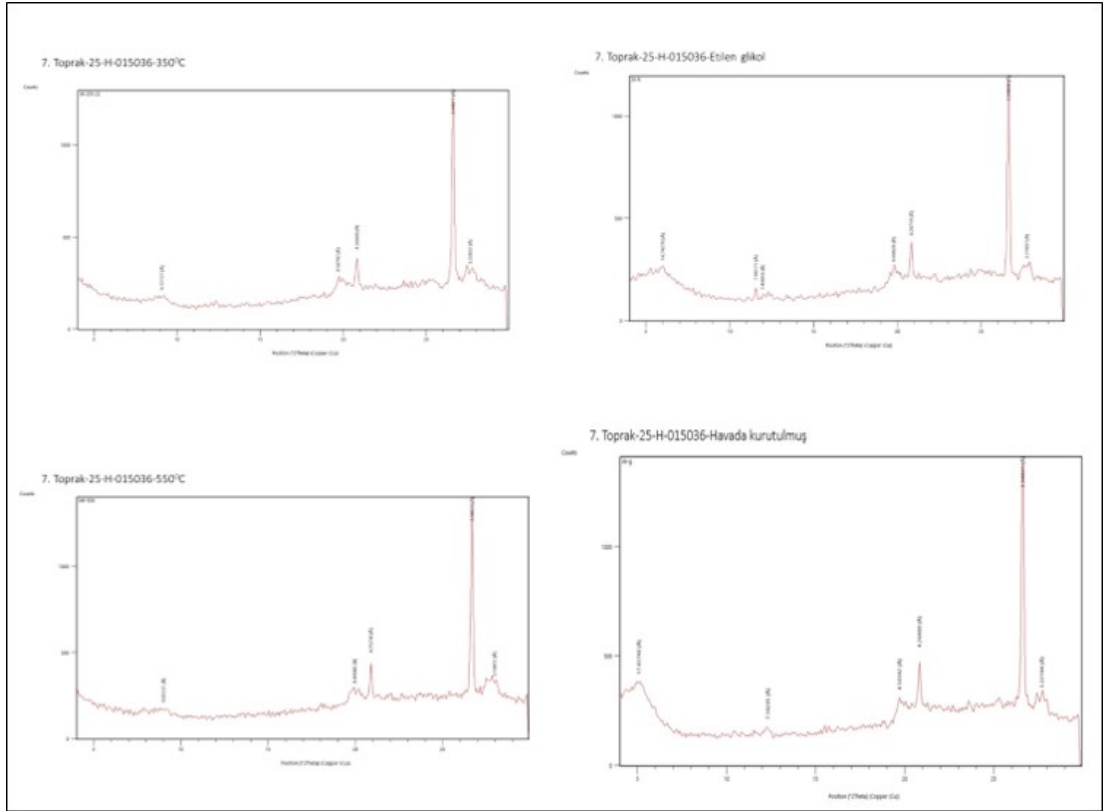
Şekil 4.10. 5. Toprak-25-H-015034 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



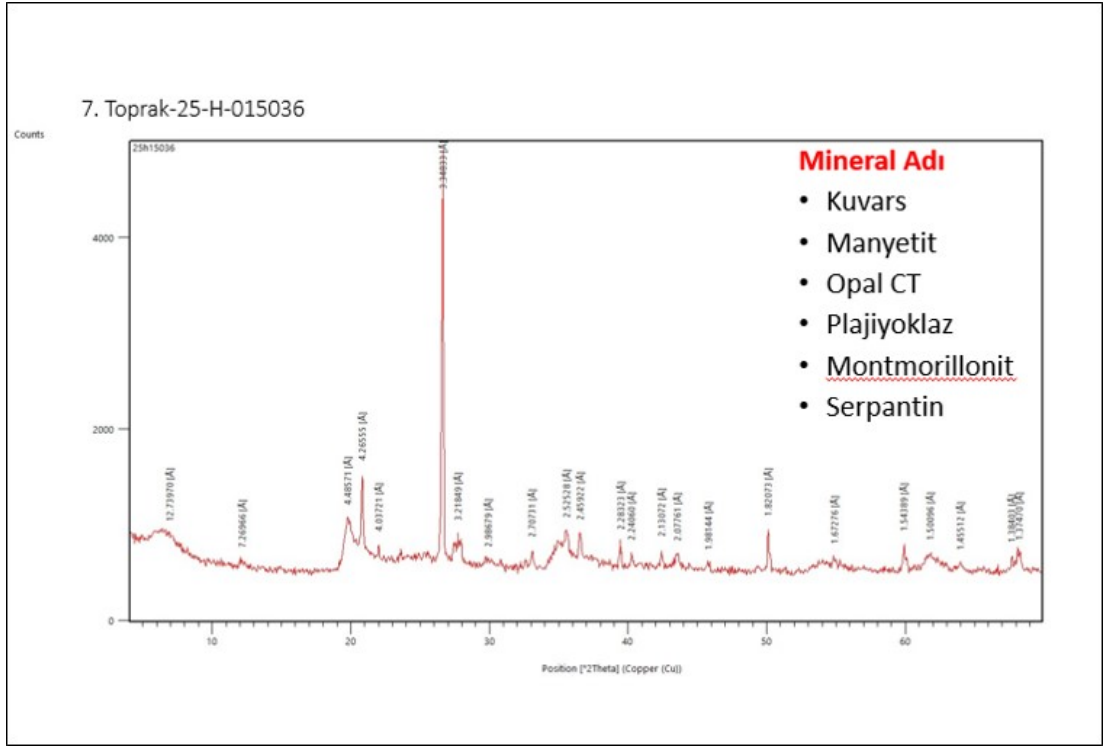
Şekil 4.11. 6. Toprak-25-H-015035 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



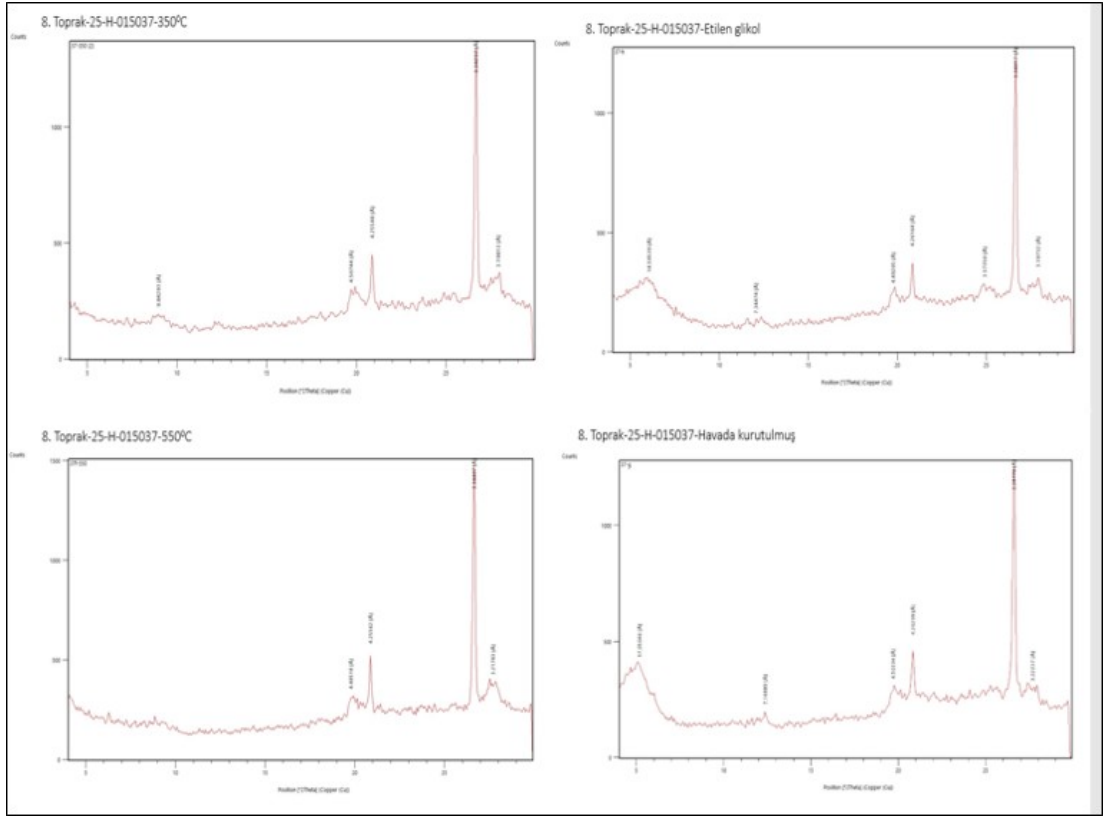
Şekil 4.12. 6. Toprak-25-H-015035 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



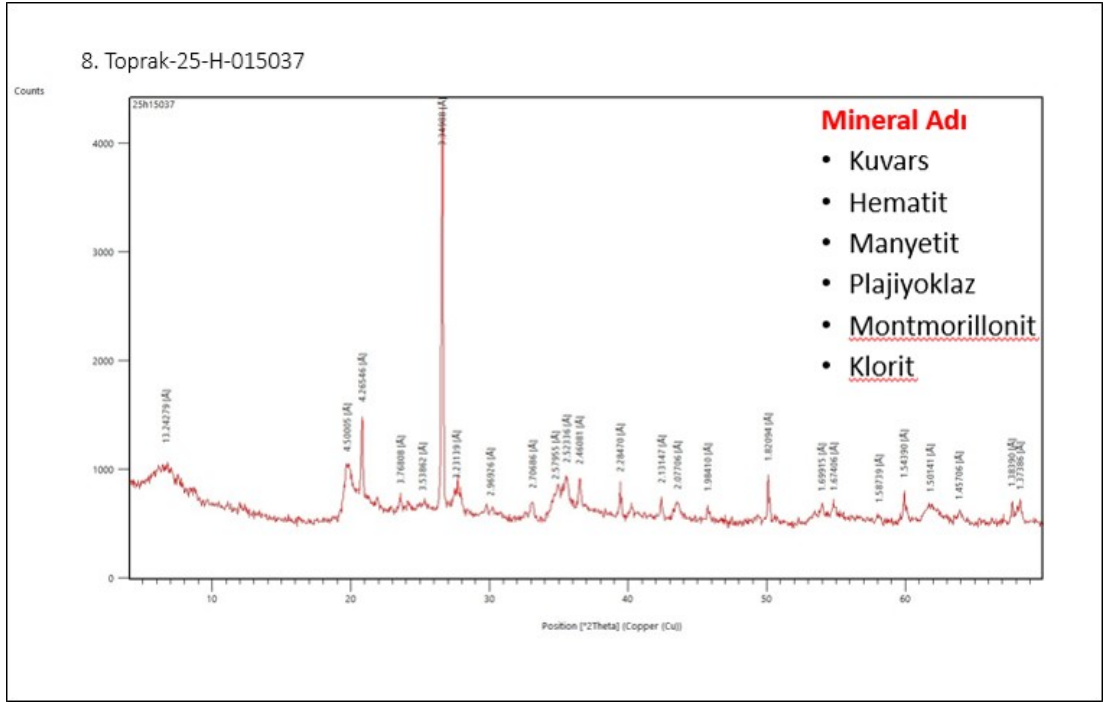
Şekil 4.13. 7. Toprak-25-H-015036 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



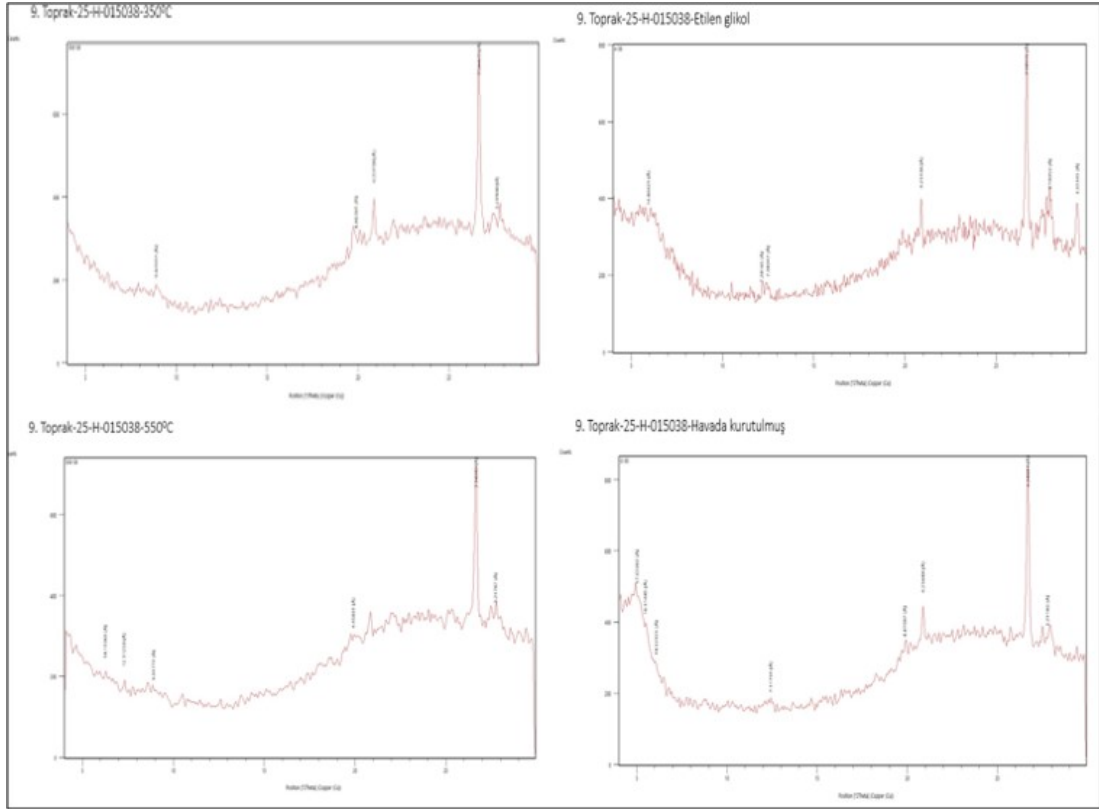
Şekil 4.14. 7. Toprak-25-H-015036 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



