

**BİGADIÇ (BALIKESİR) BORAT HAVZASI AYANA
SAHASINDAKİ BİRİMLERİN MİNERALOGİK VE
JEOKİMYASAL İNCELENMESİ**

**MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL
INVESTIGATION OF THE UNITS IN AYANA AREA OF
BİGADIÇ (BALIKESİR) BORATE BASIN, TURKEY**

EMİNE GÖZDE GÜLAYDIN

PROF. DR. ABİDİN TEMEL

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır

Ülkemizin bilimsel çalışmalarına katkı sağlamış ve geçmişten günümüze bilime hizmet eden tüm bilim insanlarımıza ithaf ediyorum.

ÖZET

BİGADIÇ (BALIKESİR) BORAT HAVZASI AYANA SAHASINDAKİ BİRİMLERİN MİNERALOGİK VE JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

Emine Gözde GÜLAYDIN

Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abidin TEMEL

Haziran 2025, 266 sayfa

Bigadiç Borat Havzası Ayana Ovası'nda yer alan birimlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin saptanması ile neoformasyon minerallerinin (borat, kil, karbonat, zeolit ve sülfat) yanal ve dikey dağılımlarını belirlenmesi ve havzanın paleocoğrafik gelişiminin yorumlanması amaçlanmıştır.

Ayana Ovası'nda yapılan 4 farklı sondajdan (20BM – 613, 20BM – 619, 20BM – 632 ve 20BM – 644) Bigadiç Formasyonuna ait Değirmenli Tüf Üyesi, Uzun Tepe Üyesi, Emirler Üyesi ve İskele Üyesi'nden toplam 363 adet karot örneği alınmıştır. Bu örnekler üzerinde mineralojik – petrografik incelemeler kapsamında, XRD (tüm kayaç ve kil fraksiyonu), optik mikroskop ve SEM – EDS; jeokimyasal analizler kapsamında ana ve iz element analizleri ile bor izotopu analizi gerçekleştirilmiştir. Sondajlardan alınan örneklerin tümünün XRD – tüm kayaç analizi yapılmış ve sonucunda illit/mika, amfibol, kil, kuvars, opal – CT, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit, analsim, klinoptilolit / höylandit, pirit, jips ve anhidrit mineralleri ile borat mineralleri (kolemanit, üleksit, probertit ve havlit) tespit edilmiştir. Seçilen 128 örnek üzerinde XRD – kil fraksiyonu analizi yapılmış ve analizler sonucunda simektit, illit, kaolinit, klorit ve serpantin minerallerinin bulunduğu ortaya konulmuştur. SEM – EDS analizleri kapsamında, XRD -Tüm kayaç analizlerinden saptanan minerallere ek olarak apatit, kromit, zirkon, allanit, galenit ve torit mineralleri saptanmıştır. 30 adet örnek üzerinde major ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm kayaç analiz sonuçlarına göre, Li değeri bakımından en yüksek değerler sırasıyla, Emirler Tüf Üyesi'nde 60 ppm,

Değirnenli Tüf Üyesi'nde 90 ppm, İskele Üyesi'nde 1210 ppm ve Uzun Tepe Üyesi'nde 1900 ppm olarak saptanmıştır. Sadece simektit içeren kil fraksiyonu örneklerinin jeokimyasal analiz sonuçlarından itibaren hesaplanan yapısal formüllerine göre hektorit minerali olduğu saptanmıştır. Simektit içeriği yüksek olan örneklerin Li değerlerinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Li içeriği açısından en yüksek değer, Uzun Tepe Üyesi boratlı zondan alınan örneğin sadece simektit içeren kil fraksiyonunda 2720 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre Li zenginleşmesinin Mg açısından zengin simektit mineralleri ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, borat yataklarının lityum potansiyeli açısından önemli olduğu ortaya koyulmuştur. Bor izotopu analizleri üleksit ($\delta^{11}\text{B}$: - 4.3 ‰ ve - 4.9 ‰), probertit ($\delta^{11}\text{B}$: - 4.0‰), kolemanit ($\delta^{11}\text{B}$: - 9.1‰) ve havlit ($\delta^{11}\text{B}$: - 15.1 ve $\delta^{11}\text{B}$: - 14.7 ‰) mineralleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bor izotop verilerine göre, boratların kökeni denizel olmayan evaporit olarak saptanmıştır. 20BM-619 ve 20BM-644 sondajlarında Uzun Tepe Üyesi'nde analsim mineralinin gözlenmiş olması, bu sondajların yapıldığı Ayana Ovası'nın bu kesiminde Uzun Tepe Üyesi'nin çökelişi sırasında tuzluluk, alkalinite ve pH'ın yüksek olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bigadiç Havzası, Ayana Ovası, Zeolit, Borat, Kil, Hektorit, Lityum

ABSTRACT

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF THE UNITS IN AYANA AREA OF BİGADIÇ (BALIKESİR) BORATE BASIN, TURKEY

Emine Güzde GÜLAYDIN

Master of Science, Department of Geological Engineering Supervisor

Prof. Dr. Abidin TEMEL

June 2025, 266 pages

It is aimed to determine the mineralogical, petrographic and geochemical properties of the units in the Ayana Plain of the Bigadiç Borate Basin, to determine the lateral and vertical distribution of neof ormation minerals (borate, clay, carbonate, zeolite and sulfate) and to interpret the paleogeographic development of the basin.

A total of 363 core samples were taken from 4 different drillings (20BM - 613, 20BM - 619, 20BM - 632 and 20BM - 644) in Ayana Plain from Değirmenli Tuff Member, Uzun Tepe Member, Emirler Member and İskele Member of Bigadiç Formation. On these samples, mineralogical-petrographic examinations were conducted, including XRD (whole rock and clay fraction), optical microscopy, and SEM-EDS; geochemical analyses were performed, including major and trace element analyses as well as boron isotope analysis. XRD - whole rock analysis of all samples was performed and as a result, illite / mica, amphibole, clay, quartz, opal - CT, feldspar, calcite, dolomite, aragonite, analcime, clinoptilolite / heulandite, pyrite, gypsum and anhydrite minerals and borate minerals (colemanite, ulexite, probertite and howlite) were identified. XRD - clay fraction analysis was performed on 128 selected samples and the analysis revealed the presence of smectite, illite, kaolinite, chlorite and serpentine minerals. Within the scope of SEM - EDS analysis, apatite, chromite, zircon, allanite, galenite and torite minerals were determined in addition to the minerals determined from XRD - Whole rock analysis. 30 samples were analyzed for major and trace

elements. According to the results of whole rock analyses, the highest Li values were found to be 60 ppm in Emirler Tuff Member, 90 ppm in Değirmenli Tuff Member, 1210 ppm in İskele Member and 1900 ppm in Uzun Tepe Member. It has been determined that the clay fraction samples containing only smectite are hectorite minerals according to the structural formulas calculated from the geochemical analysis results. It has been determined that samples with high smectite content also have high Li values. The highest value in terms of Li content was determined as 2720 ppm in the clay fraction containing only smectite in the sample taken from the borated zone of Uzun Tepe Member. According to these results, Li enrichment is associated with Mg-rich smectite minerals. Therefore, it was revealed that borate deposits are important in terms of lithium potential. Boron isotope analyses were performed on the minerals ulexite ($\delta^{11}\text{B}$: - 4.3‰ and - 4.9‰), probertite ($\delta^{11}\text{B}$: - 4.0‰), colemanite ($\delta^{11}\text{B}$: - 9.1‰) and howlite ($\delta^{11}\text{B}$: - 15.1‰ and $\delta^{11}\text{B}$: - 14.7‰). According to boron isotope data, the origin of the borates was determined as non-marine evaporite. The observation of analcime mineral in the Uzun Tepe Member in drillings 20BM-619 and 20BM-644 indicates that salinity, alkalinity and pH were high during the deposition of the Uzun Tepe Member in this part of the Ayana Plain.

Keywords: Bigadiç Basin, Ayana Plain, Zeolite, Borate, Clay, Hectorite, Lithium

TEŞEKKÜR

Lisans ve Lisansüstü eğitimim boyunca bana yardımcı olan, bilimsel katkı ve eleştirileriyle beni yönlendiren, destekleyen ve yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Abidin TEMEL'e,

Lisans ve Lisansüstü eğitimim boyunca akademik alanda kendimi geliştirmem için desteklerini esirgemeyen ve tecrübeleri ile bana yol gösteren Sayın Prof. Dr. Elif VAROL MURATÇAY ve Sayın Araştırma Görevlisi Dr. Alaettin TUNCER'e,

Araştırmacısı olduğum FHD-2025-21805 numaralı hızlı destek projesi kapsamında yürüttüğüm çalışmaya sağladığı destek için Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne,

Laboratuvar çalışmalarım sırasında kayaç öğütme aşamasında desteklerini esirgemeyen Sayın Teknisyen Osman KÜÇÜKKURT, X-ışınları analizlerinin gerçekleştirilmesinde desteklerini esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle bana yardımcı olan ve beni hep destekleyen Sayın Teknisyen Gülay KILINÇ'a,

Tez çalışması sırasındaki çeşitli yardımlarından ötürü Sayın Prof. Dr. Cem SARAÇ, Sayın Öğretim Görevlisi Dr. Esra Kılıç ÜLKER, Sayın Araştırma Görevlisi Dr. Caner DİKER ve Sayın Araştırma Görevlisi Dr. Güllü Deniz DOĞAN KÜLAHCI'ya,

Bilimsel çalışmam için Bigadiç bölgesindeki sondaj çalışmalarına ait karot örneklerinin alınmasına izin veren Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Bigadiç Bor İşletme Müdürü Sayın Mesut AK, arazi çalışması sırasında desteklerini esirgemeyen ve mesleki bilgi ve tecrübeleriyle destek olan Eti Maden Jeoloji Mühendisi Sayın Halil İbrahim PİŞKİN ve arazi çalışmaları sırasında örnek alınmasına yardımcı olan Eti Maden İşçilerine,

Tez savunma jürimde yer alarak yapıcı eleştirileri ve değerli katkılarıyla bu çalışmanın son halini almasına katkılarda bulunan hocalarım Sayın Prof. Dr. Halim MUTLU VE Sayın Doç. Dr. Zehra Semra KARAKAŞ'a,

Hayatımda aldığım her kararda daima yanımda olan, beni koşulsuz destekleyen, tezin yazım aşamasındaki manevi destek ve anlayışı için aileme,

Teşekkürlerimi sunarım.