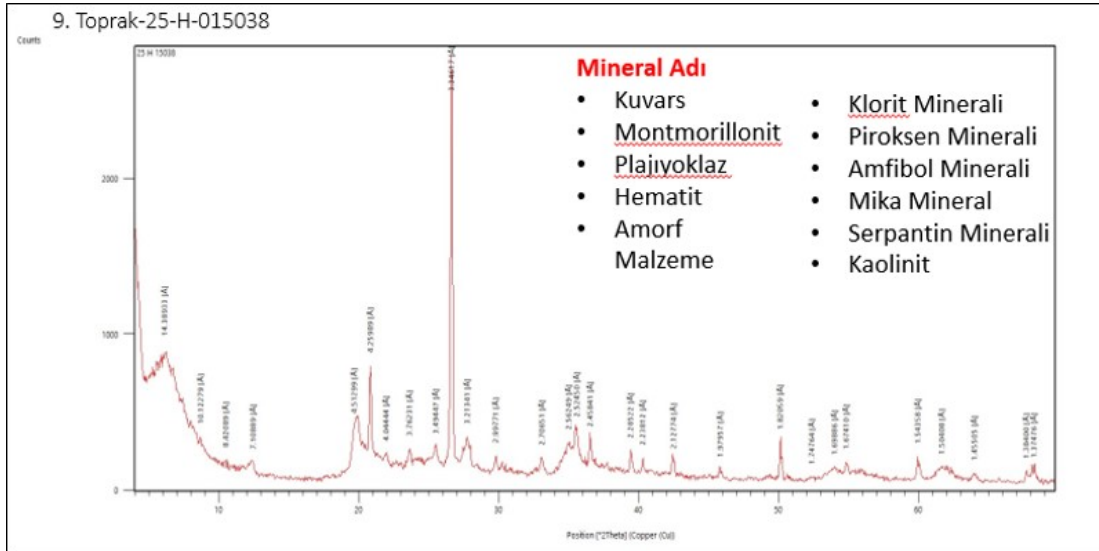
Şekil 4.15. 8. Toprak-25-H-015037 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



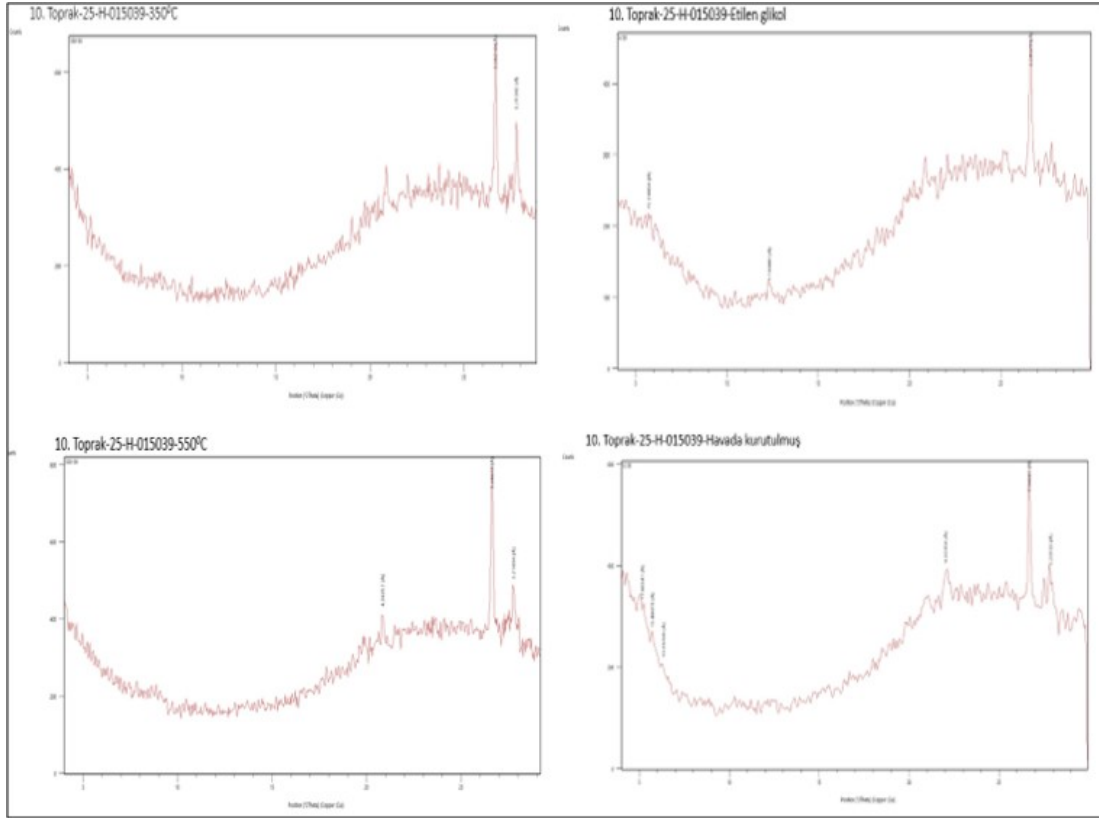
**Şekil 4.16.** 8. Toprak-25-H-015037 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



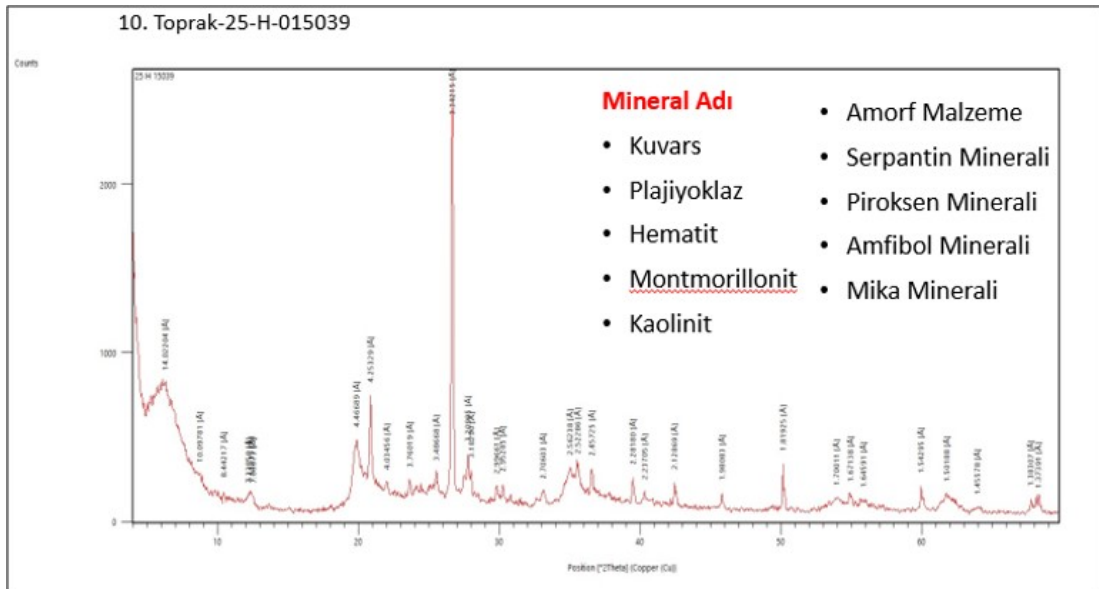
Şekil 4.17. 9. Toprak-25-H-015038 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



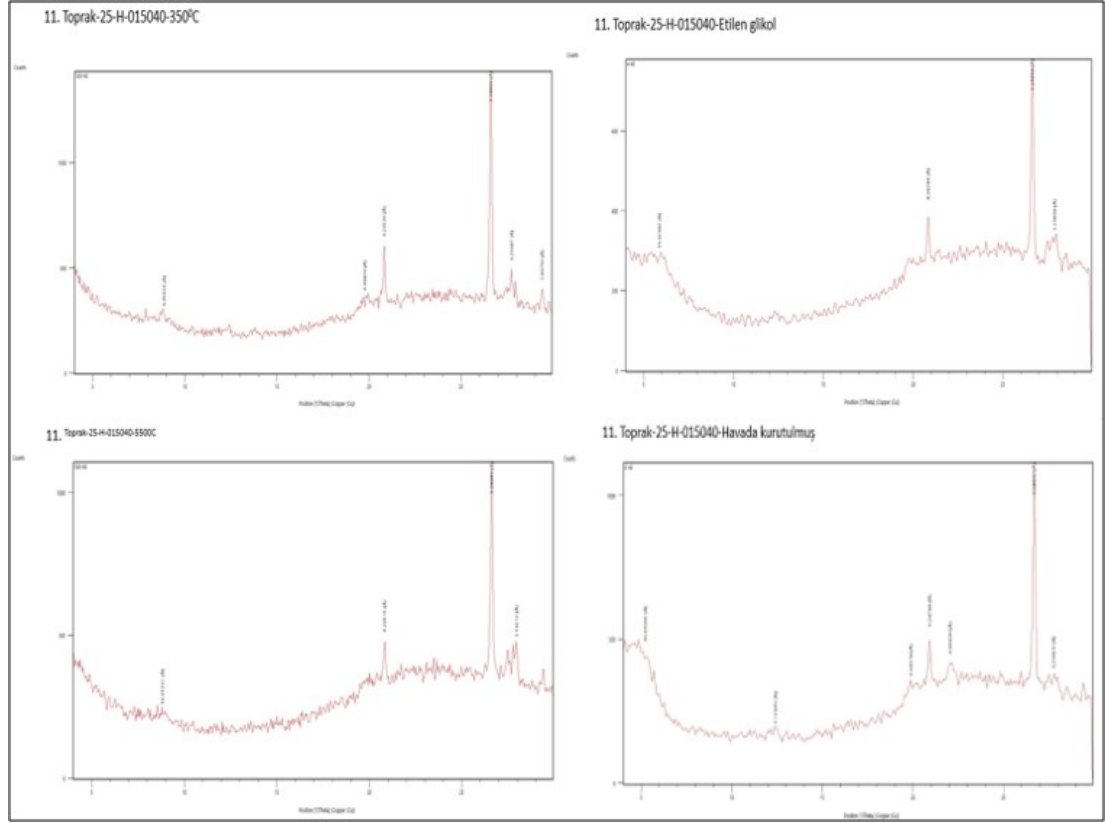
Şekil 4.18. 9. Toprak-25-H-015038 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



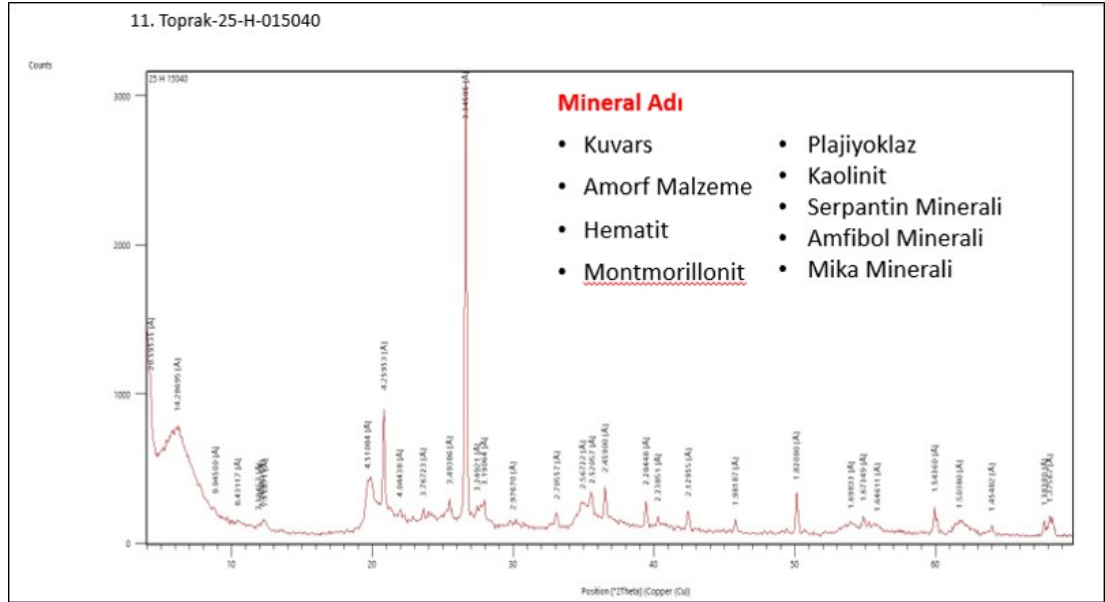
Şekil 4.19. 10. Toprak-25-H-015039 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



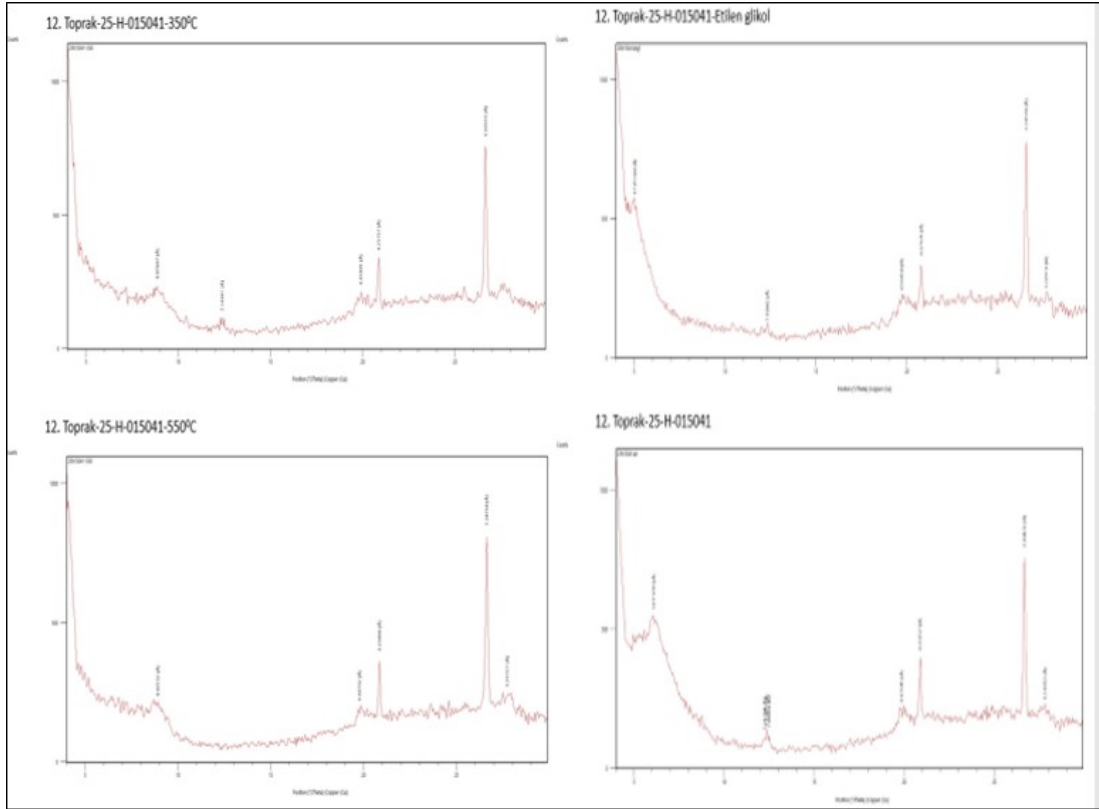
Şekil 4.20. 10. Toprak-25-H-015039 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