Emine Gözde GÜLAYDIN

Haziran 2025, Ankara

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	v
ÇİZELGELER.....	xi
ŞEKİLLER.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xxvi
1. GİRİŞ	1
1.1.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2.İnceleme Alanının Tanıtımı.....	2
1.3. Önceki Çalışmalar.....	4
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
2. 1. Arazi Öncesi Çalışmalar.....	13
2. 2. Arazi Çalışmaları.....	13
2. 3. Laboratuvar Çalışmaları.....	17
2.3.1. Örnek Hazırlama.....	18
2.3.2. Mineralojik – Petrografik İncelemeler.....	18
2.3.2.1. X – Işını kırınım (XRD) Analizi	18
2.3.2.1.1. Tüm Kayaç Analizi.....	19
2.3.2.1.2. Kil Fraksiyonu Analizi	20
2.3.2.2. Optik Mikroskop İncelemeleri	22
2.3.2.3. Taramalı Elektron Mikroskopu – Enerji Dağılımlı X – Işını Spektrometresi (SEM – EDS) Analizleri	23
2.3.3. Jeokimyasal Analizler	23
2.3.3.1. Major ve İz Element Analizi	24
2.3.3.2. Bor İzotop Analizleri.....	24
3. BÖLGESEL JEOLJİ.....	26
3.1. Bigadiç Havzası	27
4. STRATİGRAFİ.....	29
4.1. Litostratigrafi Birimler	34
4.1.1. Temel Kayaçları	34
4.1.2. Taban Volkanitleri.....	35
4.1.3. Bigadiç Formasyonu	35
4.1.3.1. Avşarbaşı Üyesi.....	36

4.1.3.2. Değirmenli Tuf Üyesi.....	37
4.1.3.3. Uzun Tepe Üyesi.....	39
4.1.3.4. Emirler Tuf Üyesi	41
4.1.3.5. İskele Üyesi	42
4.1.4. Kuvaterner Oluşuk	44
5. MİNERALOGİK – PETROGRAFİK İNCELEMELER.....	45
5.1. XRD – Tüm Kayaç (XRD – TK) Çözömlmeleri	45
5.1.1. Değirmenli Tuf Üyesi.....	47
5.1.1.1. 20BM – 613 sondajı	49
5.1.1.2. 20BM – 619 sondajı	51
5.1.1.3. 20BM – 632 sondajı	53
5.1.2. Uzun Tepe Üyesi	55
5.1.2.1. 20BM – 613 sondajı	57
5.1.2.2. 20BM – 619 sondajı	63
5.1.2.3. 20BM – 632 sondajı	70
5.1.2.4. 20BM – 644 sondajı	75
5.1.3. Emirler Tuf Üyesi.....	81
5.1.3.1. 20BM – 613 sondajı	82
5.1.3.2. 20BM – 619 sondajı	85
5.1.3.3. 20BM – 644 sondajı	88
5.1.4. İskele Üyesi.....	91
5.1.4.1. 20BM – 613 sondajı	92
5.2. XRD – Kil Fraksiyonu (XRD – KF) Çözömlmeleri.....	96
5.2.1. Değirmenli Tuf Üyesi.....	97
5.2.1.1. 20BM – 613 sondajı	97
5.2.1.2. 20BM – 619 sondajı	98
5.2.1.3. 20BM – 632 sondajı	99
5.2.2. Uzun Tepe Üyesi	99
5.2.2.1. 20BM – 613 sondajı	100
5.2.2.2. 20BM – 619 sondajı	104
5.2.2.4. 20BM – 632 sondajı	106
5.2.2.4. 20BM – 644 sondajı	109
5.2.3. Emirler Tuf Üyesi.....	112
5.2.3.1. 20BM – 613 sondajı	112
5.2.1.2. 20BM – 619 sondajı	112

5.2.1.3. 20BM – 644 sondajı.....	113
5.2.4. İskele Üyesi	113
5.1.4.1. 20BM – 613 sondajı.....	113
5.3. Optik Mikroskop Görüntü ve Petrografik İnceleme Sonuçları.....	116
5.3.1. Değirmenli Tüf Üyesi	116
5.3.1.1. 20BM – 619 sondaj	116
5.3.1.1. 20BM – 632 sondaj	116
5.3.2. Uzun Tepe Üyesi.....	120
5.3.2.1. 20BM – 619 Sondajı.....	120
5.3.2.2. 20BM – 632 Sondajı.....	126
5.3.2.3. 20BM – 644 Sondajı.....	129
5.3.3. Emirler Tüf Üyesi	133
5.3.3.1. 20BM – 613 Sondajı.....	133
5.3.3.2. 20BM – 619 Sondajı.....	138
5.3.3.3. 20BM – 644 Sondajı.....	141
5.3.4. İskele Üyesi	142
5.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektrometre (EDS) Analiz Sonuçları	144
5.4.1. Uzun Tepe Üyesi.....	145
5.4.2. Emirler Tüf Üyesi	161
5.4.3. İskele Üyesi	163
6. JEOKİMYASAL İNCELEMELER	166
6.1. Major ve İz Element Analiz Sonuçları.....	167
6.1.1. Değirmenli Tüf Üyesi	169
6.1.2. Uzun Tepe Üyesi.....	172
6.1.3. Emirler Tüf Üyesi	191
6.1.4. İskele Üyesi	195
6.2. Bor İzotopu Analiz Sonuçları.....	210
6.2.1. Borat Minerallerinin Kökeni.....	210
6.2.1. Borat Minerallerinin Basit Atomik Konfigürasyonu ve $\delta^{11}\text{B}$ (‰) Değerleriyle İlişkisi.....	211
7. TARTIŞMA	214
7.1. Neoformasyon Minerallerinin Oluşumu ile Dikey ve Yanal Dağılımları .	214
7.1.1. Zeolit Mineralleri	214
7.1.2. Borat Mineralleri.....	217
7.1.3. Kil Mineralleri	222

7.1.4. Karbonat Mineralleri	224
7.1.5. Sülfat Mineralleri	226
7.2. Ayana Ovası'nın Lityum Potansiyeli	227
8. SONUÇLAR.....	231
9. KAYNAKLAR	237
EKLER.....	244
EK – 1 – Değirmenli Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).	244
EK – 2 – Değirmenli Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).	245
EK – 3 – Değirmenli Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).	246
EK – 4 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).	247
EK – 5 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).	249
EK – 6 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).	252
EK – 7 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).	255
EK – 8 – Emirler Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).	258
EK – 9 – Emirler Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).	259
EK – 10 – Emirler Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).	260
EK – 11 – İskele üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).	261
EK – 12 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-KF sonuçları (%).	262
EK – 13 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD-KF sonuçları (%).	263
EK – 14 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait örneklerin XRD-KF sonuçları (%).	264
EK – 15 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait örneklerin XRD-KF sonuçları (%).	265
EK – 16 – İskele üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-KF sonuçları (%).	266

ÇİZELGELER

Çizelge 2. 1. Arazi çalışması kapsamında alınan örneklerin sondajlara göre dağılımı	16
Çizelge 2. 2. Arazi çalışması kapsamında alınan örneklerin üyelere göre dağılımı.	16
Çizelge 2. 3. X – ışını difraktogramların da saptanan bazı minerallerin tanımlanmasında kullanılan karakteristik pik değerleri.	20
Çizelge 5. 1. Çalışma alanında saptanan minerallerin üyelere göre dağılımı... 47	
Çizelge 5. 2. Değirmenli Tüf Üyesi'nde saptanan minerallerin sondajlara göre dağılımı.	48
Çizelge 5. 3. Değirmenli Tüf Üyesi'ne ait yer alan sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 632) göre minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.....	48
Çizelge 5. 4. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.....	49
Çizelge 5. 5. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.....	51
Çizelge 5. 6. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.....	53
Çizelge 5. 7. Uzun Tepe Üyesi'nde saptanan minerallerin sondajlara göre dağılımı.	56
Çizelge 5. 8. Uzun Tepe Üyesi'ne ait yer alan sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 20BM – 632 ve 20BM – 644) göre minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.	57
Çizelge 5. 9. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.....	58
Çizelge 5. 10. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.....	64
Çizelge 5. 11. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.....	70
Çizelge 5. 12. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.....	76
Çizelge 5. 13. Emirler Tüf Üyesi'nde saptanan minerallerin sondajlara göre dağılımı.	81

Çizelge 5. 14. Emirler Tüf Üyesi' ne ait yer alan sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 644) göre minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.	82
Çizelge 5. 15. Emirler Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.	82
Çizelge 5. 16. Emirler Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.	86
Çizelge 5. 17. Emirler Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.	89
Çizelge 5. 18. İskele Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.	92
Çizelge 5. 19. İskele Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.	92
Çizelge 5. 20. Kil örneklerin sondajlara göre sayısal dağılımı.	96
Çizelge 5. 21. Çalışma alanında bulunan Bigadiç Formasyonuna ait üyelerin kil minerali içerikleri.	96
Çizelge 5. 22. Değirmenli Tüf Üyesi'nde saptanan kil minerallerin sondajlara göre dağılımı.	97
Çizelge 5. 23. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki kil minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.	97
Çizelge 5. 24. Uzun Tepe Üyesi'nde saptanan kil minerallerinin sondajlara göre dağılımı.	99
Çizelge 5. 25. Uzun Tepe Üyesi' ne ait yer alan sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 644) göre kil minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.	100
Çizelge 5. 26. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmesi.	100
Çizelge 5. 27. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajındaki kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmesi.	104
Çizelge 5. 28. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajındaki kil minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.	106
Çizelge 5. 29. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajındaki kil minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.	109
Çizelge 5. 30. Emirler Tüf üyesinde saptanan kil minerallerin sondajlara göre dağılımı.	112

Çizelge 5. 31. İskele üyesinde saptanan kil minerallerin sondajlara göre dağılımı.	113
Çizelge 5. 32. İskele üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmesi.	114
Çizelge 6. 1.Major element dedeksiyon limitleri.	168
Çizelge 6. 2. İz element dedeksiyon limitleri.....	168
Çizelge 6. 3. Değirmenli Tüf Üyesine ait örneklerin major ve iz element sonuçları.	170
Çizelge 6. 4. 20 BM- 619 sondajına ait Uzun Tepe Üyesi örneklerinin major ve iz element sonuçları.....	173
Çizelge 6. 5. 20 BM- 632 sondajına ait Uzun Tepe Üyesi örneklerinin major ve iz element sonuçları.....	174
Çizelge 6. 6. 20 BM-632 sondajına ait Uzun Tepe Üyesi kil fraksiyonu örneklerinin major ve iz element sonuçları.....	175
Çizelge 6. 7. Uzun Tepe Üyesi'nin major element içerikleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	176
Çizelge 6. 8. Uzun Tepe Üyesi'nin iz element içerikleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	177
Çizelge 6. 9. Uzun Tepe Üyesi'ne ait trioktaedrik simektit (Hektorit) örneklerinin kimyasal bileşimleri (wt%) ve yapısal formülleri.	186
Çizelge 6. 10. Emirler Tüf Üyesi'ne ait örneklerinin major ve iz element sonuçları.	193
Çizelge 6. 11. İskele Üyesi'ne ait örneklerinin major ve iz element sonuçları.	196
Çizelge 6. 12. İskele Üyesi'ne ait kil fraksiyonu örneklerinin major ve iz element sonuçları.	197
Çizelge 6. 13. İskele Üyesi'nin major element içerikleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	198
Çizelge 6. 14. İskele Üyesi'nin iz element içerikleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	199
Çizelge 6. 15. İskele Üyesi'ne ait trioktaedrik simektit (Hektorit) örneğinin kimyasal bileşimleri (wt%) ve yapısal formülleri.	205
Çizelge 6. 16. Tez çalışması kapsamında analizi yapılan borat mineralleri ve $\delta^{11}\text{B}$ (‰) değerleri.	210

Çizelge 6. 17. Ayana Ovası'ndan alınan borat minerallerinin bor izotop oranı ($\delta^{11}\text{B}$), yapısal formülleri ve basit atomik konfigürasyonu.	212
Çizelge 7. 1.Uzun Tepe Üyesine ait tüm kayaç örneklerinin Li (ppm) – MgO (wt%) ilişkisi.	230
Çizelge 7. 2. Uzun Tepe Üyesine ait kil fraksiyonu örneklerinin Li (ppm) – MgO (wt%) ilişkisi.	230

ŞEKİLLER

Şekil 1. 1. A) Türkiye Haritası. B) Bigadiç İlçesi Fiziki Haritası. C) Çalışma alanının yer bulduru haritası.	3
Şekil 2.1. Ayana Ovasının genel görüntüsü.....	14
Şekil 2. 2. Karot sandıklarının genel görüntüsü.....	15
Şekil 2. 3. Örneklenen karot sandığının genel görüntüsü.....	16
Şekil 3. 1. Batı Anadolu'nun Neojen havzalarının dağılımını, volkanik ara katmanların radyometrik yaşlarını gösteren jeolojik haritası ve başlıca yapılar (Ersoy ve ark., 2014'ten alınmıştır.) (BB: Bigadiç Havzası).	27
Şekil 3. 2. Bigadiç havzasında borat merceklerinin oluşumunu gösteren hipotetik kesitler. A – Borat çökeliminden önce, B – Borat çökeliminden sonra (Temel ve Gündoğdu, 1988' den alınmıştır.).	28
Şekil 4. 1. Bigadiç Bölgesi çalışma sahasındaki litostratigrafik birimlerin önceki çalışmalarda adlandırılmaları, yaşları ve dokanak ilişkilerinin korelasyonu (Özpeker (1969), Gündoğdu (1982) ve Baysal ve ark. (1986b) çalışmalarından derlenerek alınmıştır.)	31
Şekil 4. 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Baysal ve ark., 1986b'den tarafından değiştirilerek alınmıştır.)	32
Şekil 4. 3. Çalışma sahasının genelleştirilmiş stratigrafik istifi ((Gündoğdu 1982, 1984'ten değiştirilerek alınmıştır.).....	33
Şekil 5. 1. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı	50
Şekil 5. 2. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.	52
Şekil 5. 3. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.	54
Şekil 5. 4. Değirmenli Tüf Üyesi 632 – 95 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.	55
Şekil 5. 5. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.	59
Şekil 5. 6. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 613 – 88 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı	62

Şekil 5. 7. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 613 – 80 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.....	62
Şekil 5. 8. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 613 – 84 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.....	63
Şekil 5. 9. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.	65
Şekil 5. 10. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 619 – 45 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.....	68
Şekil 5. 11. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 619 – 46 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.....	69
Şekil 5. 12. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 619 – 46 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.....	69
Şekil 5. 13. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.	71
Şekil 5. 14. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 632 – 48 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.....	74
Şekil 5. 15. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 632 – 61 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.....	75
Şekil 5. 16. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.....	77
Şekil 5. 17. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 644 – 51 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.....	80
Şekil 5. 18. Emirler Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.....	84
Şekil 5. 19. Emirler Tüf Üyesi'ne ait 613 – 47 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.....	85
Şekil 5. 20. Emirler Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.....	87
Şekil 5. 21. Emirler Tüf Üyesi'ne ait 619 – 1 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.....	88
Şekil 5. 22. Emirler Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.....	90
Şekil 5. 23. Emirler Tüf Üyesi'ne ait 644 – 5 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.....	91

Şekil 5. 24. İskele Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.	94
Şekil 5. 25. İskele Üyesi'ne ait 613 – 14 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.	95
Şekil 5. 26. İskele Üyesi'ne ait 613 – 20 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.	95
Şekil 5. 27. Değirmenli Tüf Üyesi'ne ait 617 – 79 numaralı örneğin XRD – KF difraktogramı (N: Normal, E.G: Etilen Glikol, F: Fırınlanmış).	98
Şekil 5. 28. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait kil minerallerin dikey dağılımı.	102
Şekil 5. 29. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 613 – 67 numaralı örneğin XRD – KF difraktogramı (N: Normal, E.G: Etilen Glikol, F: Fırınlanmış).	103
Şekil 5. 30. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 613 – 84 numaralı örneğin XRD – KF difraktogramı (N: Normal, E.G: Etilen Glikol, F: Fırınlanmış).	103
Şekil 5. 31. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait kil minerallerin dikey dağılımı.	105
Şekil 5. 32. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait kil minerallerin dikey dağılımı.	108
Şekil 5. 33. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait kil minerallerin dikey dağılımı.	110
Şekil 5. 34. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 644 – 78 numaralı örneğin XRD – KF difraktogramı (N: Normal, E.G: Etilen Glikol, F: Fırınlanmış).	111
Şekil 5. 35. İskele Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait kil minerallerin dikey dağılımı.	115
Şekil 5. 36. 20BM – 632 sondajından alınan 632 – 96 numaralı kristal tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam içerisinde yer alan kuvars (Qz), biyotit ve opasitleşmiş biyotit (Bt) ile plajiyoklaz (Pl) fenokristalleri (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Volkanik cam içerisinde yer alan kemirilmiş kuvars (Qz), biyotit ve opasitleşmiş biyotit (Bt), amfibol (Amp) ile plajiyoklaz (Pl) mineralleri, C – D) Öz şekilli zirkon minerali (E – tek nikol ve F – çift nikol).	118
Şekil 5. 37. 20BM – 632 sondajından alınan 632 – 97 numaralı Kristal Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik	

cam içerisinde yer alan kuvars (Qz) ve opasitleşme gösteren biyotit (Bt) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).	119
Şekil 5. 38. 20BM – 632 sondajından alınan Değirmenli Tüf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.	119
Şekil 5. 39. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 12 numaralı silttaşı örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Karbonat çimento içerisinde yer alan kuvars (Qz), plajiyoklaz (Pl) ve biyotit (Bt) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).	120
Şekil 5. 40. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 16 numaralı Vitrik Tüf örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam içerisinde yer alan plajiyoklaz (Pl) ve opasitleşmiş biyotit ve biyotit (Bt) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Volkanik cam içerisinde yer alan kuvars (Qz), plajiyoklaz (Pl) ve opasitleşmiş biyotit ve biyotit (Bt) mineralleri (C – tek nikol ve D – çift nikol).	121
Şekil 5. 41. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 21 numaralı Kristal Tüf örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam içerisinde yer alan kuvars (Qz), plajiyoklaz (Pl) ve biyotit (Bt) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol). C – D) Volkanik cam hamuru içerisinde yer alan karbonatlaşma gösteren plajiyoklaz (Pl) ve biyotit (Bt) minerali (C – tek nikol ve D – çift nikol).	122
Şekil 5. 42. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 16 numaralı Laminallı silttaşı örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).	123
Şekil 5. 43. 20BM – 619 sondajından alınan kayaçta jips ve anhidrit mineralinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Jips (Gp) mineralinden anhidrit (Anh) mineraline dönüşüm (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Jips (Gp) mineralinden anhidrit (Anh) mineraline dönüşüm (A – tek nikol ve B – çift nikol), E– F) Anhidrit mineralinin genel görüntüsü (E – tek nikol ve F – çift nikol).	124
Şekil 5. 46. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 76 numaralı örneğinin polarizan mikroskop altındaki genel görüntüsü (A – tek nikol ve B – çift nikol).	125
Şekil 5. 44. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 59 numaralı örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Jips (Gp) ve Anhidrit (Anh) minerali görüntüsü (A – tek nikol ve B – çift nikol).	125