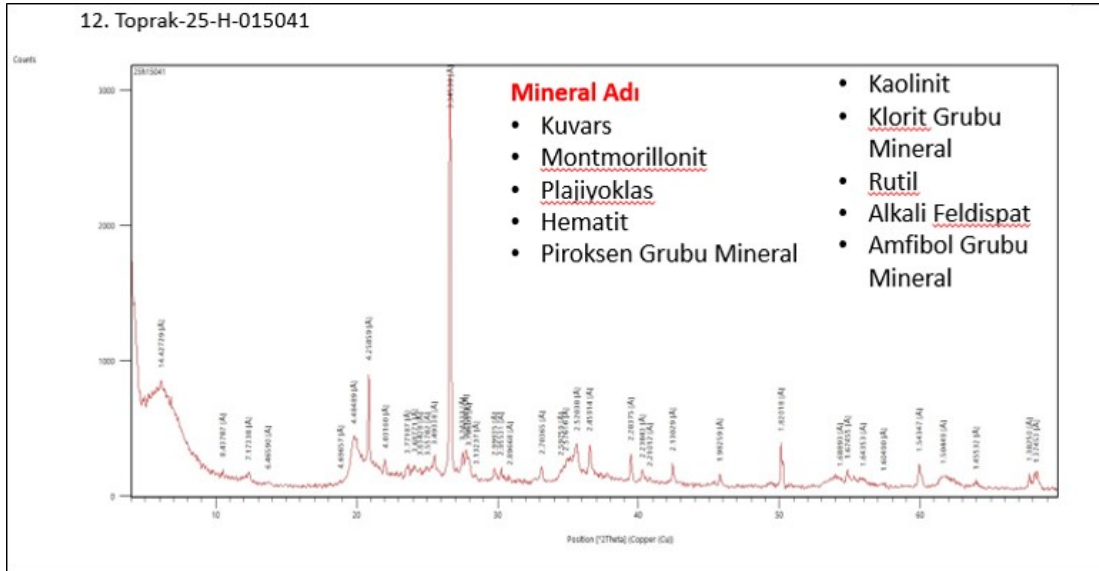
Şekil 4.21. 11. Toprak-25-H-015040 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



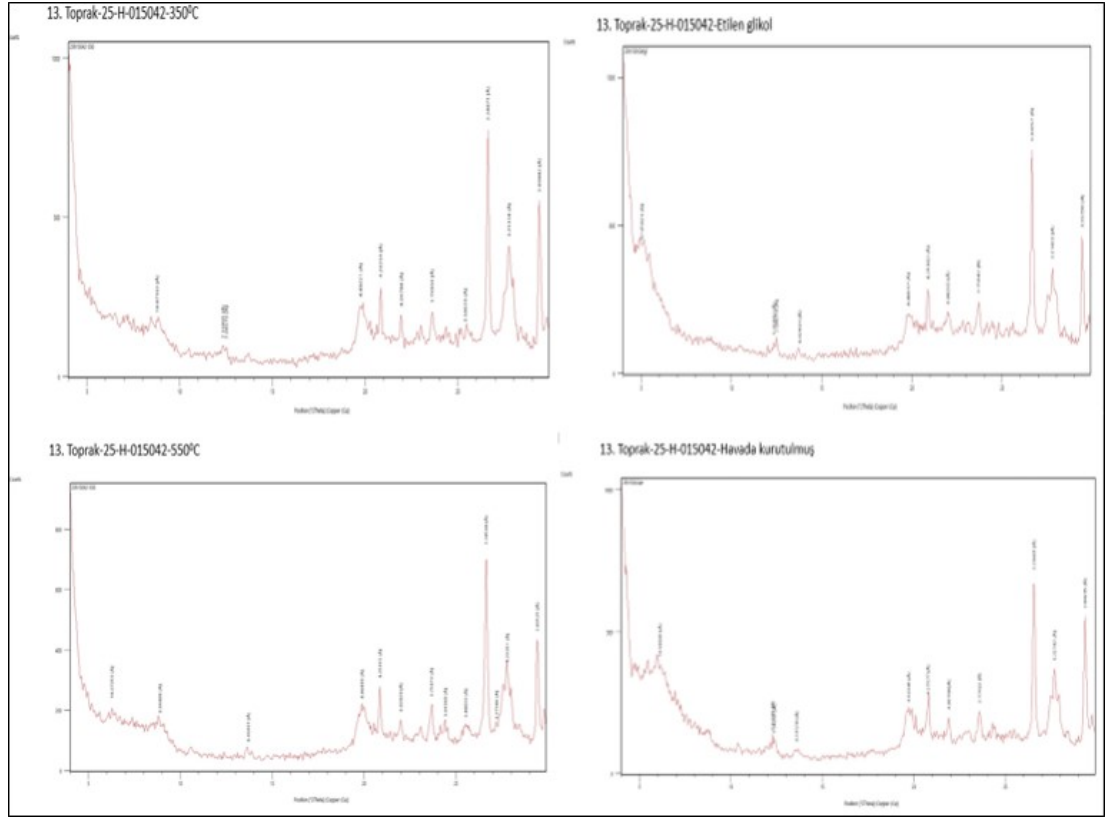
Şekil 4.22. 11. Toprak-25-H-015040 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



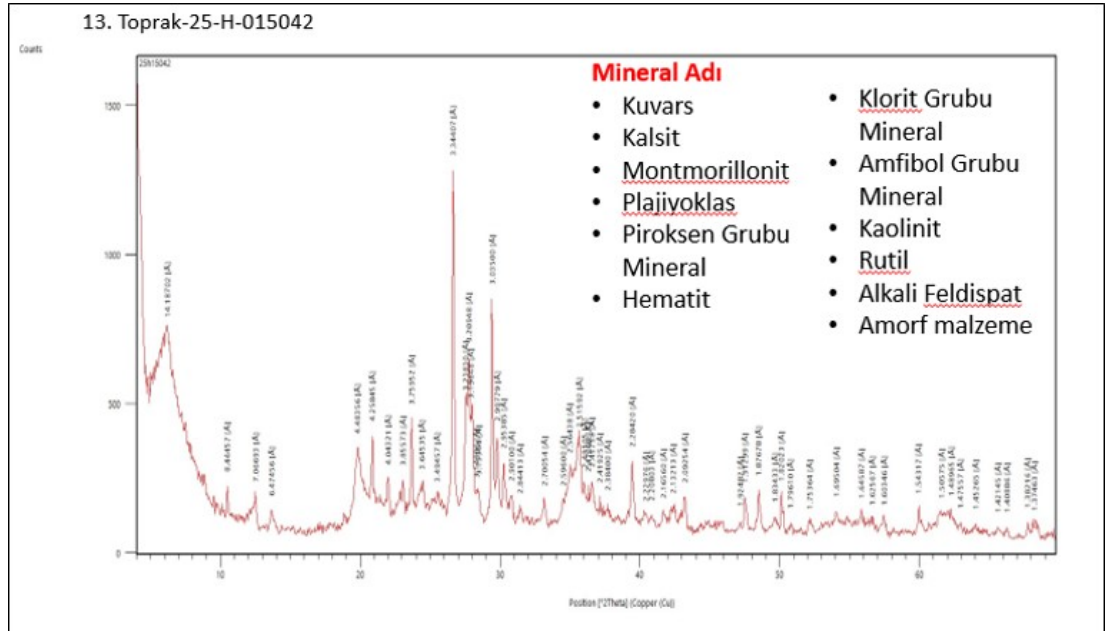
Şekil 4.23. 12. Toprak-25-H-015041 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



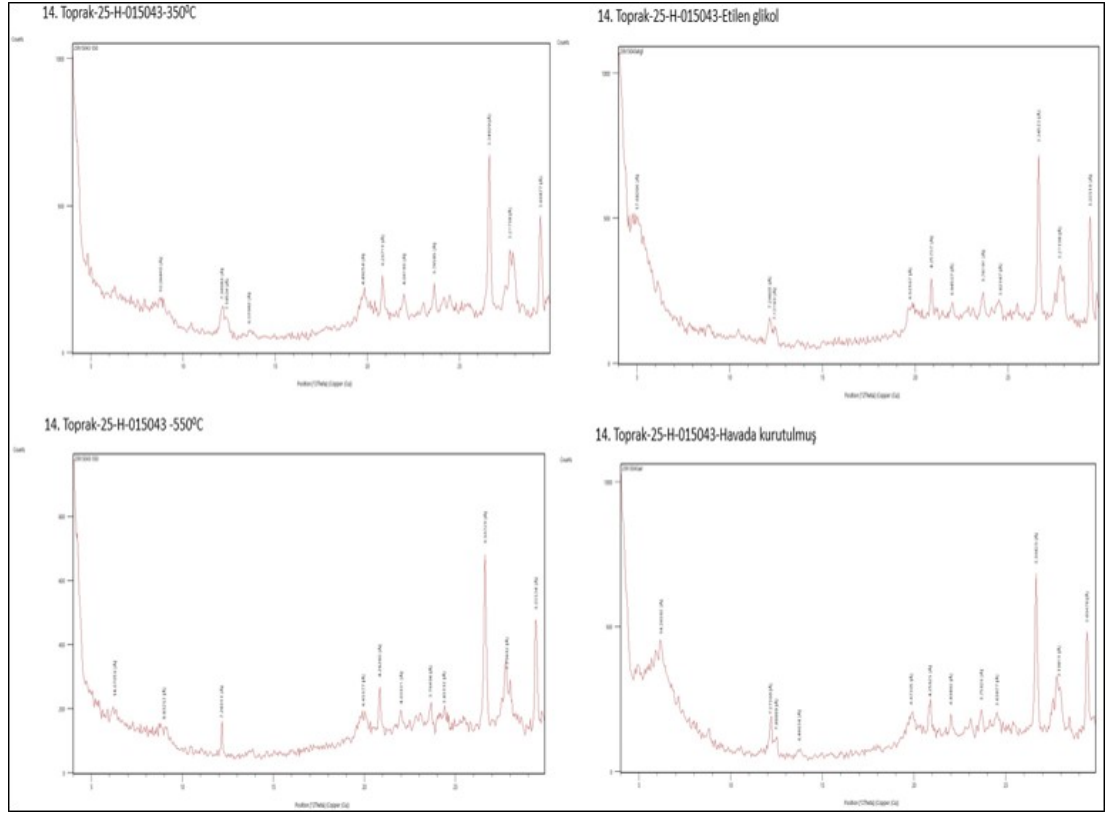
Şekil 4.24. 12. Toprak-25-H-015041 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



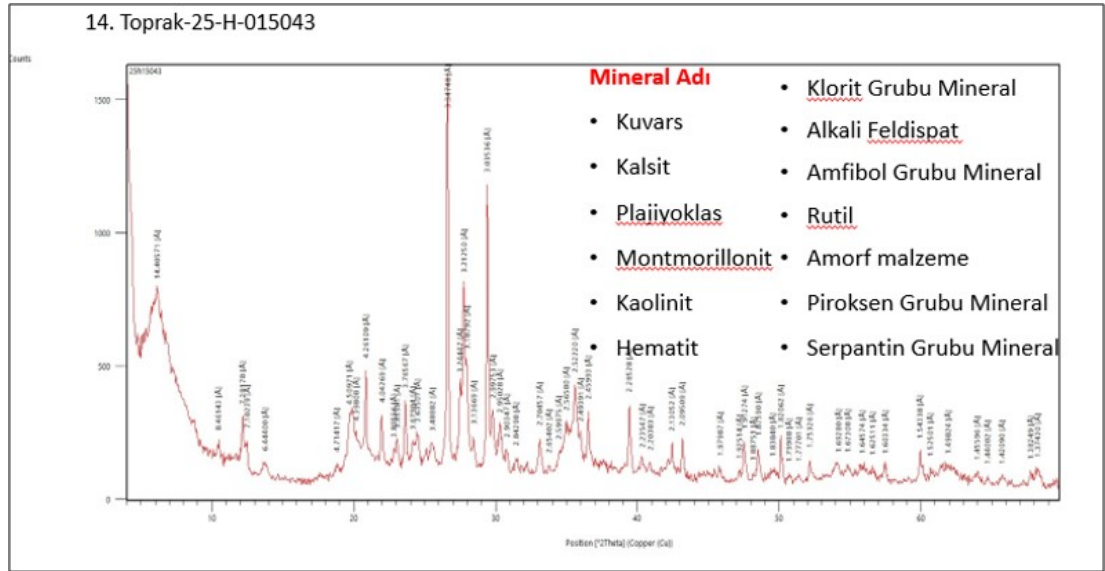
Şekil 4.25. 13. Toprak-25-H-015042 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



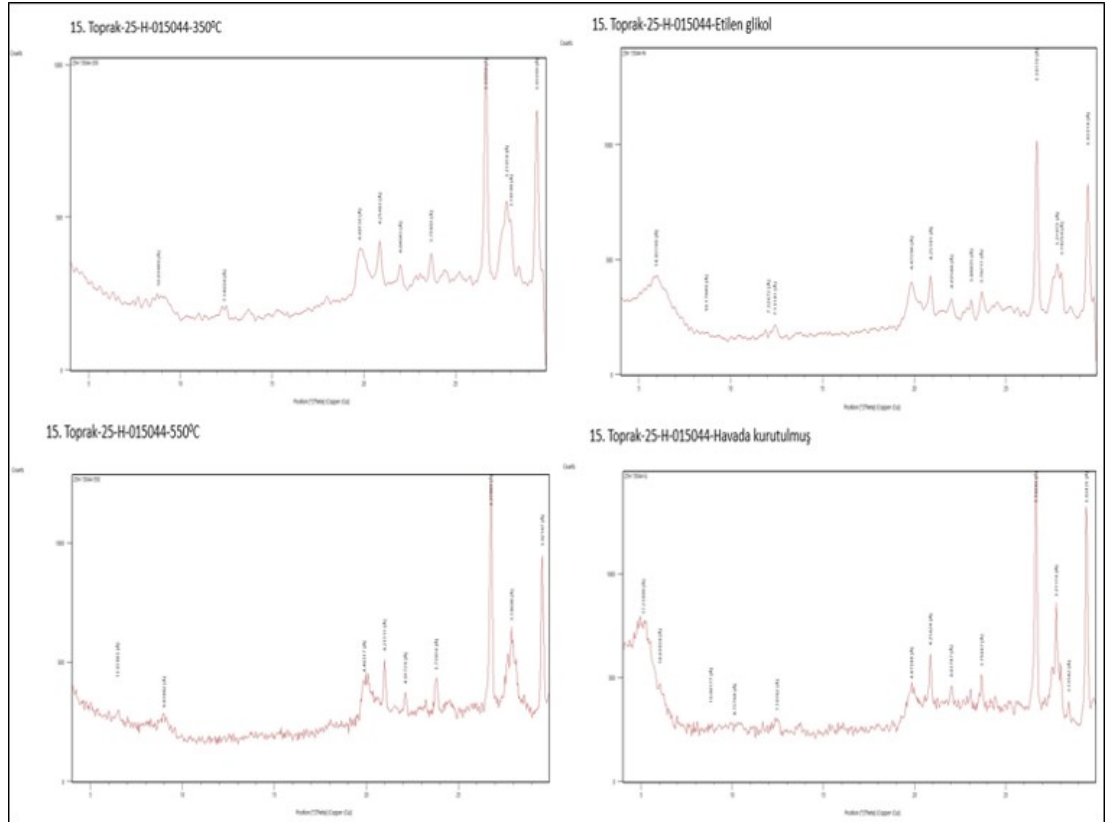
Şekil 4.26. 13. Toprak-25-H-015042 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