Şekil 5. 45. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 64 numaralı örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Havlit minerali görüntüsü (A – tek nikol ve B – çift nikol).....	125
Şekil 5. 47. 20BM – 619 sondajından alınan Uzun Tepe Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.	126
Şekil 5. 48. 20BM – 632 sondajından alınan 632 – 10 numaralı tuf örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Alterasyona uğrayan volkanik cam içerisinde yer alan kuvars (Qz), plajiyoklaz (Pl) ve biyotit (Bt) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).....	127
Şekil 5. 49. 20BM – 632 sondajından alınan killi cevher örneklerindeki üleksit mineralinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) 632 – 65 numaralı örnekteki üleksit minerali (Ulx) (A – tek nikol ve B – çift nikol). C – D) 632 – 67 numaralı örnekteki Üleksit minerali (Ulx) (C – tek nikol ve D – çift nikol). E – F) 632 – 76 numaralı örnekteki Üleksit minerali (Ulx) (E – tek nikol ve F – çift nikol).	128
Şekil 5. 50. 20BM – 632 sondajından alınan Uzun Tepe Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.	129
Şekil 5. 51. 20BM – 644 sondajından alınan 644 – 8 numaralı laminalı silttaş olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Karbonat – kil çimento içindeki plajiyoklaz (Pl) minerali (A – tek nikol ve B – çift nikol).	130
Şekil 5. 52. 20BM – 644 sondajından alınan 644 – 21 numaralı Vitrik Tuf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam – pomza bozunmasıyla oluşan karbonat çimento içerisinde yer alan kemirilmiş kuvars (Qz), biyotit (Bt), plajiyoklaz (Pl) ve muskovit (Ms) fenokristalleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).	131
Şekil 5. 53. 20BM – 644 sondajından alınan 644 – 29 numaralı laminalı silttaş olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Karbonat – kil çimento içerisinde yer alan kuvars (Qz), opasitleşmiş biyotit ve biyotit (Bt) ve plajiyoklaz (Pl) minerali (A – tek nikol ve B – çift nikol).....	131
Şekil 5. 54. 20BM – 644 sondajından alınan 644 – 46 numaralı killi cevher olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Kolemanit (Cole) minerali damar şeklinde gözlenmektedir (A – tek nikol ve B – çift nikol)..	132

Şekil 5. 55. 20BM – 644 sondajından alınan Uzun Tepe Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.....	133
Şekil 5. 56. 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 36 numaralı Vitrik Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza içerisinde, opasitleşme gösteren biyotit (Bt) ve kuvars (Qz) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).	134
Şekil 5. 57. 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 42 numaralı Vitrik Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza içerisinde yer alan kemirilmiş kuvars (Qz) minerali (A – tek nikol ve B – çift nikol).....	135
Şekil 5. 58. 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 45 numaralı Vitrik Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza içerisinde yer alan Biyotit (Bt) minerali (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Volkanik cam kıymığı – pomza hamuru içerisinde yer alan zonlanma gösteren plajiyoklaz (Pl), Biyotit (Bt), Kuvars (Qz) ve Kayaç parçası (C – tek nikol ve D – çift nikol), E – F) Sferulit Doku (E – tek nikol ve F – çift nikol),	136
Şekil 5. 59. 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 48 numaralı Vitrik Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza içerisinde yer alan Biyotit (Bt) ve Kuvars (Qz) fenokristalleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).....	137
Şekil 5. 60. 20BM – 613 sondajından alınan Emirler Tüf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.....	137
Şekil 5. 61. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 2 numaralı Vitrik Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza genel görüntüsü (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Pomza görüntüsü (C – tek nikol ve D – çift nikol)	139
Şekil 5. 62. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 3 numaralı Vitrik Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza içerisinde yer alan opasitleşme gösteren biyotit (Bt) ve plajiyoklaz (Pl) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Serisitleşme gösteren plajiyoklaz (Pl) minerali (C – tek nikol ve B – çift nikol), E – F) Pomza görüntüsü (E – tek nikol ve F – çift nikol).....	140

Şekil 5. 63. 20BM – 619 sondajından alınan Emirler Tüf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.....	141
Şekil 5. 64. 20BM – 644 sondajından alınan Emirler Tüf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.....	142
Şekil 5. 65. 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 10 numaralı kristal tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymıkları genel görüntüsü (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Volkanik cam kıymığı hamuru içerisinde yer alan kemirilmiş kuvars (Qz) minerali.	143
Şekil 5. 66. 20BM – 613 sondajından alınan İskele Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.	144
Şekil 5. 67. Uzun Tepe üyesi ait 619 – 69 numaralı örneğe ait pirit, zirkon, kromit, simektit ve mika minerallerinin BSE görüntüsü ve EDS analizi sonucu. A) Pirit ve öz şekilli zirkon minerali (EDS Spot 1: Pirit ve EDS Spot 2: Zirkon); B) Detritik kökenli kromit minerali ve simektit minerali (EDS Spot 1: Kromit ve EDS Spot 2: Simektit); C) Yapraksı mikromorfolojik yapıya sahip mika (EDS Spot 1: Mika).	146
Şekil 5. 68. Uzun Tepe üyesi ait 619 – 69 numaralı örnekte bulunan simektit minerali ve ilişkileri BSE görüntüsü ve EDS analizi sonucu. A) Plajiyoklaz ve simektit minerali (EDS Spot 1: Plajiyoklaz, EDS Spot 2: Simektit ve EDS Spot 3: Simektit), B) Simektit minerali (EDS Spot 1: Simektit), C) Bal peteği görünümlü simektit mineralinin SE görüntüsü.	147
Şekil 5. 69. Uzun Tepe üyesi ait 632 – 8 numaralı örnekte bulunan kalsit ve yapraksı yapıya sahip mika mineralinin arasında yer alan pirit mineralinin SE görüntüsü ile arsenik içeren pirit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu. A) Yapraksı yapıya sahip mika mineralinin arasında yer alan pirit minerali, B) Kalsit minerali, C) arsenik içeren pirit minerali (EDS Spot 1: Arsenikli Pirit).....	148
Şekil 5. 70. Uzun Tepe üyesi ait 632 – 8 numaralı örnekte bulunan K-feldispat, plajiyoklaz ve aragonit minerallerinin BSE görüntüsü ve EDS analizi sonucu. A) K – feldispat ve Plajiyoklaz minerali (EDS Spot 1: Plajiyoklaz ve EDS Spot 2: K – Feldispat), B) Ca – Na içeren plajiyoklaz minerali (EDS Spot 1: Plajiyoklaz), C) Aragonit minerali (EDS Spot 1: Aragonit).	149
Şekil 5. 71. Uzun Tepe üyesi ait 632 – 10 numaralı örnekte bulunan apatit, dolomit ve plajiyoklaz mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu. A) Apatit	

minerali (EDS Spot 1: Apatit), B) Plajiyoklaz minerali (EDS Spot 1: Plajiyoklaz), C) Dolomit minerali (EDS Spot 1: Dolomit ve EDS Spot 2: Dolomit).	151
Şekil 5. 72. Uzun Tepe üyesi ait 632 – 10 numaralı örnekte bulunan Mg içeriği yüksek kalsit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1, EDS Spot 2 ve EDS Spot 3: Magnezyan kalsit).	152
Şekil 5. 73. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 26 numaralı örnekte klinoptilolit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Klinoptilolit).	153
Şekil 5. 74. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 26 numaralı örnekte simektit ve birlikteliklerinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu A) simektit mineralinin oluşumunu gösteren SE görüntüsü, B) Bal peteği görünümü sunan simektit minerali SE görüntüsü, C) saf simektit minerali (EDS Spot 1: Simektit), D) simektit – mika minerali birlikteliği (EDS Spot 1: Mika ve EDS Spot 2: Simektit).	154
Şekil 5. 75. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 26 numaralı örnekte K – feldispat – simektit – kalsit – pirit – volkanik camı birlikteliğinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: K – feldispat, EDS Spot 2: Simektit, EDS Spot 3: Kalsit, EDS Spot 4: Pirit ve EDS Spot 5: Volkanik cam).	155
Şekil 5. 76. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 51 numaralı örnekte apatit, zirkon, analsim ve allanit minerali BSE görüntüsü ve EDS sonucu. A) Zirkon ve apatit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Zirkon ve EDS Spot 2: Apatit). B) Analsim minerali BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Analsim), C) Allanit minerali (EDS Spot 1: Allanit).	157
Şekil 5. 77. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 51 numaralı örnekte serpantin minerali. A) Serpantin mineralinin SE görüntüsü, B) Uzun Tepe üyesi ait 644 – 26 numaralı örnekte serpantin mineralinin çapının SE görüntüsü, C) Serpantin mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Serpantin).	158
Şekil 5. 78. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 69 numaralı örnekte Organik madde ve pirit mineralinin SEM görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Organik Madde ve EDS Spot 2: Pirit).	159
Şekil 5. 79. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 69 numaralı örnekte küp şeker dokusu sunan pirit mineralinin SE görüntüsü.	159
Şekil 5. 80. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 59 numaralı örnekte klorit, amfibol ve dolomit minerali BSE görüntüsü ve EDS sonucu. A) Klorit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Klorit). B) Amfibol minerali BSE	

görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Amfibol), C) Dolomit minerali (EDS Spot 1: Dolomit).....	160
Şekil 5. 81. Emirler Tüf üyesi ait 619 – 5 numaralı örnekte Galenit mineralinin SEM görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Galenit).	161
Şekil 5. 82. Emirler Tüf üyesi ait 619 – 5 numaralı örnekte Torit, zirkon, volkanik cam ve pirit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Torit, EDS Spot 2: Zirkon, EDS Spot 3: Pirit ve EDS Spot 4: Volkanik cam).	162
Şekil 5. 83. Emirler Tüf üyesi ait 619 – 5 numaralı örnekte Opal – CT, Klinoptilolit ve volkanik cam BSE görüntüsü ve EDS sonucu. A) Damarda yer alan klinoptilolit mineralinin SE görüntüsü, B) Opal – CT – Klinoptilolit minerali birlikteliği SE görüntüsü, C) Opal – CT – volkanik camı – klinoptilolit minerali birlikteliğinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: opal – CT, EDS Spot 2: Klinoptilolit ve EDS Spot 3: Volkanik camı).	163
Şekil 5. 84. İskele Üyesi'ne ait 613 – 18 numaralı örnekte kalsit, aragonit ve simektit mineralinin SE görüntüsü ile BSE görüntüsü ve EDS sonucu. A) Kalsit-Aragonit minerali birlikteliğinin SE görüntüsü. B) Aragonit minerali SE görüntüsü. C) Kalsit-Aragonit minerali birlikteliğinin SEM görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Kalsit). D) Aragonit- Simektit minerali birlikteliğinin SEM görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Aragonit ve EDS Spot 2: Simektit).....	165
Şekil 6. 1. Değirmenli Tüf Üyesi'ne ait örneklerin Kondrite göre normalize edilmiş REE diyagramı (Sun ve McDonough, 1989)	171
Şekil 6. 2. Değirmenli Tüf Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001).....	171
Şekil 6. 3. Değirmenli Tüf Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş Çoklu Element diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor and McLennan, 1995; McLennan, 2001).....	172
Şekil 6. 4. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20 BM-619 sondajına ait örneklerin major element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.....	181
Şekil 6. 5. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20 BM-619 sondajına ait örneklerin iz element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.	182
Şekil 6. 6. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20 BM-632 sondajına ait örneklerin major element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.....	184

Şekil 6. 7. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20 BM-632 sondajına ait örneklerin iz element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.	185
Şekil 6. 8. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20BM-632 sondajına ait kil fraksiyonu örneklerinin major element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.....	187
Şekil 6. 9. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20BM-632 sondajına ait kil fraksiyonu örneklerinin iz element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.....	188
Şekil 6. 10. Uzun Tepe Üyesi'ne ait örneklerin PAAS göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985).	190
Şekil 6. 11. Uzun Tepe Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001).....	190
Şekil 6. 12. Uzun Tepe Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş çoklu element diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001).	191
Şekil 6. 13. Emirler Tüf Üyesi'ne ait örneklerin Kondrite göre normalize edilmiş REE diyagramı (Sun ve McDonough, 1989).....	194
Şekil 6. 14. Emirler Tüf Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001).....	194
Şekil 6. 15. Emirler Tüf Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş çoklu element diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001).	195
Şekil 6. 16. Bigadiç Formasyonuna ait İskele Üyesi'nden alınan 20BM – 613 sondajına ait örneklerin major element analiz sonuçlarının dikey dağılım.	203
Şekil 6. 17. Bigadiç Formasyonuna ait İskele Üyesi'nden alınan 20BM-613 sondajına ait örneklerin iz element analiz sonuçlarının dikey dağılım.	204
Şekil 6. 18. Bigadiç Formasyonuna ait İskele Üyesi'nden alınan 20BM-613 sondajına ait kil fraksiyonu örneklerinin major element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.....	206
Şekil 6. 19. Bigadiç Formasyonuna ait İskele Üyesi'nden alınan 20BM-613 sondajına ait kil fraksiyonu örneklerinin iz element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.....	207

Şekil 6. 20. İskele Üyesi'ne ait örneklerin PAAS göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985).	208
Şekil 6. 21. İskele Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995 ve McLennan, 2001).	209
Şekil 6. 22. İskele Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş çoklu element diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995 ve McLennan, 2001).	209
Şekil 6. 23. Bazı jeolojik olarak önemli akışkan ve katı malzemelerdeki bor izotopu varyasyonları (Barth,1993). (Denizel olmayan evaporit mineralleri: non-marine evaporite minerals).....	211
Şekil 7. 1. Tuzlu, alkalın playa-göl ortamında otijenik mineral zonlarının dağılımı (Langella ve ark. (2001)'den alınmıştır).....	216
Şekil 7. 2. Bazı borat minerallerinin $\text{Log } [\text{Ca}^{++}]^2/[\text{Na}^+]^3 \cdot [\text{H}^+] - \text{Log } [\text{H}_2\text{O}]$ aktivite diyagramı (Christ ve ark.,1967).....	219

SİMGELER VE KISALTMALAR

Qz – Kuvars

Pl – Plajiyoklaz

Bt – Biotit

Amp – Amfibol

Gp – Jips

Anh – Anhidrit

Cole – Kolemanit

Ulx – Üleksit

Ms – Muskovit

MTA – Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

UCC – Upper Continental Crust (Üst Kıtasal Kabuk)

PAAS – Post-Archean Australian Shale

REE – Nadir Toprak Element

LREE – Hafif nadir toprak elementleri

HREE – Ağır nadir toprak elementlere

LOI – Ateşte kayıp değeri

ASTM – American Society for Testing and Materials (Uluslararası Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu)

ICDD – International Centre for Diffraction Data (Uluslararası Difraksiyon Veri Merkezi)

XRD – X Işını Kırınım

XRD-TK – X Işını Kırınım Analizi-Tüm kayaç

XRD-KF – X Işını Kırınım Analizi-Kil Fraksiyonu

SEM-EDS – Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (Taramalı Elektron Mikroskobu-X-Işını Enerji Dağılım spektrometresi)

BSE – Backscattered Electrons (Geri Saçılan Elektronlar)

SE – Secondary Electrons (İkincil Elektronlar)

ICP-AES – Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektroskopisi)

ICP-MS – Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi)

1. GİRİŞ

1.1.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Batı Anadolu, ekonomik açıdan önemli bölgelerden biridir. Bu bölgede yer alan, KD – GB gidişli Neojen yaşlı gölssel volkanosedimanter havzalarda borat, kömür, zeolit ve kil gibi ekonomik potansiyeli yüksek endüstriyel hammaddelerin yer aldığı bilinmektedir.

Ülkemizde önemli bir ekonomik potansiyele sahip olan borat yataklarının jeolojisi, mineralojisi ve jeokimyası konusunda bugüne değin birçok çalışma yapılmıştır (Kalafatoğlu, 1964; Özpeker, 1969; Baysal,1972; Baysal, 1973; Helvacı ve Firman, 1977; Özpeker ve Işık, 1978; Yalçın, 1984; Yalçın ve Gündoğdu, 1987; Yalçın,1988; Şahin,2009; Hatipoğlu, 2010)

Bu tez çalışması kapsamında incelenen, Bigadiç Havzası ile ilgili de birçok çalışma bulunmakta olup (Meixner,1956; Gündoğdu, 1982,1984; Temel, 1987; Helvacı ve Alaca, 1991; Helvacı, 1995; Koç, 2009, Koç, 2014), ancak bu tez çalışmasının konusunu oluşturan Ayana Ovası bölgesindeki Borat oluşumları ile ilgili detaylı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