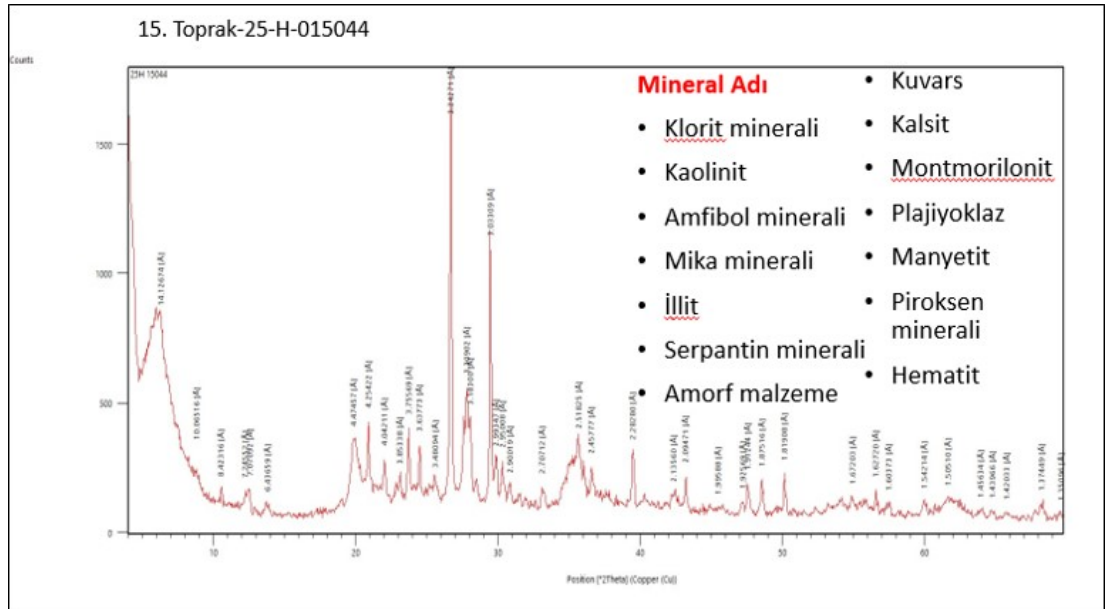
Şekil 4.27. 14. Toprak-25-H-015043 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



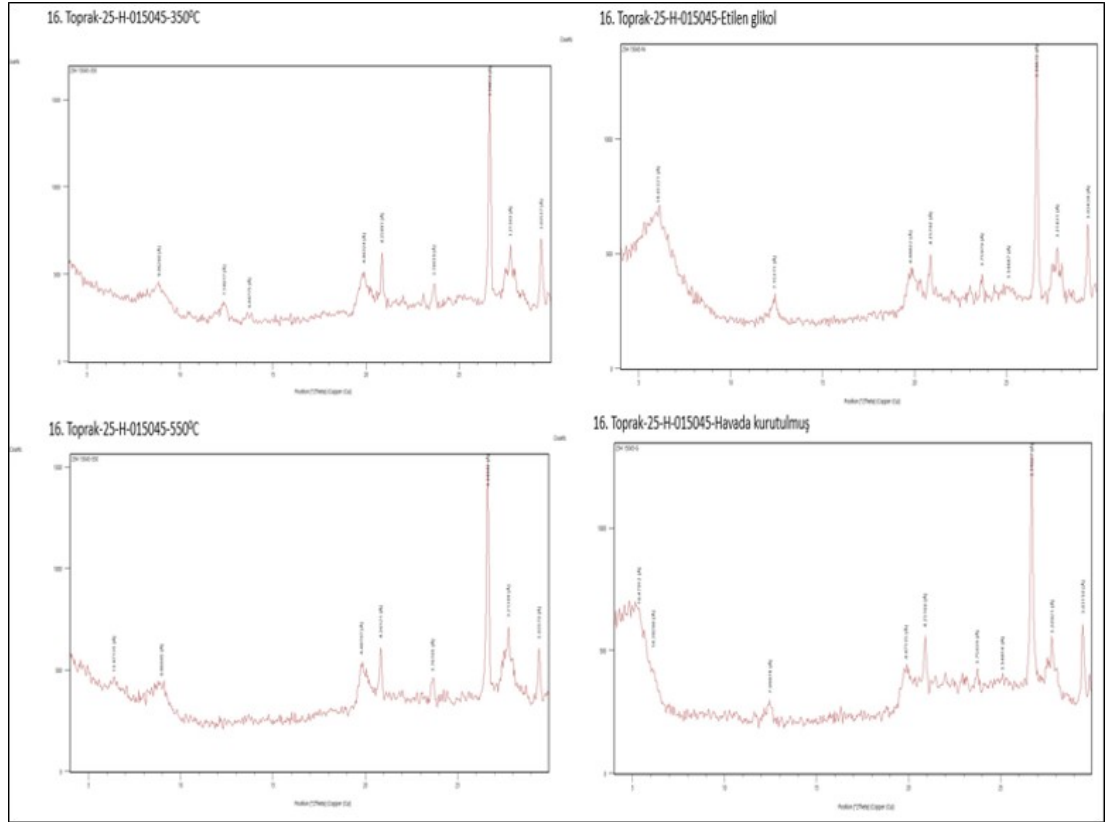
Şekil 4.28. 14. Toprak-25-H-015043 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



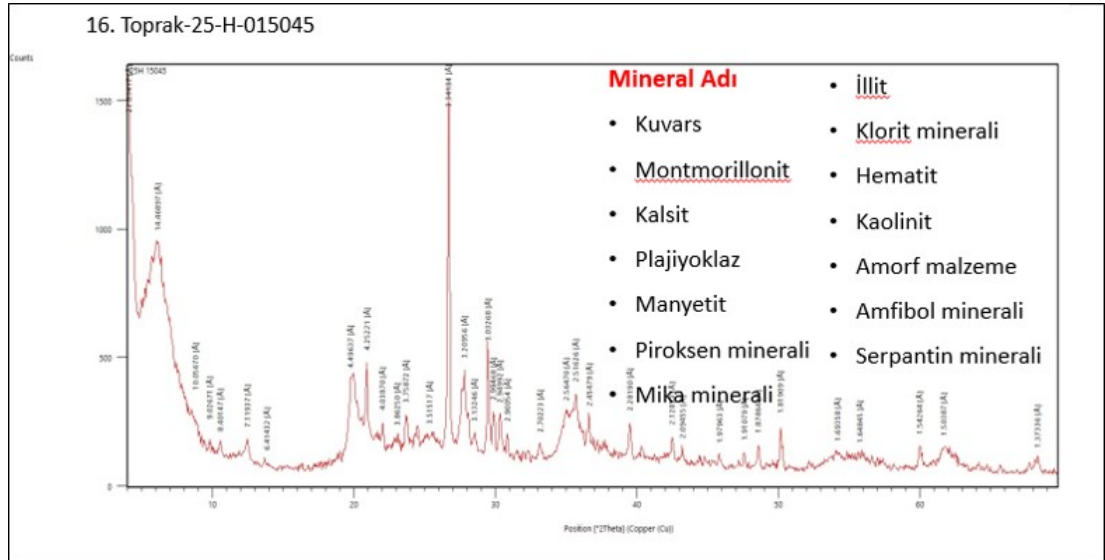
Şekil 4.29. 15. Toprak-25-H-015044 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



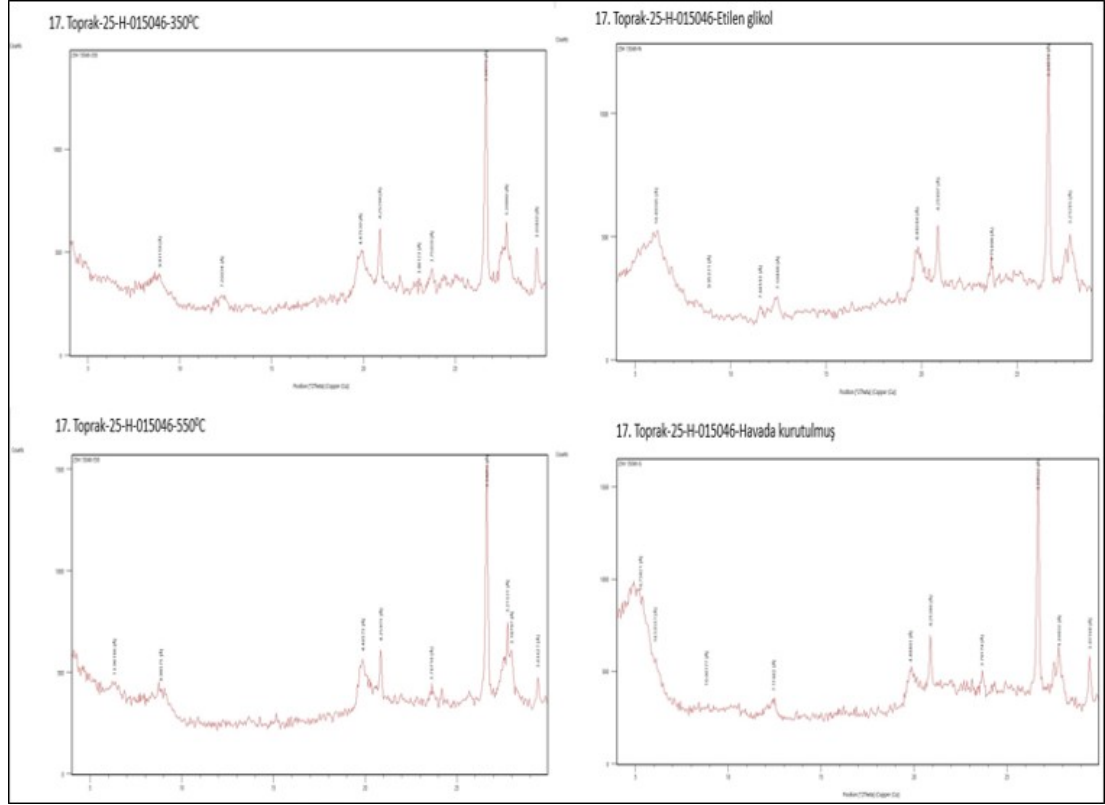
Şekil 4.30. 15. Toprak-25-H-015044 ~detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



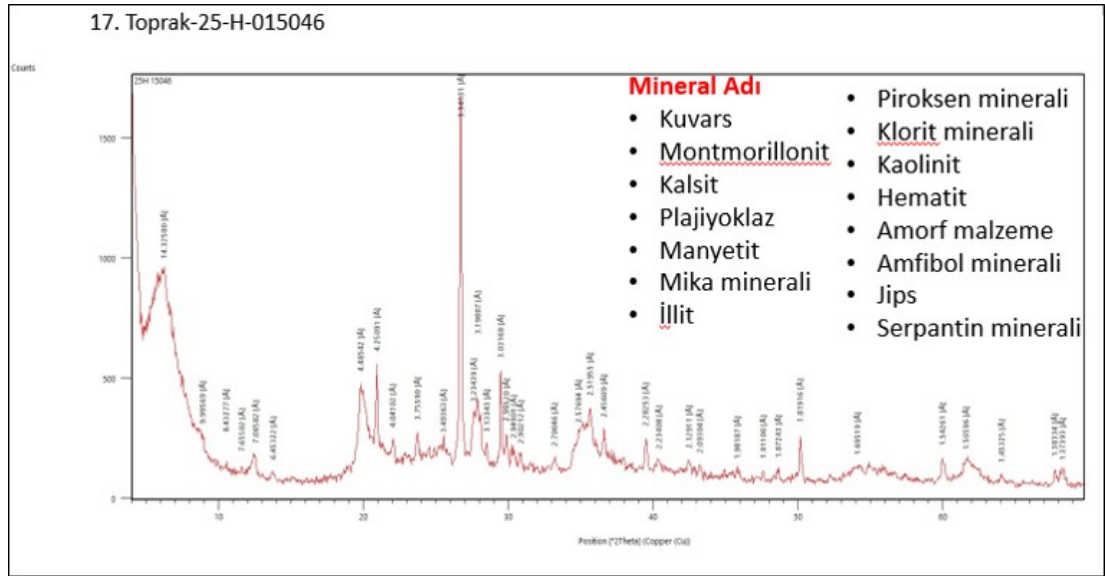
Şekil 4.31. 16. Toprak-25-H-015045 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



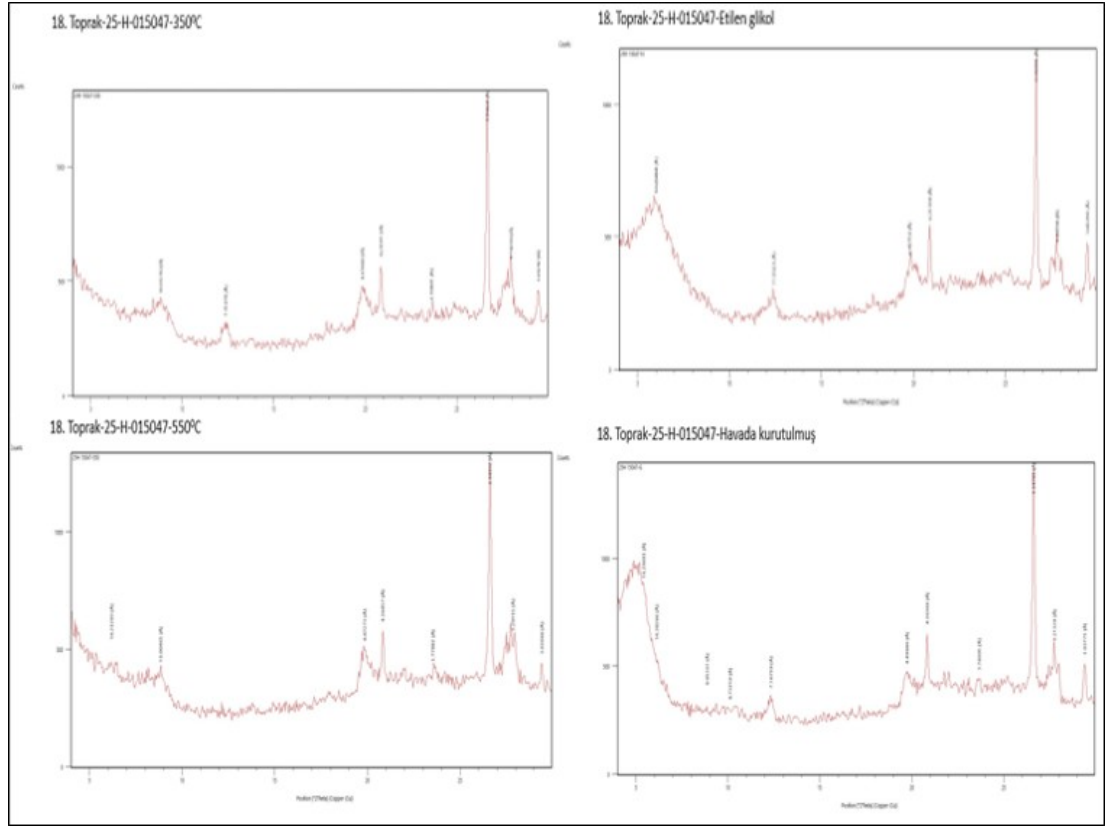
Şekil 4.32. 16. Toprak-25-H-015045 ~detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