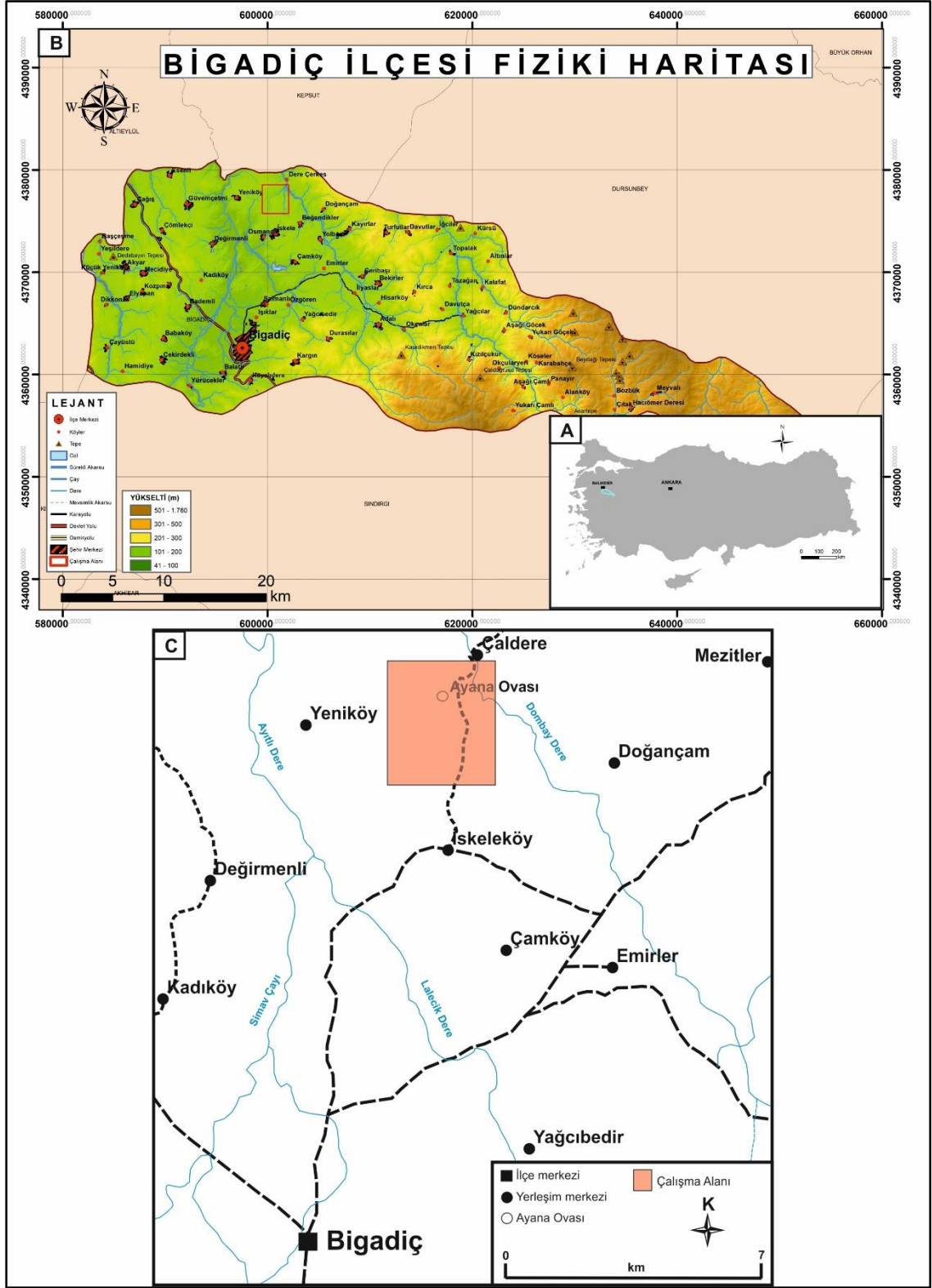
Tez çalışmasının amacı, Bigadiç borat havzasının Ayana Ovası'nda yer alan neoformasyon minerallerinin (borat, kil, zeolit, karbonat ve sülfat) mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin saptanması ile neoformasyon minerallerinin yanal ve dikey dağılımlarını belirlemek ve tüm bu verilerin ışığında Ayana Ovası'nın paleocoğrafik gelişiminin ortaya koyulmasıdır.

1.2.İnceleme Alanının Tanıtımı

Tez çalışması olarak belirlenen Ayana Ovası, Balıkesir ilinin güney doğusunda ve Bigadiç ilçesinin K – KD'da yer almakta ve 37 km uzaklıktadır. Ayana Ovası, Bigadiç ilçesinin Yeniköy ile Çaldere köyleri (mahalleleri) arasında yer almaktadır. Balıkesir – İzmir karayolu üzerinde bulunan Bigadiç ilçesi bölgede bulunan en büyük yerleşim merkezlerinden biridir (Şekil 1.1).

Coğrafi koordinat sistemine göre, çalışma alanı 1/25.000 ölçekli 39°32'24"– 39°30'24" kuzey enlemleri ile 28°09'18"– 28°11'42" doğu boylamları arasında bulunmakta ve 1/25.000 ölçekli Balıkesir İ20 – d3 paftasını kapsamaktadır. Çalışma kapsamında, 4km²'lik alan içerisinde, Ayana Ovasında yapılmış olan sondaj karotlarından alınan örnekler incelenmiştir.

Çalışma alanının en önemli yükseltileri, kuzeyde Sopatarla (661 m), güneyde Kocakıran (737 m) ve Yazılıtaş (669 m), doğuda Hola (419 m) ve batıda Kurtini (385 m) tepeleri şeklinde dağılım göstermektedir. Çalışma alanında en düşük topografya seviyesini Simav çayı oluşturmaktadır. Simav çayı, güneyden kuzeye akan bölgedeki en önemli akarsudur.



Şekil 1. 1. A) Türkiye Haritası. B) Bigadiç İlçesi Fiziki Haritası. C) Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.3. Önceki Çalışmalar

Bigadiç bölgesindeki borat yataklarının keşfi, ilk olarak 1950 yılında Muharrem Girgin isimli amatör madenci tarafından Çamköy civarında bulunan kaya parçalarının Kimya Mühendisi Hüsamettin Yakal tarafından bor minerali olarak tanımlamasıyla, bor yataklarının varlığının tespit edildiği söylenmektedir (Baysal 1972; bigadiç.gov.tr).

Bigadiç borat cevherleşmelerinin mineralojisi ve oluşumunun incelenmesi üzerine yapılan ilk bilimsel çalışmalar, Meixner (1952, 1953, 1956) ve Helke (1955) tarafından gerçekleştirilmiştir. Meixner (1956) tarafından yapılan İskeleköy bölgesinde yer alan borat cevherleşmeleri üzerine yaptığı mineralojik çalışmalarda; pandemit, inyoit, kolemanit, meyerhofferit, üleksit, hidroborasit ve terçit minerallerinin varlığı saptanmıştır.

Kalafatçioğlu (1964) tarafından yapılan bölgesel çalışma inceleme alanını da içermektedir. Balıkesir – Kütahya bölgesi arasında kalan kısmın jeolojisini ortaya koymak amacıyla petrografik ve paleontolojik çalışmalar yapılmıştır. Bölgedeki Neojen yaşlı serilerin marn, kil ve kireçtaşı litolojileri ile temsil edildiği ve bu serilerdeki gastropod fosillerine dayanarak Alt Pliyosen yaşı olduğu ortaya koyulmuştur.

Özpeker (1969) tarafından yapılan çalışmada Batı Anadolu borat yataklarının mineralojisi ve oluşumu ortaya konulmuştur. Bigadiç alanını da kapsayan çalışma sahasının 1:50.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve 9 litostratigrafik birime ayrılmıştır. Bunlar alttan üste doğru; Paleozoyik mermerler, taban kalkerleri, riyolitik kristal tüfler, kaba taneli camsı tüfler, ince taneli camsı tüfler, Boratlı kil – marn – tuf – kalker – gre serisi, volkanitler ve damar taşları ve alüvyon olarak belirtilmiştir. Borat minerallerinin oluşumunu, borca zengin çözeltilerin göl ortamında çökmesiyle oluştuğunu ileri sürülmüştür. Borat minerallerinden inyoit, pandemit, üleksit ve terçitin birincil, meyerhofferit, kolemanit ve hidroborasitin ise ikincil kökenli olduğu öne sürülerek bu minerallerin oluşum sırası ve çökme koşulları hakkında çıkarımlar yapılmıştır.

İnan (1975) tarafından yapılan çalışma da sulu bor minerallerinin oluşumu incelenmiştir. Türkiye’de yer alan borat yataklarını $\text{Na}_2\text{O—CaO—B}_2\text{O}_3\text{—H}_2\text{O}$ sisteminde çökme durumuna göre iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlardan biri, Ca, Na – Ca ve Na boratları beraber bulunduran tam çökme serisi gösteren (Kırka tipi) yataklardır. Diğeri ise, çökme evresini tamamlanamadığı yani Na boratları içermeyen yataklardır. Bu çökme sürecinde, bor iyonlarını çöktüren ana etmenler arasında çözeltilerin kimyasal bileşimi, pH değeri ve sıcaklığı olduğu belirtilmektedir. Ca, Ca – Na ve Na – borat yataklarının oluşmasında $\text{Na}_2\text{O/B}_2\text{O}_3$ oranı ile açıklanmasının yeterli olmadığı vurgulanmış ve $\text{Na}_2\text{O/CaO}$ oranının temel olduğu ortaya koyulmuştur.

Ataman (1977a ve 1977b) tarafından yapılan çalışmada Batı Anadolu zeolit oluşumları incelenmiştir. Türkiye’de ilk kez Klinoptilolit serilerin jeolojik konumu, yayılımı ve oluşumu ortaya konmuştur. Bu mineralin ısıl kararlılığının yüksek olduğu ve bu kararlılığın bulunduğu ortamın kimyasal bileşimi ve jeolojik oluşum yaşı gibi faktörlere bağlı olduğu değerlendirilmiştir.

Ataman ve Baysal (1978) tarafından yapılan çalışma da Türkiye Borat yataklarının (Bigadiç, Kestelek, Kırka, Emet) kil mineralojisi incelenmiştir. Bigadiç bölgesindeki yataklardaki boratlarla ardalanmalı killi seviyelerde, egemen olan kil mineralleri vermikülit ve montmorillonit olarak saptanmıştır. Bulunan minerallere kıyasla daha az bollukta bulunan ($14_M - 14_C$), ($14_M - 14_V$) ve ($14_V - 14_C$) karışık tabakalı minerallerin oluşumları da saptanmıştır.

Özpeker ve İnan (1978) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye borat yataklarının Batı Anadolu’da görsel ortamda kimyasal olarak çökelmiş olduğunu ve bulunan mineral topluluklarından, yatakların gömülme işlemi sırasında yüksek sıcaklık ve basınçtan etkilenmediği belirtilmektedir. Fakat ilk oluşan minerallerin sonrasında gelişen yeni koşulların etkisiyle yerini daha duraylı minerallere bıraktığı ileri sürülmüştür. Türkiye borat yataklarının gelişme sürecinde esas bileşenler B_2O_3 , Na_2O ve CaO olurken SrO , MgO ve As_2O_3 ise tali olarak önemli olduğu

belirtilmiştir. Bu yataklarda gözlenen mineral birlikleri, çökmesine göre sırasıyla Ca, Ca – Na ve Na-borat minerallerinin varlığına işaret etmektedir.