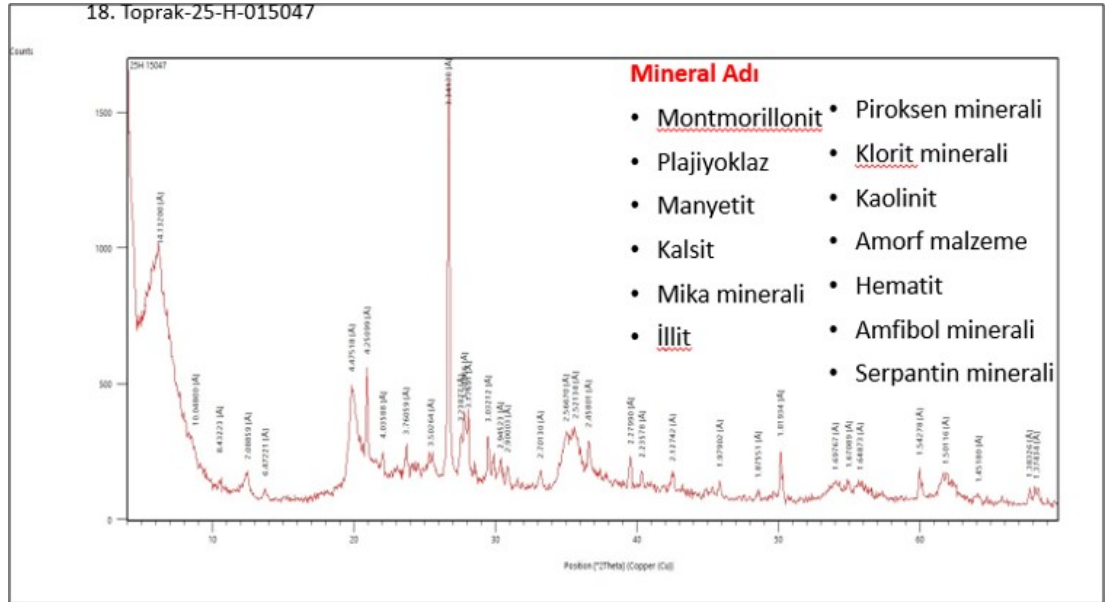
Şekil 4.33. 17. Toprak-25-H-015046 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



Şekil 4.34. 17. Toprak-25-H-015046 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kalitatif kil analiz sonucu elde edilen mineraller



Şekil 4.35. 18. Toprak-25-H-015047 detay kil XRD difraktogram çekimi grafikleri



Şekil 4.36. 18. Toprak-25-H-015047 detay kil XRD difraktogram çekimi grafiği ve kaliteli kil analiz sonucu elde edilen mineraller

## 5. TARTIŞMA

Karacadağ, üst Miyosen-Pliyosen ve Kuvaterner dönemlerini kapsayan Arap Levhası'nın kuzeye doğru hareketi ve Avrasya Levhası ile çarpışması sonucu oluşan çatlak hatları (lineamentler) boyunca yükselen magmanın eseri olarak ortaya çıkan çok daha geniş bir alana yayılan "kalkan volkan" tipinde sönmüş bir yanardağdır.

Bu çalışmada, Karacadağ volkanik kütlesi üzerindeki ana kayalık-toprak ilişkisini mineralojik ve jeokimyasal bir perspektifle incelenmiştir. Çalışma kapsamında, farklı yükseltilerden (1838m, 1241m, 850m) ve farklı iki derinlikten (0-30cm ve 30-60cm) alınan kayalık ve toprakların mineralojik ve element bileşimi analiz edilerek, ana materyalden toprağa element transferi ve iklimsel faktörlerin bu süreçteki rolü tartışılmıştır. Mevcut literatür, incelendiğinde Türkiye'nin, çeşitli bölgelerinde bulunan topraklarda, kil minerallerinin belirlenmesine yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Akalan ve Başer, 1972; Akyıldız ve Yar, 2024; Everest vd., 2025; İnce, 1979; İnce, 1984; İnce ve Kapur, 1985; Kapur, 1980; Kapur vd., 1975; Özyaytekin, 2002; Polat, 2019; Sarıaltun vd, 2023; Seyrek vd., 2011; Tetiker ve Yalçın, 2017). Ancak, literatür incelemesi ve mevcut bilgi düzeyimize göre, Karacadağ volkanik bazaltları ile bazaltların oluşturduğu toprakların mineralojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu durum da bu çalışmanın önemini artırmaktadır.

Araştırma topraklarının pH değerleri 6,32 ile 7,75 arasında değişmekte olup, ortalama pH değer 6,97 bulunmuştur. Toprak örnekleri pH'larının %50'si nötr ile % 28'i hafif asit, ve %22'si hafif alkalın reaksiyonlu olduğu görülmüştür Şanlıurfa ili Halfeti ilçesi topraklarının bitki besin elementi kapsamının ve bazı özelliklerinin belirlendiği çalışmada, topraklarının pH'ları 7,38-7,83 arasında değişmekte olup ortalama 7,68 olarak bulunduğu ve toprak örneklerinin pH'larının nötr ile hafif alkalın arasında değiştiği bildirilmiştir (Saraçoğlu vd., 2014). Bitkilerin gelişmeleri için mutlak gerekli olan elementlerin yararlı oluşları, gelişme ortamının pH'sına bağlıdır. Toprak, asit, nötr veya bazik olsun, çeşitli bileşiklerin çözünürlükleri, değişim yerlerine iyonların bağlanma süreçleri ve çeşitli mikroorganizmalar yine pH ile yakından ilişkilidir.

Karacadağ'da yürütülen bu çalışmada da toprak kireç içeriklerinin ortalaması  $2,53 \pm 0,7$

olarak saptanmış olup toprakların %67'sinin kireçsiz, %11'inin az kireçli, %17'sinin orta kireçli ve %6'sının kireçli olduğu saptanmıştır. Yalçın ve Çimrin'in yapmış olduğu çalışmada, Siverek ilçesi topraklarının kireç içeriklerinin ortalamasını %3,74 olarak genellikle kireçli ile orta kireçli olarak olduğunu belirtmişlerdir. (Yalçın ve Çimrin, 2019).

Daha önce yapılan birçok çalışmada, yükselti arttıkça  $\text{CaCO}_3$  ve pH'ın azaldığı, düşük yükseltilerde ise kireç miktarının ve baz doygunluğunun daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Aqdam vd., 2023; Kamal vd., 2023; Masoud vd., 2024; Sun vd., 2025). Bu çalışmaların sonuçlarına benzer şekilde bu çalışmada, düşük yükseklikte (850m) yüksek kireç ortalaması ( $6,02 \pm 0,2$ ) ve alkali pH ( $7,6 \pm 0,06$ ) durumu görülmüştür. 1838m ve 1241m yükseltilerden alınan tüm topraklar kireçsiz bulunmuştur. Çalışmada yapılan korelasyon analizi, toprak kireç içeriği ile pH değerleri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma alanında 1838m'den 850m'ye inildikçe, kireç miktarında yaklaşık 10 katlık bir artış gözlemlenmiş, bu artışa paralel olarak pH değerleri 'hafif asidik' düzeyden 'hafif alkali' düzeye yükselmiştir. Bu durum, yüksek rakımlarda baskın olan şiddeti yıkanma (leaching) süreçlerinin, asidifikasyon, kireçsizleşme (dekalsifikasyon) süreçlerine yol açtığını, düşük rakımlarda ise evaporasyonun veya ana materyal etkisinin kireç birikimini ve dolayısıyla alkaliniteyi teşvik ettiğinin kanıtı olarak düşünülmektedir. Ayrıca, çalışma verilerinden anlaşılacağı üzere 850m'den 1838m'ye doğru gidildikçe kireç içeriğinin azalması, topoğrafyanın toprak oluşumu (pedojenez) üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir.

Kireç içeriği ile çalışma alanı topraklarından XRD ile elde edilen mineraller arasında ilişki araştırıldığında, kireç içeriğinin kalsit ile ileri düzeyde ilişkili bulunmuştur. Kireçli toprakların tamamında (%100) kalsit bulunurken, kireçsiz toprakların sadece 1'inde (%83) kalsit bulunmuştur. Bu durum, incelenen topraklarda kireç oluşumunun temel mineralojik kaynağının kalsit olduğunu doğrulamaktadır. Kireç içeriğinin saptanması genellikle kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) varlığına dayanmaktadır. Kalsit, bu bileşiğin en yaygın ve stabil polimorfu olduğundan, kireçli örneklerde %100 oranında kalsit saptanması beklenen bir jeokimyasal sonuçtur. Kireçsiz topraklarda yer alan ancak kalsit içeren tek örnek (%8,3), kirecin tespiti için kullanılan yöntemin eşik değerinin (limit of detection) altında

kalmış olabilir veya örnekte kalsit çok düşük/lokalize bir oranda bulunuyor olabilir diye düşünülmektedir. Kalsit, kireçtaşının temel minerali ve kirecin hem başlangıç hammaddesi hem de nihai karbonasyon ürünü olarak merkezî konumdadır. Isı ile kalsitten kireç, su ve CO<sub>2</sub> ile de kireçten tekrar kalsit oluşur; bu döngü, kireç esaslı harçların sertleşmesini, zeminlerin mühendislik davranışını ve çimento-bağlayıcı sistemlerin mineralojisini kontrol eder.

Şanlıurfa ili Siverek ilçesi topraklarının toplam tuz içerikleri % 0,02-0,13 arasında değişirken ortalama olarak % 0,07 olarak bulunmuş ve toprakların hepsinin tuzsuz sınıfa girdikleri belirlenmiştir (Yalçın ve Çimrin, 2019). Bu çalışmada da benzer şekilde Karacadağ-Siverek bölgesinden alınan tüm toprak örneklerinin tuzsuz olduğu belirlenmiştir.

Yalçın ve Çimrin'in yapmış olduğu çalışmada, Siverek ilçesi topraklarının sırasıyla kil, kum ve silt miktarları ortalama olarak %34, %22 ve %44 bulunmuştur. Topraklarının organik madde içeriğinin ortalama % 1,94 olduğunu rapor etmişlerdir (Yalçın ve Çimrin, 2019). Bu çalışmada, Karacadağ-Siverek bölgesinden alınan toprak örneklerinde kil, kum, silt miktarları ortalaması sırasıyla; %35, %56 ve %11 olarak bulunmuştur. Orta yükseklikteki (1241 m) toprak örneklerinin tamamı (%100) kumlu kil yapısındayken, üst yükseklik (1838m) ve alt yükseklikteki (850m) toprak örneklerinin tamamı (%100) kumlu killi tın bünye yapısındadır. Bu durum, o bölgedeki bazaltın ayrışma hızı, killeşme süreçleri veya drenaj durumu ile açıklanabilir. Çalışma alanı toprak örneklerinde, XRD ile tespit edilen mineraller bünye sınıfına göre incelendiğinde, istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). Özellikle ince taneli fraksiyonların oranı arttıkça mineral çeşitliliğinin ve miktarının değiştiği gözlemlenmiştir. Kumlu killi tın özellik gösteren toprakların %58'inde kalsit, %67'sinde illit, %100'üde piroksen saptanmıştır. Kumlu kil özelliğindeki bünye sınıfındaki örneklerin hiçbirinde kalsit mineraline rastlanmamıştır. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan bu fark ( $p = 0,038$ ), kalsit varlığının killi tınlı bünyelerde karbonat birikimine daha yatkın bir jeokimyasal ortam bulduğunu veya ana materyalin bu sınıfta daha kireçli bir karakter sergilediğini göstermektedir. Kumlu killi tın bünyeli örneklerin tamamında piroksen mineralin bulunması, söz konusu toprakların oluşumunda mafik karakterli magmatik kayaların etkisinin daha baskın olduğunu ve bu bünyenin

minerallerin korunumu açısından daha stabil bir ortam sunduğunu düşündürmektedir. Kumlu killi tın bünyedeki illit baskınlığı ise, mika grubu minerallerin fiziksel ve kimyasal ayrışma aşamalarının bu bünye sınıfında daha karakteristik olduğunu kanıtlamaktadır. Kumlu kil sınıfında kalsit ve illitin görülmeysi, bu toprakların daha ileri derecede ayrışmaya maruz kalmış veya farklı bir ana materyal üzerinde şekillenmiş olabileceğine dair güçlü birer akademik veri sunmaktadır. Bünye sınıfları arasındaki bu farklılıklar, toprakların su tutma kapasitesi, katyon değişim kapasitesi ve tarımsal verimlilik potansiyellerinin de farklılaşacağına işaret eder.

Çalışma bölgesinden (Karacadağ-Siverek bölgesi) alınan tüm toprak örneklerinin organik madde içeriği ortalaması %1,96 hesaplanmış olup tüm toprakların %39'unun düşük, %50'sinin orta, %11'inin de yüksek seviyede organik maddeye sahip olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın toprak örneklerindeki organik madde ortalaması sonucuna (%1,96) benzer şekilde, başka bir çalışmada, organik madde içeriğinin ortalamasının %1,94 olduğu rapor etmişlerdir (Yalçın ve Çimrin, 2019).

Çalışma alanında, yükseltiye göre organik madde miktarı incelendiğinde 850 metre yükseltideki organik madde birikiminin, 1838 metreye oranla yaklaşık iki kat daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum, yükseltiye bağlı değişen çevresel faktörlerin (sıcaklık, nem, bitki örtüsü) etkisini vurgulamaktadır. Ayrıca, organik maddenin 850 metrede %83,3 gibi yüksek bir oranda orta seviyede stabilize olması, bu yükseltinin tarımsal verimlilik veya ekosistem hizmetleri açısından en sürdürülebilir zon olduğunu göstermektedir. Öte yandan, 1838 metredeki düşük organik madde varlığı (%67), bu alanların toprak koruma ve restorasyon çalışmaları açısından daha hassas alanlar olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Birçok çalışmada, yükselti arttıkça, serin yerlerde organik maddenin fazla olduğu bildirilmiştir (Zhang vd., 2024; Zhou vd., 2023). Mevcut çalışmanın sonucuyla uyumlu olan başka bir çalışmada, eğimli, işlenen yamaçlarda ince parçacık ve organik maddenin uzaklaşması, yükseldikçe organik maddeyi düşürebileceği bildirilmiştir (Semercioğlu vd., 2023). Özellikle yükselti azaldıkça organik madde seviyesinin düşük kategorisinden orta ve yüksek kategorilerine doğru kayma eğilimi göstermesi, çalışma alanındaki dikey yöndeki değişkenliğin temel bir belirteçidir.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) (1990) bildirdiği sınır değerlerine göre Siverek ilçesi yaygın toprak guruplarının %11' inin fosfor içeriği düşük %55'inin çok düşük, %3'ünün fazla düzeyde olduğu, %32'sinin ise yeterli düzeyde fosfor içerdiği görülmüştür. Toprak örneklerinin değişebilir potasyum içerikleri sınıflandırıldığında ise %20'sinin yüksek (370-1000 ppm) ve % 80'nin çok yüksek (>1000 ppm) düzeyde olduğu potasyum içerdiklerini belirtmişlerdir (Yalçın ve Çimrin, 2019).

Karacadağ- Siverek bölgesi çalışma alanı topraklarının %56'sında çok düşük, %17'sinde düşük, %6'sında orta, %22'sinde çok yüksek düzeyde alınabilir fosfor; %61'inde çok yüksek ve %39'unda yüksek düzeyde alınabilir potasyum saptanmıştır. Karacadağ toprakları; doğal potasyum rezervi yüksek, fosforu bitkiye daha kolay sunan, ancak fiziksel yönetimi su ve sürüm dikkat isteyen topraklardır. 1838m'de fosforun (12,36 kg/da) alt yükseltilere göre 5-6 kat daha fazla olması en çarpıcı bulgulardan biridir. Bu, yüksek rakımdaki ana materyalin fosforca zengin olduğunu veya pH'ın 6,37 (fosfor yayarışlılığı için ideal aralık) seviyesine düşmesinin fosforun fikse olmasını (bağlanmasını) engellediğini düşündürmektedir.

Alınabilir fosfor ile montmorillonit, amfibol, illit smektit, mika illit mineralleri arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). Fosfor düzeyi düşük olan toprak örneklerinin tamamında (%100) montmorillonit mineraline rastlanmıştır. Öte yandan, fosfor düzeyi yüksek olan toprak örneklerinde montmorillonit bulunmama oranı %75 olarak saptanmıştır. P değerinin  $< 0,05$  olması, bu dağılımın tesadüfi olmadığını ve kil mineralojisinin toprak verimliliği yönetiminde kritik bir parametre olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu veriler, montmorillonit varlığının düşük fosfor elverişliliği ile doğrudan ilişkili olduğunu ve bu mineralin fosfor fiksasyonu üzerinde baskın bir rol oynayabileceğini kanıtlamaktadır. Düşük fosforlu gruptaki %100'lük montmorillonit varlığı, bu mineralin baskın olduğu topraklarda fosforun kimyasal olarak bağlandığını ve bitki kökleri tarafından alınmasının güçleştiğini doğrulamaktadır. Çalışma bulguları, amfibol mineralinin varlığının düşük fosforlu alanlarda yoğunlaştığını, yüksek fosforlu alanlarda ise amfibolün çoğunlukla bulunmadığını göstermektedir. İncelenen toprak örneklerinde, amfibol mineralinin varlığı ile düşük fosfor seviyeleri arasında negatif yönlü veya ters bir ilişki olduğu

söylenbilir. Fosfor seviyesi yükseldikçe, amfibol varlığının azaldığı görülmektedir.

Çalışmada, alınabilir fosforun  $Al_2O_3$  ve  $Fe_2O_3$  olmak üzere her iki oksitle pozitif korelasyon göstermesi, bu elementin sediment/toprak yapısı içindeki killi ve demirokasitli fraksiyonlarda eş zamanlı olarak biriktiği şeklinde yorumlanabilir.

Mika (biyotit)-illit mineralojisi, hem kenar bölgelerindeki ligand değişimi yoluyla fosfatı kimyasal olarak bağlamakta, hem de tabakalar arası dinamikleriyle fosforun hareketliliğini kısıtlamaktadır. Bu durum, toprak verimliliği yönetiminde mineralojik yapının primer bir kısıtlayıcı faktör olarak kabul edilmesini zorunlu kılmaktadır.

İllit-smektit kil mineralleri ile fosfor arasındaki ilişki, bu minerallerin yüksek yüzey alanları ve genişleyebilir yapıları nedeniyle oldukça kritiktir. Smektit grubunun genişleme özelliği ile illitin kenar bölgelerindeki reaktivitesi birleştiğinde, fosforun toprak çözeltisindeki hareketliliği ciddi oranda kısıtlanır.

Yükselti ile alınabilir potasyum değerleri arasında istatistiksel bir fark bulunmaması, potasyumun bu bölgede yükseltiden ziyade ana materyal (kil mineralojisi) tarafından kontrol edildiğini kanıtlamaktadır.

Çalışma alanından alınan tüm toprak örneklerinin su doygunluğu ortalaması  $63,33 \pm 5,42$  bulunmuştur. Çalışma bulgularına göre en yüksek su doygunluğu 1241 metrede ( $67,0 \pm 3,34$ , en düşük ise 1838 metrede ( $58,8 \pm 4,53$ ) gözlemlenmektedir. Özellikle 1838 metredeki belirgin düşüş, yüksek rakımlarda toprak tekstürünün değişimi, ve yüksek eğim nedeniyle artan yüzey akışının bir sonucu olarak yorumlanabilir. 1241 metre rakımının en yüksek su doygunluk değerine ( $67,0 \pm 3,34$ ) sahip olması dikkat çekicidir. Bu durum, bu yükseltideki nispeten daha düşük buharlaşma hızı ve toprak profilinde suyun tutulmasını sağlayan daha elverişli bir kil miktarı ile ilişkilendirilebilir.

Çalışma bulguları, yükselti ile Karacadağ-Siverek bölgesinden alınan toprak örnekleri pH, EC,  $CaCO_3$ ,  $P_2O_5$ , toprak kil ve kum seviyeleri arasında ileri düzeyde anlamlı ilişki olduğunu göstermiştir ( $p < 0,001$ ). Çalışma sonuçları, sonuçları, yükseltinin (rakım) toprak fiziği ve kimyası üzerinde ne denli belirleyici bir faktör olduğunu çarpıcı bir şekilde ortaya koymaktadır. Özellikle pH, kireç ( $CaCO_3$ ), organik madde, ve yarıyıllı fosfor ( $P_2O_5$ )

arasındaki etkileşimler, toprak oluşumu ve verimlilik yönetimi açısından kritik önem taşımaktadır. Bulgular, araştırma bölgesinde yükseltinin bağımsız değişken olarak hareket ettiğini; pH ve kireç üzerinden fosforun kimyasal formunu, kil içeriği üzerinden ise fiziksel tutulum kapasitesini kontrol ettiğini göstermektedir.

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 ( $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MnO$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  ve  $TiO_2$ ) bulunmuştur (İnci, 2022). Karacadağ-Siverek bölgesinde yürütülen bu çalışmada da XRF analizi ile  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $Na_2O$ ,  $P_2O_5$ ,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$  gibi majör oksitler belirlenmiştir.  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  ve  $TiO_2$  gibi ağır ve nispeten daha az hareketli elementler yüksek rakımda (1838 m) daha yüksek oranlarda bulunmuştur. Bu durum, yükseklerdeki fiziksel aşınma veya anakaya yapısıyla ilgili olabilir. Hareketli bir element kabul edilen  $CaO$ 'nun düşük rakımda (850 m) daha yüksek ortalama sahip olması ise yükseklerden aşağıya doğru bir yıkanma sürecini yansıtmaktadır. Karacadağ'ın üç farklı yükseltisinde (1838 m, 1241 m ve 850m ) en baskın saptanan bileşik  $SiO_2$  olup en stabil dağılımı orta yükseltide gözlemlenmiştir. Kayaç örneklerinde  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ ; toprak örneklerinde ise  $SiO_2$  bir miktar daha baskın gözlenmiştir.  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $Na_2O$  ve  $P_2O_5$  bileşik oranları kayaç ve toprak grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$  parametrelerinin kayaç ve toprağa göre gösterdikleri fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamasına rağmen kayaçta  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ ; toprakta ise  $SiO_2$  bir miktar daha baskın gözlenmiştir. Yüksek mean rank (sıra ortalaması) değerleri incelendiğinde toprak örneklerinin  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$  ve  $MnO$  değerlerinin kayaç numunelerine göre daha yüksek olduğu (yüksek Mean Rank değerleri), buna karşın kayaç numunelerinin  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$  ve  $P_2O_5$  içeriklerinin toprak numunelerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Majör oksit bileşimi (özellikle %45  $SiO_2$  ve %14  $Fe_2O_3$  oranları), Karacadağ bölgesinin bazaltik kökenli ana materyaline işaret etmektedir.

Bazaltik topraklarda kaya parçalarının ve birincil minerallerin varlığı, jeokimyasal ve mineralojik verilerle uyumlu olarak, bu toprakların düşük ayrışma derecesini doğrulamaktadır. XRD incelemeleri, mineralojik bileşimde litolojiye bağlı belirgin bir eğilim göstermekte;

felsik kaynak kayalardan (ignimbrit ve piroklastikler) türeyen topraklar daha fazla kilce zengin ve ileri düzeyde ayrılmış bir karakter sergilerken, mafik kayalar (bazalt) birincil silikat minerallerini daha büyük ölçüde korumaktadır. Bu bulgular, ana kaya malzemesinin toprak mineralojisi üzerindeki önemli etkisini vurgulayarak jeokimyasal ve petrografik gözlemleri doğrulamaktadır (Everest vd., 2025).

Karacadağ volkanizmasının doğu uzantısı veya ona paralel gelişen bağımsız bir kolu olarak kabul edilen Kıra Dağı ve Karacadağ'da plajiyoklaz, olivin ve klinopiroksen minerallerinin baskın olduğu bildirilmiştir. Her iki bölge de ağırlıklı olarak alkali bazalt ve toleyitik bazalt karakterli lavlardan oluşur (Polat vd., 2019).

Yeşilyurt Polyesinde yapılan çalışmada, toprakta illit, kaolinit ve smektit killeri baskın bulmuşlardır. (Küçükuysal ve Gül, 2023).

Bu çalışmada, Siverek-Karacadağ Bölgesinden alınan toprak örnekleri, kalitatif detay kil analizi ile incelenmiş olup en baskın mineraller saptanma yüzdelik oranlarına göre sırasıyla: kuvars, plajiyoklas, hematit, montmorillonit (kil minerali), piroksen, kaolinit (kil minerali) serpantin, klorit (kil minerali), amfibol, manyetit, mika, amorf, illit (kil minerali), kalsit, smektit grubu (kil minerali), rutil, alkali feldispat, jips (alçıtaşı), illit-smektit (kil minerali), mika-illit karışık, opal-ct bulunmuştur. Bu çalışmada, genel olarak kuvars; montmorillonit, kaolinit, amfibol ve serpantin gibi minerallerinin toprağı belirleyen temel baskın mineraller olduğu görülmektedir. Söz konusu bu mineral topluluğu, bölge topraklarının bünye yapısını şekillendirmekte ve mutlak makro besin elementlerinin jeokimyasal süreçleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Kayaçlarda bu minerallerin (özellikle killerin) bulunmaması, toprağın bu kayaçlardan türediğı ancak ciddi bir kimyasal değişim ve ayrışma sürecinden geçtiğı sekonder olarak oluştuklarını göstermektedir.

Bu çalışmada XRD ile tespit edilen toprak mineralleri daha önce yapılan çalışmalarda, bildirilen ve genellikle piroksen, biyotit (mika) ve plajiyoklaz gibi kolay ayrışabilen mineraller ile kuvars gibi ayrışmaya daha dirençli minerallerle benzerlik göstermektedir (Karlen vd., 2006; Tun vd., 2015; Zaher vd., 2020).

Diyarbakır bazalt kilindeki minerallerin XRD ile araştırıldığı bir çalışmada baskın mineralin smektit olduğu tespit edilirken (Akyıldız ve Yar, 2024) bu çalışmada XRD analizi

ile smektit grubu minerallerden montmorillonit en baskın olmuş ve bunu diğer smektit kil mineralleri ve illit-smektit izlemiştir.

Konya Erenler Dağı volkanik materyalleri üzerinde toprak oluşumu ile ilgili yapılan çalışmada, en yaygın primer mineral olarak feldspat, kristobalit ve kuvars saptanmıştır. Bazı profillerde hematit, cummingtonit ve manyetit te bulunmuştur. Aynı çalışmada, XRD analizi ile kaolinit ve illitin, kil fraksiyonunda dominant kil minerali olduğu tespit edilmiştir. (Özaytekin ve Özcan, 2011). Bu çalışmada da toprakta en çok kuvars ve plajiyoklas bulunmuştur.

Harran Ovası'ndaki toprakların mineralojik yapısının incelendiği bir çalışmada smektitin, Harran Ovası'ndaki çoğu toprakta baskın kil minerali olduğu ve onu paligorskit, kaolinit ve illitin takip ettiği bildirilmiştir (Aydemir, 2001; Çakmaklı, 2008). Bu çalışmada da XRD detay kil analiz sonucunda bahsi geçen çalışmaların sonuçlarına benzer şekilde montmorillonit, kaolinit ve illit mineralleri tespit edilmiştir.

Trakya'da toprak grubunda bulunan kil minerallerini X-Işınları yansıtma tekniği ile toprakların kil fraksiyonunda %75-90 oranlarında montmorillonit bulunduğunu, bu minereli illit ve kaolinitin takip ettiğini belirlemişlerdir (Akalan ve Başer, 1972). Bu çalışmada yapılan XRD detay kil analizi sonucu tüm toprak örneklerinin %83'ünün montmorillonit, kaolinit ve %44'ünün illit içerdiği saptanmıştır.

Bu çalışmada, XRD ile standart kalitatif mineral analizi sonucu kayalarda tespit edilen minerallerden en baskını, kayaların tamamında plajiyoklas; diğer tespit edilen mineraller ise sırası ile piroksen (sert-silikat), manyetit (demir oksit), olivin (magmatik gösterge) hematit, kalsit, mika-illit karışık, alkali feldspat, götit, kuvars, klorit ve ilmenit bulunmuştur.

Kayaçta yüksek oranlarda, %100 oranında plajiyoklas, %83 oranında piroksen ve %55 oranında olivin görülmesi Karacadağ kayalarının bazaltik veya gabro tipi bazik bir magmatik kayaç olduğunu doğrulamaktadır.

Toprakta çok yüksek oranda (%100) bulunan kuvarsın kayaçta sadece %5,6 oranında eser miktarda görülmesi çok çarpıcıdır. Bu durum, toprağın sadece bu kayaçtan oluşmadığını,

rüzgâr veya su yoluyla dışarıdan kuvarsın taşınmış olabilmesi ya da kayacın içindeki çok az miktardaki kuvarsın toprak oluşumu sırasında dirençli olduğu için ayrışmayıp toprakta varlığını korumuş olmasından kaynaklanmış olmalıdır.