Gündoğdu (1982) tarafından yapılan çalışma, Kuzeybatı Anadolu'nun Balıkesir ili sınırlarında yer alan Bigadiç baseninin 195 km²'lik alanında gerçekleştirilmiştir. Bigadiç sedimanter havzasının jeolojisi, mineralojisi ve jeokimyasının kapsamlı olarak incelenmiştir. Bölgenin 1/25.000 ölçekli jeolojik haritasını hazırlamıştır. Bölgeyi formasyon düzeyinde; temel kayaları, taban volkanitleri, Bigadiç formasyonu ve Kuvaterner oluşukları olmak üzere dört ana birime ayırmıştır. Bigadiç Formasyonunun volkanosedimanter bir dizilim olduğu belirtilmiştir. Bu formasyon; Avşarbaşı, Değirmenli Tüf, Uzun Tepe, Emirler Tüf ve İskele olmak üzere beş üyeye ayrılmıştır.

Yılmaz ve ark. (1982) tarafından yapılan çalışma, Etibank ile Hacettepe Üniversitesi iş birliği çerçevesinde yürütülen ve Balıkesir'in J20 – d4, J20 – 24, 120 – a3, J20 – 21, J20 – 22 ve J20 – b paftalarını kapsayan 1/25.000 ölçekli detaylı jeolojik haritalamadan oluşmaktadır. Bu haritalama projesi, Bigadiç bor madenlerinin jeolojisini anlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Helvacı (1983) tarafından yapılan çalışma, Türkiye Borat yataklarının mineralojik incelenmesini içermektedir. Bu yataklarda, borat mineralleriyle birlikte dolomit, kalsit, anhidrit, sölestin, jips, orpiment ve realgar minerallerinin de bulunduğu belirtilmektedir.

Gündoğdu ve Ataman (1983) tarafından yapılan çalışma, Bigadiç Formasyonundaki borat (üleksit ve kolemanit), karbonat (kalsit, aragonit ve dolomit) ve simektit (saponit, stevensit) mineralleri jeokimyasal olarak incelenmiş ve bazı eser elementlerin (stronsiyum, lityum ve baryum) dağılımı belirlenmiştir. Bazı minerallerin (karbonat, klinoptilolit ve simektit) Stronsiyum izotop oranı ölçümü yapılmıştır.

Gündoğdu (1984) tarafından yapılan alışma, Bigadiç basenin jeolojisine yöneliktir. Bölge istifi, dört litostratigrafik birime (temel kayaçları, taban volkanitleri, Bigadiç Formasyonu ve Kuvaterner oluşukları) ve bu birimler içerisinde volkanosedimanter kayaçları içeren Bigadiç formasyonunu 5 üyeye ayrılmıştır. Elde edilen verilerden basenin litostratigrafik özellikleri belirlenmiş ve paleocoğrafik gelişimi ile jeolojik evrimi yorumlanmıştır.

Gündoğdu (1985) tarafından yapılan çalışma da Bigadiç basenindeki karbonat ve simektit minerallerinin dağılımları incelenmiştir. Bigadiç Formasyonunun İskele yesindeki karbonat mineralleri ve simektitlerin dağılımları incelendiğinde aragonit ve kalsit minerallerinin sık rastlandığı boratlı zonlarda baskın kil minerallerinin stevensit ve Mg – saponit olduğunu, ancak istifin üst seviyelerinde dolomit mineralinin daha baskın olmasıyla birlikte egemen kil mineralinin ise Al – Fe saponit olduğu tespit edilmiştir.

Baysal ve ark. (1985) tarafından yapılan alışma, Bigadiç borat havzasının jeolojisi ve ekonomik potansiyelinin incelenmesine yöneliktir. İnceleme alanının 1/25.000, 1/5.000 ve 1/500 eklerindeki yeni jeolojik haritalama çalışmaları kapsamında, daha önceki 1/5.000, 1/2.000 ve 1/500 ekli haritalar güncellenmesi amacıyla yeniden değerlendirilmiş ve 39.640 metrelik sondaj karotlarının determinasyonu yapılmıştır.

Baysal ve ark. (1986a) tarafından yapılan çalışmada, bölgenin 29 adet 1/5.000 ekli jeolojik haritası üretilmiştir. Bu detaylı haritalama sürecinde elde edilen veriler sayesinde, daha geniş kapsamlı çıkarımlar yapılmasına olanak tanıyan yeni bulgulara ulaşılmıştır.

Baysal ve ark., (1986b) tarafından yapılan çalışmada, Bigadiç Formasyonunun alt ve üst tüflerinde gözlenen zeolit oluşumlarının ekonomik potansiyeli incelenmiştir. İnceleme alanında 6 adet 1/25.000 ve 52 adet 1/5.000 ekli jeolojik harita yapılmış ve zeolit oluşumlarının dağılımları incelenmiştir. Jeolojik ve

mineralojik incelemeler sonucunda, alt ve üst tuf birimlerinde sırasıyla 21.520 ve 24.322 milyon tonluk klinoptilolit rezervi olduğu ortaya konulmuştur.

Temel (1987) tarafından yapılan çalışmada, Bigadiç volkanosedimanter baseninin mineralojik, petrografik, jeokimyasal özellikleri ve neoformasyon minerallerinin dağılımı incelenmiştir. Elde edilen verilerden itibaren, neoformasyon minerallerinin dikey ve yanal dağılımlarını ortaya konulmuş ve havzanın paleocoğrafik gelişimi yorumlanmıştır. Tüflü seviyelerde zeolit mineralleri arasında tuzluluk ve pH faktörlerinin artışına bağlı olarak alansal yayılımı sırasıyla opal – A + simektit → klinoptilolit + opal – CT ve/veya K – feldispat → analsim ve/veya K – feldispat şeklinde otijenik olarak oluşan mineral zonlanması belirtilmiştir. Neoformasyon minerallerinden olan zeolit ve boratların basenin fizikokimyasal koşulları ve geometrisi ile ilgili verilerin yorumlanması sonucunda merkez kesiminin sürekli değiştiği ve tektonizma ile evaporasyonun etkisiyle basenin gelişimi boyunca alt basenlerin oluştuğu açıklanmaktadır.

Temel ve Gündoğdu (1988) tarafından yapılan çalışmada, Bigadiç Neojen Havzası'nın borat içeren birimlerde çeşitli iç yapı türleri (dereceli tabakalanma ve laminasyon) ile yumuşak tortul deformasyon yapılarının (eşzamanlı kıvrımlar ve faylar, kaymalar, yük kalıpları, alev, top ve yastık yapıları) olduğu ileri sürülmüştür.

Bu yapılar, düşey blok hareketleri, volkanik aktivite, ters yoğunluk derecelenmesi ve düzensiz sedimentasyonla oluşmuş olduğu saptanmıştır. Orta–Üst Miyosen zaman aralığında etkin olan gerilmeli tektonik rejim sırasında hızla çökelmiş kalın volkanik malzeme dizileri içinde meydana geldiği ortaya konulmuştur. Bu havzadaki borat yataklarının oluşumu, bu tektonik rejim ile buharlaşma tarafından kontrol edildiği ileri sürülmüştür.

Akyol ve Akgün (1990) tarafından yapılan çalışmada, Kestelek, Emet, Kırka ve Bigadiç borat yataklarındaki sedimanter birimlerin palinolojisi incelenmiştir. Killi ve kömürlü düzeylerden elde edilen, alt ve üst olarak adlandırılan birbirinden farklı iki polen topluluğu, havzaların denetlenmesi, mevcut oldukları düzeylerin yaşı belirtilmektedir. Topluluğun oluşum esnasındaki paleocoğrafya ve paleoiklim

hakkında yorumlamalar yapılmıştır. Bigadiç havzası için alt boratlı seviyede yapılan daha önceki paleontolojik çalışmalarda ortaya koyulmuş olan Pannoniyen yaşı ile üst polen topluluğun yaşı ile uyum içerisinde olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Helvacı ve Alaca (1991) tarafından yapılan çalışmada Bigadiç Borat Havzasının mineralojisi ve jeolojisi incelenmiştir. Bigadiç volkanosedimanter havzasının temelinde yer alan Paleozoyik – Mezozoyik yaşlı birimler üzerindeki Miyosen yaşlı birimlerin uyumsuzlukla oturduğu ve Miyosen birimlerin yaşlıdan gence doğru sırasıyla taban volkaniti, taban kireçtaşı, alt tuf birimi, alt boratlı zon, üst tuf birimi, üst boratlı zon ve bazaltdan oluştuğu belirtilmiştir. Çalışma sahasındaki borat yatakları, üst tuf birimiyle ayrılmış iki farklı seviyede, yani alt ve üst boratlı seviyelerde yer almaktadır. İki zonda üleksit ve kolemanit mineralinin diğer minerallere oranla daha baskın olduğu ileri sürülmüştür. Alt borat zonunda; kolemanit, üleksit, probertit, hidroborasit ve havlit mineralleri ile üst borat zonunda inyoit, kolemanit, meyerhofferit, üleksit, pandemit, probertit, havlit, hidroborasit ve tünellit minerallerinin olduğu belirtilmektedir.