Bu çalışmada, topraklarda (alınan toplam örnekteki var olma oranı bakımından) montmorillonit, kaolinit ve serpantin %83 oranında iken, illit %44 ile kil mineralleri yüksek oranlarda tespit edilirken, doğal olarak kayaçlarda hiç tespit edilmemiştir. Toprak örneklerinde klorit (sekonder, kil minerali olarak) %79 oranında görülürken, kayaçlarda çok daha az oranda %56 olarak görülmüştür. Bu durum, topaklaşma sürecindeki ayrışmanın bir göstergesidir. Yani, kayaçların ayrışarak (sedimentasyon/aşınma), toprak formuna geçtiğinin ve bu süreçte kil minerallerinin oluştuğunun net bir göstergesi olduğu düşünülmektedir. Bu sekonder kil mineralleri, suyun ve atmosferik etkilerin kayacı parçalaması ve mevcut minerallerin farklılaşmaları ile oluşmaktadır. Kayaçta, montmorillonit, kaolinit ve illit gibi spesifik kil minerallerinin olmaması, bu minerallerin primer minerallerden oluşan sekonder mineraller olmalarındandır. Örneğin, toprakta belirlenmiş olan illit minerali, toprak oluşum sürecinde mika minerallerinin illite dönüştüğünü ve bu durum toprağın kayaçtan ayrışarak oluşumun bir kanıtıdır. Buna ek olarak, kayaçtaki olivin ve piroksenin yerini toprakta montmorillonit ve kaolinit gibi yeniden oluşan killerin alması da ikincil oluşuma güzel bir örnektir. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, Mănăila Alpin bölgesinde yapılan bir çalışmada klorit ve illitin baskın killer olarak bildirilmiştir (Sirbu-Radasanu vd., 2022). Diyarbakır yöresinde görülen yaygın bazalt kayaları üzerinde oluşan toprakta, mineral olarak simektit, kaolinit, klorit ve illitin saptandığı belirtilmiştir (İnce, 1979).

Amorf yapılar toprakta %50 oranında yer almışken kayaçta hiç bulunmamaktadır. Toprakta amorf yapıların (minerallerin) görülmesi, tam kristalleşmemiş ayrışma ürünlerinin varlığını kanıtlamaktadır. İllit ve amorf yapıların toprak örneklerinde yüksek bulunması, bölgedeki kimyasal ayrışma ve topaklaşma süreçlerinin oldukça aktif olduğunu ve ana kayacın bu süreçte önemli mineralojik değişimlere uğradığını göstermektedir.

Olivin, kayaçlarda %56 oranında, orta-yüksek oranda bulunurken topraklarda hiç bulunmamaktadır. Olivin çok çabuk ayrışan bir mineral olduğu için toprak yapısında kalmaması beklenen bir durumdur.

Kayaç ve toprağın ikisinde de varlığını sürdüren ortak/stabil mineraller plajiyoklas ve piroksendir. Plajiyoklas minerali, çalışma bölgesinden alınan toprak numunelerinin tamamında ve kayaç numunelerinin tamamında yani tüm örneklerde (%100 oranda) tespit edilmiştir. Piroksen ise her iki grupta da %83 oranda yer almıştır. Bu durum kayaçların parçalanmasından sonra açığa çıkan bu minerallerin ayrışmaya karşı gösterdikleri direncin bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada, hem kayaç hem de toprak örneklerinde kalsit sırasıyla %33 ve %38 oranlarda bulunmuştur. Bu durum, kireç mineralinin ayrışmaya karşı direncinin azlığı ile açıklanabilecektir.

Bu çalışmada, manyetit kayaçta %56, toprakta %61 oranlarında bulunmuştur. Bu durum, manyetitin fiziksel aşınmaya karşı oldukça dirençli olduğunu, kayaçtan toprağa geçerken miktarını koruduğunu, ve kimyasal ayrışmadan (henüz) tam olarak etkilenmediğini göstermektedir. Yani manyetit, kayaçtan toprağa geçen bir miras olarak düşünülebilir.

Hematit, kayaçta %67, toprakta %94 oranında tespit edilmiştir. Topraktaki oran, kayacın içindeki diğer demir içeren minerallerin (piroksen, olivin gibi) parçalanarak serbest kaldığını ve oksijenle birleşerek hematite dönüştüğünü göstermektedir. Bu, toprağın "olgunlaştığının" ve iyi havalandırılan (oksijeni bol) bir ortamda olduğunun işareti olarak düşünülmektedir.

Götit, kayaçta %17 oranında bulunurken toprakta hiç bulunmamıştır.

Alkali feldispat kayaç ve toprakta %17 olarak bulunmuştur. Hem kayaçta hem de toprakta aynı oranda alkali feldispatın bulunması, ana materyal ile toprak arasındaki genetik bağın güçlü olduğu ve feldispatın ayrışma serisinde direnç gösterdiği ve korunduğu fikrini oluşturmaktadır. Bu çalışmada, tespit edilen alkali feldispat, önceden yapılmış bir çalışma ile kıyaslandığında, oradaki bazalt kayasında yapılan mineralojik incelemelerdeki %75 oranından (Kapur vd., 1975) çok daha düşük saptanmıştır.

XRD analiz sonucu toprak örneklerinden elde edilen mineraller ve çalışma alanı yükselteleri arasında ilişki incelendiğinde, yükselti ile amorf ve kalsit mineralleri arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bir ilişki saptanmıştır ( $p < 0,001$ ). Bu bulgu,

yükseltinin amorf minerali üzerindeki etkisinin rastlantısal bir dağılımdan ziyade, belirli bir hiyerarşi veya düzen içerisinde gerçekleştiğine dair güçlü bir kanıt sunmaktadır. Düşük rakımda (850m) hakim olan aşırı kuraklık ve yüksek buharlaşma, kil minerallerinin kristalize olmasını engelleyerek amorf materyal birikimine yol açmış olabilir ( $p < 0,001$ ).

Kalsit mineralinin, 850m yükseltide %100 görülmesi bazaltik topraklarda kalsifikasyon süreciyle açıklanabilir. Düşük rakımlarda genellikle sıcaklık daha yüksek, buharlaşma daha fazladır. Bazalttan salınan kalsiyum, yüksek buharlaşma nedeniyle yıkanıp gidememiş ve toprak profilinde kalsit formunda çökelmiştir. Kalsit oranının 1241m ve 1838m rakımlarda düşmesi yükselti-yağış ilişkisi ile açıklanabilir. Artan rakımla birlikte düşen sıcaklık ve artan efektif yağış, bazaltik materyalden çözünen karbonatların alt katmanlara veya yeraltı sularına yıkanmasına (dekalsifikasyon) neden olduğunu ve 1241m yükseklikte tam yoksunluk, bu seviyenin yıkanma potansiyelinin en yüksek olduğu eşik değeri olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışma alanı yükseltileri ile illit ve smektit kil mineralleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). Yükseltinin (1838m) artmasıyla Karacadağ ana materyalin bazaltik karakteri smektit grubu kil minerallerinin oluşumunu teşvik etmiştir. 1838m rakımda gözlenen %67'lik smektit oranı, düşük sıcaklık ve uygun nem koşullarında gerçekleşen kristalizasyonun bir göstergesidir.

XRD analizi sonucu toprak örneklerinde tespit edilen diğer mineraller ile yükselti arasında, analiz sonucuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p > 0,05$ ).

## 6. SONUÇLAR

Sonuç olarak, bu çalışmada, toprak örnekleri, kayaç örneklerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek oranda kuvars, montmorillonit, kaolinit ve amfibol içermektedir ( $p < 0,01$ ). Buna karşılık olivin, sadece kayaç örneklerinde gözlemlenmiş olup topraklaşma sürecinde tamamen elenmiştir. Bu durum, bölgedeki kimyasal ayrışmanın (hidroliz ve oksidasyon) çok güçlü olduğunu ve primer silikatların (olivin gibi) hızla sekonder kil minerallerine (montmorillonit, kaolinit) dönüştüğünü kanıtlamaktadır.

Mineralojik bileşim, yapı ve dokunun, kayaçların fiziksel-mekaniksel özelliklerinin kontrol edilmesindeki en önemli faktörler olduğu bildirilmektedir (Bell, 1992). Bu bağlamda, mineralojik ilişki ve element formasyon içeren bu çalışmanın Karacadağ bazalt kayaçlarının fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi kontrol edilmesi konusunda yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

Sürdürülebilir tarım yönetimi ve çevre koruma stratejileri açısından, toprağın sadece üst katmanındaki besin miktarını bilmek yeterli değildir. Toprağın derin mineralojik yapısının, ağır metal fraksiyonlarının (Ni, Cr, Co gibi) ve bu metallerin jeojenik kökenlerinin anlaşılması, bölge tarımı için hayati önem taşımaktadır. Özellikle Karacadağ bazaltları üzerinde gelişen topraklarda gözlenen yüksek mineralojik verimlilik, bu toprakların bölge ekonomisindeki stratejik yerini pekiştirmektedir.

Toprağı oluşturan kayaç türüne ve özelliklerine bağlı olarak muhtemel oluşacak toprağın temel özellikleri, tarımsal potansiyel düzeyi tahmin edilebilecektir. Bu durum toprak kayaç ilişkisi ve etkilerinin bilimsel verilerle ortaya konulmasını ve bölgesel düzeyde üretim politikalarının planlanmasında modelleme çalışmalarına önemli bir katkı sunacaktır.

Bu çalışma sonunda elde edilen veriler, Karacadağ havzasındaki toprakların, onları oluşturan bazalt kayaları ile olan ilişkisini mineralojik ve elementsel içerik olarak ortaya koymakta olup, bölge toprak ve mineralojik yapısı hakkında ve toprağın bazı verimlilik potansiyeli hakkında bilime önemli katkı sunmaktadır. Bu çalışma çıktıları ile çalışılan bölgede bir ilk olma özelliği de taşımaktadır.

**7. ÖNERİLER**

Çalışma, toprağın verimliliği ve arazi kullanımı planlanırken sadece yüzeysel özelliklere değil, derinlerdeki mineralojik rezerve bakılması gerektiğini vurgulamaktadır. Ana materyal, toprağın hem geçmişini (oluşumunu) hem de gelecekteki (potansiyelini) belirleyen temel faktördür. Benzer bir çalışmanın profil bazında ve topoğrafik farklılıklar dikkate alınarak, daha kapsamlı olarak yapılmasının çok daha geniş çerçevede ve bütüncül olarak bölgedeki toprak oluşumuna ve bilime katkı sunacağı öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akalan, İ., & Başer, S. (1972). Trakya'da grumusol (vertisol) büyük toprak grubunun kil minerallerinin X-ışınları yansıtma tekniği ile teşhisi.
- Akyıldız, M. H., & Yar, İ. (2024). Geotechnical Properties of Residual Diyarbakir Basaltic Clay in Turkey. *Advances in Civil Engineering*, 2024(1), 6400129. <https://doi.org/10.1155/2024/6400129>
- Ali, A., Chiang, Y. W., & Santos, R. M. (2022). X-ray Diffraction Techniques for Mineral Characterization: A Review for Engineers of the Fundamentals, Applications, and Research Directions. *Minerals*, 12(2), 205. <https://www.mdpi.com/2075-163X/12/2/205>
- Allison, L., & Moode, C. (1965). Methods of Soil Analysis Agronomy Series. Part 2. İçinde C. Black (Ed.), *Carbonate* (ss. 1379–1396). ASA.
- Altıntaş, G. (2019). *Şanlıurfa-Halfeti yöresi topraklarının farklı toprak sınıflandırma sistemlerine göre sınıflandırılması* [Thesis]. Harran Üniversitesi.
- Amangul, K., Gulnara, Q., Gulbahar, T., & Guljan, B. (2025). Chemical composition of minerals and classification. *Sciental Journal of Education Humanities and Social Sciences*. <https://doi.org/10.62536/sjehss.2025.v3.i2.pp54-57>
- Aqdam, K. K., Asadzadeh, F., Rezapour, S., & Nouri, A. (2023). Comparative assessment of soil fertility across varying elevations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11610-1>
- Ardos, M. (1987). Volkan Coğrafyası. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, İstanbul, No:3235*.
- Aydemir, S. (2001). *Properties of palygorskite-influenced vertisols and vertic-like soils in the Harran Plain of Southeastern Turkey* [Thesis]. Texas A&M University, College Station.
- Aydemir, S., & Elçi, H. (2023). Şanlıurfa Halfeti Topraklarının Taksonomik Sınıflandırılması ve FAO/UNESCO (WRB) Sistemi ile Eşleştirilmesi. *ISPEC journal of agricultural sciences (Online)*, 7(4), 916–930. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10276534>
- Bell, F. (1992). *Engineering Properties of Soils and Rocks*. Butterworth-Heinemann.
- Benek, S. (2009). Arazi Kullanımı Yönünden Karacadağ Yöresinde Gözlemler ve Öneriler. *Ekev Akademi Dergisi*, 41, 418–436.
- Blume, H.-P., Brümmer, G. W., Fleige, H., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K., & Wilke, B.-M. (2016). *Scheffer/Schachtschabel Soil Science*. Springer Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30942-7>
- Bouyoucos, G. (1951). A Recalibration of the Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agronomy Journal*, 43, 434–438. <https://doi.org/10.2134/agronj1951.00021962004300090005x>
- Bray, R., & Kurtz, L. (1945). Determination of total, organic and available forms phosphorus in soils. *Soil Science*, 59, 45–49.

- Bristow, T. F., Rampe, E. B., Achilles, C. N., Blake, D. F., Chipera, S. J., Craig, P., Crisp, J. A., Marais, D. J. D., Downs, R. T., Gellert, R., Grotzinger, J. P., Gupta, S., Hazen, R. M., Horgan, B., Hogancamp, J. V., Mangold, N., Mahaffy, P. R., McAdam, A. C., Ming, D. W., ... Yen, A. S. (2018). Clay mineral diversity and abundance in sedimentary rocks of Gale crater, Mars. *Science Advances*, 4(6), eaar3330. <https://doi.org/doi:10.1126/sciadv.aar3330>
- Çakmaklı, M. (2008). *Harran Ovası topraklarının kökeni ve oluşum mekanizmaları (jeoloji ve toprak ilişkileri)* [Thesis]. Harran.
- D. E. Ince, Johnston, C. T., & Moudgil, B. M. (1991). Fourier transform infrared spectroscopic study of adsorption of oleic acid/oleate on surfaces of apatite and dolomite. *Langmuir*, 7(7), 1453–1457. <https://doi.org/10.1021/la00055a028>
- Dinç, U., Kapur, S., Özbek, H., & Şenol, S. (1987). Toprak Genesisi ve Sınıflandırılması. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana*.
- Dinç, U., Kapur, S., Şenol, S., Sayın, M., Güzel, N., Derici, R., & Yeşilsoy, M. (1988). Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAP). *I. Harran Ovası. Şanlıurfa: TÜBİTAK (Proje No: TOAG-534)*.
- Ertekin, S. (2002). *Karacadağ bitki çeşitliliği*. Diyarbakır.
- Everest, T., Erenoğlu, O., Açar, T. S., Temel, E., Sungur, A., & Özcan, H. (2025). Determination of chemical weathering and profile development indexes of soils formed on volcanic rocks in the Biga Peninsula, NW Türkiye. *Catena*, 260, 109467. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2025.109467>
- Gündüz, M., & Asan, K. (2022). MagMin\_PT: An Excel-based mineral classification and geothermobarometry program for magmatic rocks. *Mineralogical Magazine*, 87, 1–9. <https://doi.org/10.1180/mgm.2022.113>
- Harris, W., & White, G. N. (2008). X-ray Diffraction Techniques for Soil Mineral Identification. İçinde *Methods of Soil Analysis Part 5—Mineralogical Methods* (ss. 81–115). <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.5.c4>
- Heidari, A., Osat, M., & Konyushkova, M. (2022). Geochemical indices as efficient tools for assessing the soil weathering status in relation to soil taxonomic classes. *CATENA*, 208, 105716. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105716>
- Hiraoka, Y. (1994). A Possible Approach to Soil Discrimination Using X-ray Fluorescence Analysis. *Journal of Forensic Sciences 1972-2005*, 39(6), 1381–1392. <https://doi.org/10.1520/jfs13727j>
- Irfan, M., Ali, S., Kamal, A., Mian, I., Akbar, W., Rahim, H., Alrefael, A., & Zaman, W. (2023). Effects of soil depth and altitude on soil texture and soil quality index. *Applied Ecology and Environmental Research*. [https://doi.org/10.15666/aeer/2105\\_41354154](https://doi.org/10.15666/aeer/2105_41354154)
- İnce, F. (1979). *Diyarbakır Yöresinde Yaygın Olan Bazı Büyük Toprak gruplarının Kil Mineralleri ve Bunların Oluşum Nedenleri Üzerine Bir araştırma* [Thesis].

- İnce, F. (1984). Diyarbakır Yöresinde Yaygın Olan Bazı Büyük Toprak Gruplarının Kil Mineralleri ve Bunların Oluşum Nedenleri Üzerinde Bir Araştırma. *AÜ. Ziraat Fakültesi Ankara*.
- İnce, F. (2010). Urfa, Diyarbakır, Erzurum ve Rize bölgelerinde kireç taşı ve bazalt ana kayalardan oluşan toprakların morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine araştırmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(3), 35–48. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunizfd/article/41178>
- İnce, F., Seyrek, A., & Aydemir, S. (2011). *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 137–144. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ataunizfd/issue/2936/40629>
- İnci, Y. (2022). *Adli kullanımlar için toprak özelliklerinin mekânsal değişiminin farklı yöntemlerle belirlenmesi* [Thesis]. Harran Üniversitesi.
- İnci, Y., Gündoğan, R., Bilgili, A., & Ramazanoğlu, E. (2023). Şanlıurfa'da Yaygın Ana Materyaller Üzerinde Oluşan Toprakların Morfolojik, Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, Sınıflandırılması ve Adli Uygumalar İçin Değerlendirilmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 7(7), 891–903. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10253621>
- Kacar, B. (1994). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III, Torak Analizleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, Ankara*, 3.
- Kapur, S. (1980). Karacadağ yöresi bazalt ana kayaların üzerinde yer alan toprakların oluşumları ve sınıflandırılması. *Doçentlik tezi*.
- Kapur, S., & İnce, F. (1985). Türkiye'nin Güneydoğusu'nda Karacadağ bazalt ana kayası üzerindeki vertikal topraklarda mikrostrüktür oluşumu. *TUBİTAK Doğa Bilim Dergisi Seri B*, 9(1), 52–56.
- Kapur, S., Özbek, H., & Mermut, A. (1975). A comparative mineralogical study on two basaltic rocks from Southern Turkey. *Çukurova Üniversitesi Yıllığı*.
- Karlen, D. L., Hurley, E. G., Andrews, S. S., Cambardella, C. A., Meek, D. W., Duffy, M. D., & Mallarino, A. P. (2006). Crop Rotation Effects on Soil Quality at Three Northern Corn/Soybean Belt Locations. *Agronomy Journal*, 98(3), 484–495. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0098>
- Kurokawa, K., Azuma, K., Nakao, A., Suzuki, A., Wakabayashi, S., Fujimura, S., Shinano, T., & Yanai, J. (2024). Examination of the reliability of X-ray powder diffraction analysis to determine mineral composition of soils. *Soil Science Society of America Journal*, 88(6), 1942–1958. <https://doi.org/10.1002/saj2.20757>
- Küçükuysal, C., & Gül, M. (2023). Yeşilyurt Polyesi (Muğla, GB Türkiye) Topraklarının Mineral İçeriklerine Fourier Dönüştürümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Analizi ile Yaklaşım. *Geosound*, 57(1), 115–132. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/geosound/article/1290548>

- Liu, Z., Zhao, Y., Colin, C., Stattegger, K., Wiesner, M. G., Huh, C.-A., Zhang, Y., Li, X., Sompongchaiyakul, P., You, C.-F., Huang, C.-Y., Liu, J. T., Siringan, F. P., Le, K. P., Sathiamurthy, E., Hantoro, W. S., Liu, J., Tuo, S., Zhao, S., ... Li, Y. (2016). Source-to-sink transport processes of fluvial sediments in the South China Sea. *Earth-Science Reviews*, *153*, 238–273. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.08.005>
- Löwemark, L., Chen, H. F., Yang, T. N., Kylander, M., Yu, E. F., Hsu, Y. W., Lee, T. Q., Song, S. R., & Jarvis, S. (2011). Normalizing XRF-scanner data: A cautionary note on the interpretation of high-resolution records from organic-rich lakes. *Journal of Asian Earth Sciences*, *40*(6), 1250–1256. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2010.06.002>
- Lustrino, M., Keskin, M., Mattioli, M., Lebedev, V., Chugaev, A., Sharkov, E., & Kavak, O. (2010). Early activity of the largest Cenozoic shield volcano in the circum-Mediterranean area: Mt. Karacadag, SE Turkey. *European Journal of Mineralogy*, *22*(3), 343–362. <https://doi.org/10.1127/0935-1221/2010/0022-2024>
- Lustrino, M., & Wilson, M. (2007). The circum-Mediterranean anorogenic Cenozoic igneous province. *Earth-Science Reviews*, *81*, 1–65.
- Mantler, M., & Schreiner, M. (2000). X-ray fluorescence spectrometry in art and archaeology. *X-Ray Spectrometry*, *29*(1), 3–17. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4539\(200001/02\)29:1<3::AID-XRS398>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4539(200001/02)29:1<3::AID-XRS398>3.0.CO;2-O)
- Masoud, M., Abdul-Hamid, H., Mohamed, J. B., & Alsanousi, A. (2024). Investigating soil properties on the north and south slopes at different elevations in Al-Jabal Al-Akhdar, Libya. *Forest Science and Technology*, *20*, 286–299. <https://doi.org/10.1080/21580103.2024.2368228>
- Mukherjee, S. (2013). Classification and Composition of Clay Constituents. İçinde S. Mukherjee (Ed.), *The Science of Clays: Applications in Industry, Engineering and Environment* (ss. 23–32). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6683-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6683-9_2)
- Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F., & Dean, L. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soil by Extraction with Sodium Bicarbonate. *Government Printing Office: Washington D.C., U.S., USDA circular, 939*, 1–19.
- OPCC. (t.y.). Elements in the Earth's crust. <https://www.products.pcc.eu/en/academy/elements-in-the-earths-crust/>
- Osman, K. (2013). Rocks, Minerals, and Soils, 1–17. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02541-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02541-4_1)
- Oyedotun, T. D. T. (2018). X-ray fluorescence (XRF) in the investigation of the composition of earth materials: a review and an overview. *Geology, Ecology, and Landscapes*, *2*(2), 148–154. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1452459>

- Özaytekin, H. H., & Özcan, S. (2011). Soil formation overlying volcanic materials at Mount Erenler, Konya, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. <https://doi.org/10.3906/tar-1102-2>
- Özaytekin, H. (2002). *Karaman (Karadağ) Volkanitleri Üzerinde Oluşan Toprakların Fiziksel, Kimyasal, Mineralojik Özellikleri ve Sınıflandırılması* [Thesis]. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Polat, B. (2019). *Bazalt ana materyal kökenli topraklardaki farklı arazi kullanımının toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkisi/The effect of different land use in the soil of basalt parent material on the physical properties of the soil* [Thesis].
- Polat, S., Çoban, H., & Caran, Ş. (2019). A geological and petrological overview of the history of Karaman mountain: An approach to the similarity and difference of Karadağ. *European Journal of Technique (EJT)*, 9(1), 44–51. <https://doi.org/10.36222/ejt.490696>
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. *Soil Science*, 78(2). <https://doi.org/10.1097/00010694-195408000-00012>
- Saim, K. (2001). Karadağ (Karaman) volkanitleri üzerinde oluşan entisol ve inceptisol ordolarına ait toprakların ince kum mineralojileri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (:Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi)*, 15(28), 82–92. <https://search.trdizin.gov.tr/tr/yayin/detay/27644/karadag-karaman-volkanitleri-uzerinde-olusan-entisol-ve-inceptisol-ordolarina-ait-topraklarin-ince-kum-mineralojileri>
- Saraçoğlu, M., Sürücü, A., Koşar, İ., Taş, M., Aydoğdu, M., & Kara, H. (2014). Şanlıurfa ili Halfeti ilçesi topraklarının bazı özellikleri ve bitki besin elementi kapsamalarının belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(2), 38–45.
- Sarıaltun, S., Aydın, M., & Avcıoğlu, M. (2023). Geochemical and Mineralogical Analyses of Basalt Fragments from the Neolithic Settlement of Sumaki Höyük (Batman, Turkey) to Determine the Source Area. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 66(3), 381–402. <https://doi.org/10.25288/tjb.1310550>
- Semercioğlu, T. Ş., Bayram, C., Büyük, G., Akça, E., & Kalkancı, N. (2023). The effect of altitude on soil organic carbon content in semi-arid mediterranean climate. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2023.1.23>
- Seyama, H., Soma, M., & Theng, B. K. G. (2006). Chapter 12.4 X-ray Photoelectron Spectroscopy. İçinde F. Bergaya, B. K. G. Theng & G. Lagaly (Ed.), *Developments in Clay Science* (ss. 865–878, C. 1). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1572-4352\(05\)01030-5](https://doi.org/10.1016/S1572-4352(05)01030-5)
- Shackley, M. S. (2011). *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6886-9>
- Singer, A. (1980). The paleoclimatic interpretation of clay minerals in soils and weathering profiles. *Earth-Science Reviews*, 15(4), 303–326.

- Singer, A. (1984). The paleoclimatic interpretation of clay minerals in sediments—a review. *Earth-Science Reviews*, 21(4), 251–293.
- Sirbu-Radasanu, D. S., Huzum, R., Dumitraş, D.-G., & Stan, C. O. (2022). Mineralogical and Geochemical Implications of Weathering Processes Responsible for Soil Generation in Mănăila Alpine Area (Tulgheş 3 Unit—Eastern Carpathians). *Minerals*, 12(9), 1161. <https://www.mdpi.com/2075-163X/12/9/1161>
- Smith, G. (1963). Objectives and basic assumption of the new classification system. *Soil Science*, 96.
- Sun, Z.-X., Wang, Q.-B., Han, C.-L., Zhang, Q.-J., & Owens, P. R. (2015). Clay mineralogical characteristics and the palaeoclimatic significance of a Holocene to Late Middle Pleistocene loess–palaeosol sequence from Chaoyang, China. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 106(3), 185–197. <https://doi.org/10.1017/S1755691016000098>
- Suryani, I., Palad, M. S., Fitriani, N., Roswiyanti, R., Astuti, J., & Aminah, S. N. (2025). Importance of Soil and Mineral Characteristics in Supporting Sustainable Agriculture. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 25(2), 400–407. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2025.400.407>
- Szabo, P., Jordan, G., Kardos, L., Sajn, R., & Alijagic, J. (2025). A geochemical modeling approach from receptor modeling to contamination source fingerprinting. Characterization of sediment-contamination processes altered by river regulation in the Drava River floodplain impacted by historical mining in the Alps mountains. *Environmental Earth Sciences*, 84(21). <https://doi.org/10.1007/s12665-025-12570-0>
- Tetiker, S., & Yalçın, H. (2017). Alteration mineralogy of eocene volcanic and volcanoclastic rocks from Sivas basin in Turkey. *Lithology and Mineral Resources*, 52(6), 522–538. <https://doi.org/10.1134/S002449021707001X>
- Thorpe, M. T., Hurowitz, J. A., & Dehouck, E. (2019). Sediment geochemistry and mineralogy from a glacial terrain river system in southwest Iceland. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 263, 140–166. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.08.003>
- Tun, M. M., Warmada, I. W., Idrus, A., Harijoko, A., Verdiansyah, O., & Watanabe, K. (2015). High Sulfidation Epithermal Mineralization and Ore Mineral Assemblages of Cijulang Prospect, West Java, Indonesia. *Journal of Applied Geology*, 6(1). <https://doi.org/10.22146/jag.7215>
- Tüzüner, A. (1990). Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. *T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara*, 375.
- Tzvetanova, Y., Petrov, O., Kerestedjian, T., & Tarassov, M. (2020). Quantitative Phase Analysis of Skarn Rocks by the Rietveld Method Using X-ray Powder Diffraction Data. *Minerals*, 10(10), 894. <https://www.mdpi.com/2075-163X/10/10/894>

- Yalçın, M., & Çimrin, K. M. (2019). Şanlıurfa-Siverek'te Yaygın Toprak Gruplarının Besin Elementi Durumları ve Bunların Bazı Toprak Özellikleri ile İlişkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(1), 1–13. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.v22i39650.412922>
- Zaher, H., Sabir, M., Benjelloun, H., & Paul-Igor, H. (2020). Effect of forest land use change on carbohydrates, physical soil quality and carbon stocks in Moroccan cedar area. *J Environ Manage*, 254, 109544. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109544>
- Zhang, B., Xu, C., Zhang, Z., Hu, C., Zhong, C., Chen, S., & Hu, G. (2024). Elevational patterns of soil organic carbon and its fractions in tropical seasonal rainforests in karst peak-cluster depression region. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1424891>
- Zhang, L., Sun, J., Li, H., Jianji, G., He, Y., Xu, L., Guan, Q., Ye, Y., Xu, C., & Wang, H. (2025). Influence of altitudinal zones on soil nutrient dynamics and fertility constraints in agricultural terrains of Yunnan, China. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-27297-y>
- Zhou, H., Yan, Y., Dai, Q., He, Z., & Yi, X. (2023). Latitudinal and Altitudinal Patterns and Influencing Factors of Soil Humus Carbon in the Low-Latitude Plateau Regions. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f14020344>

**ÖZ GEÇMİŞ  
KİŞİSEL BİLGİLER**

**Ad Soyadı** : NACİ KUBİLAY DONİ  
**Öğrenci No** : 225115018  
**E-posta** : kubilay\_doni@hotmail.com  
**Telefon** : 5448522196  
**Doğum Yeri** : Şanlıurfa  
**Doğum Tarihi** : 1991-10-03  
**ORCID** : 0009-0002-9843-9638  
**ABD (TR)** : Toprak Bilimi ve Bitki Besleme  
**ABD (EN)** : Soil Science and Plant Nutrition  
:

**EĞİTİM BİLGİLERİ**

<b>Derece</b>	<b>Adı, Bölüm</b>	<b>Yıl</b>
1.	Harran Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Toprak Bilimi ve Bitki Besleme	2022-Devam