Gündoğdu ve ark. (1996) tarafından yapılan çalışmada, Bigadiç, Emet ve Kırka Neojen gölsel havzalarında boratlar ve zeolitlerin birlikte görüldüğü jeolojik oluşumların incelenmesi, mineralojisi ve jeokimyasal karakteri incelenmiştir. Ca – klinoptilolit minerali ve Li açısından trioktahedral simektitler bakımından zengin borat mineralleriyle birlikte olduğu belirtilmiştir. Bu minerallerin oluşumu, riyoitik camların diyajenetik değişimiyle yakından ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Havzada yanal olarak incelenen mineral zonlanması ise pH ve tuzluluk oranlarındaki farklılaşma ile açıklanmıştır. Bu bölgelerdeki zeolit yataklarının, tuzlu havzalardaki volkanik tüflerin diyajenetik değişimi sonucu oluşmuş olduğu ileri sürülmüştür. Gölsel ortamda riyoitik bileşimde K açısından zengin kayaların kimyasal bozunması ile simektit ve kil minerallerine dönüşmektedir. Bu dönüşüm esnasında volkanik malzemede yer alan Na ve K iyonları yapıdan uzaklaşmaktadır. Gözenek suyunda mevcut olan Ca yapıya girmekte ve bu duruma ek olarak gözenek çözeltilerinde K, Na ve Mg iyonlarıyla birlikte, B ve Li iyonları da zenginleşme göstermektedir.

Helvacı ve Alanso (2000) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye ve Arjantin'deki borat yataklarının jeolojik olarak karşılaştırılması incelenmiştir. Bu borat yataklarının Miyosen dönemi boyunca benzer süreçlere maruz kaldığı, yani her iki ülkede de volkanik aktivite, gerilmeli havza oluşumu ve kimyasal çökelme gibi olayların etkili olduğu belirtilmiştir. Bu yönlerinden benzerlik göstermekle birlikte söz konusu borat yataklarının stratigrafik ve mineralojik özellikleri açısından önemli farklılıklar gösterdiği detaylı bir şekilde ortaya koyulmuştur. Bigadiç havzasında borat oluşumlarının tuf, kireçtaşı ve kil tabakalarıyla birlikte yerleştiği, kalın tüfler tarafından ayrılan alt ve üst olmak üzere iki farklı bölgede oluştuğu ve her iki borat bölgesinde de kolemanit ve üleksit hâkim olduğu vurgulanmaktadır.

Helvacı (2004) tarafından, Türkiye'de yer alan borat yataklarının dağılımı ve ekonomik önemi incelenmiştir. Borat yataklarının karasal, denizel ve magmatik kaynaklı çökelim koşulları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bor ve borat mineralleri, günümüzün modern endüstrisinde geniş bir uygulama alanına sahip olduğu ileri sürülmüştür. Özellikle üleksit ve kolemanit gibi ekonomik ve ticari açıdan önemli bor minerallerinin büyük bir kısmı, Bigadiç ve Emet bölgelerindeki yataklarda bulunduğu ifade edilmektedir. Bigadiç borat yataklarının genellikle Kuru iklim şartlarında, volkanik aktivitelerle ilişkili hidrotermal çözelti kaynaklarının beslediği havzalarda gelişen playa göllerinde çökelediği belirtilmektedir. Bu yatakların tufit, tuf, marn, kil ve kireçtaşı gibi volkanoklastik ve karbonatlı kayalarla arakatlı olduğu belirtilmiştir.

Gemici ve ark. (2008) tarafından, Dünya'nın en büyük kolemanit ve üleksit yataklarına sahip Bigadiç ilçesindeki borat madenlerinin çevresel etkileri incelenmiştir. Bigadiç borat madenleri çevresindeki yeraltı sularında yapılan analizler sonucunda, arsenik başlıca kirletici olarak belirlenmiş ve konsantrasyonları 33 ile 911 µg/L arasında değişkenlik gösterdiğini ileri sürülmüştür. Bigadiç borat yatağı çevresindeki yeraltı sularına yönelik yapılan çalışmalarda, yatağın yeraltı suyu kalitesini önemli ölçüde etkileyerek kirlenmeye neden olduğu belirtilmiştir. İncelenen bölgelerdeki suların kimyasal bileşimi, Tülü Ocağında, HCO₃ ve Ca – SO₄, Acep ve Simav Ocağında Na – HCO₃ – SO₄ tipine

uygun olarak sınıflandırmışlardır. Yüksek sülfat konsantrasyonunun, anhidrit, jips ve sölestin gibi sülfatlı minerallerin çözünmesiyle ilişkili olduğu ileri sürülmüştür.

Koçak (2009) tarafından yapılan çalışmada, Bigadiç çevresinde bulunan Tülü, Simav ve Acep borat yatakları mineralojik ve jeokimyasal olarak incelenmiştir. Bu yatakların ana element içerikleri bakımından Tülü örnekleri Al, Mn, Ca, Si, Fe, S, Na ve P; Simav örnekleri Ca, P, Na, Mn, Si, Mg, S ve Al Acep örnekleri ise Al, Ca, Mn, Mg, Si, S ve Na elementlerini içerdiği ortaya konulmuştur. Üç ocaktaki iz elementlerden Li, Sr, As, Se ve Mo zenginleşmekte olup, bu elementler haricindeki diğer eser elementlerde büyük oranda azalmalar olduğu belirtilmiştir. Cevher zonlarında üleksit ve kolemanit mineralleri baskındır.

Koçak (2014) tarafından yapılan çalışmada Batı Anadolu borat yataklarının jeokimyasal olarak incelenmiştir. Kırka ve Bigadiç yataklarında major elementlerden Na ve Ca, Kestelek ve Emet yataklarında Ca elementinin andezit ve yer kabuğu ortalamalarına kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu belirlenmiştir. Bigadiç yatağında Sb, Se, Sr, As, Li ve Mo elementlerince zenginleştiği ileri sürülmüştür.

Helvacı ve Palmer (2017) tarafından yapılan çalışmada, evaporit kökenli boratlarının oluşumu ve dağılımı ile borun başlıca ekonomik potansiyeli incelenmiştir. Ayrıca, boratların oluşum süreçleri, jeolojik özellikleri ve Türkiye'deki borat yataklarının özellikleri gibi konular da açıklanmıştır. Genel olarak, boratların jeolojik ve ekonomik açıdan önemini, bu kaynakların araştırılması ve yönetimi bilgileri verilmektedir.

Selahattin Kadir ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada, Batı Anadolu'daki Bigadiç borat yataklarında bulunan, Li içeren kilitaşı ve karbonatlar, göl ortamında çökelmiş tortul kayalardır. Li açısından zengin kilitaşılarının (hektorit ve saponit) mineralojik, jeokimyasal ve kararlı izotop karakterizasyonu ile oluşum koşulları incelenmiştir. Kilitaşı esas olarak simektit ve az miktarda illit feldispat, mika, hornblend, kalsit, aragonit, dolomit ve jips/anhidrit de bulunmaktadır.

Simektitçe zengin kilitaşı ve marnlarda Li değerleri 2650 ppm'e kadar, volkanik kayaaçlarda ise 449 ppm'e kadar çıktığı ortaya koyulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması, arazi ve laboratuvar çalışmaları şeklinde iki aşamada yürütülmüştür. Arazi çalışmaları sırasında, öncelikle Ayana Ovası'nda yapılmış olan sondaj karotlarından farklı birimleri temsil edecek şekilde sistematik numune alınmıştır. Daha sonra bu örnekler üzerinde, mineralojik ve jeokimyasal çalışmalar yapılmıştır.

2. 1. Arazi Öncesi Çalışmalar

Literatür araştırmaları kapsamında, Ege Bölgesi'nin tamamı, Bigadiç Havzası ve çevresinde daha önce gerçekleştirilmiş olan jeolojik çalışmalar ile borat mineralleri başta olmak üzere neoformasyon mineralleri ile ilgili çalışmalar taranmıştır. Bölge özelinde gerçekleştirilen literatür çalışmaları incelenerek, Bigadiç havzasında mostra veren litostratigrafi birimlerin özellikleri belirlenmiştir.

2. 2. Arazi Çalışmaları

Tez çalışmasının yapılmış olduğu Ayana Ovası yeni keşfedilen bir bor sahası olup, Balıkesir'in güneydoğusunda, yaklaşık 37 km mesafede yer alan Bigadiç ilçesinin kuzey-kuzeydoğu yönünde yer almaktadır (Şekil 2.1). Numune alınacak sondajlar, Ayana Ovası'ndaki borat oluşumlarını temsil eden en derin sondajlardır. Örnek alımı, yanal (alansal) ve düşey yöndeki mineralojik-petrografik ve jeokimyasal değişimleri ortaya koyabilmek amacıyla sık ve sistematik olarak gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda, Eti Maden İşletmeleri Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü tarafından 2020 ve 2021 yılları arasında gerçekleştirmiş olan 4 farklı sondajdan (20BM – 613, 20BM – 619, 20BM – 632 ve 20BM – 644) toplam 363 adet karot örneği alınmıştır. Karot örneklerinin alındığı yer Şekil 2.2'de gösterilmektedir. Sondaj karot sandığı örneği Şekil 2.3'te gösterilmektedir. Örneklerin sayısının sondajlara göre dağılımı (Çizelge 2.1) ve sondajlardan alınan örneklerin üyelere göre dağılımı (Çizelge 2.2) verilmiştir.



Şekil 2.1. Ayana Ovasının genel görüntüsü



Şekil 2. 2. Karot sandıklarının genel görüntüsü



Şekil 2. 3. Örneklenen karot sandığının genel görüntüsü.

Çizelge 2. 1. Arazi çalışması kapsamında alınan örneklerin sondajlara göre dağılımı

SONDAJ NO	20BM – 613	20BM – 619	20BM – 632	20BM – 644
SONDAJ DERİNLİĞİ (m)	696.0 m	644.0 m	655.0 m	599.0 m
ÖRNEK SAYISI	95	80	98	90

Çizelge 2. 2. Arazi çalışması kapsamında alınan örneklerin üyelere göre dağılımı.

ÜYE ADI	DEĞİRMENLİ TUF ÜYESİ	UZUN TEPE ÜYESİ	EMİRLER TUF ÜYESİ	İSKELE ÜYESİ
ÖRNEK SAYISI	9	294	31	29

2. 3. Laboratuvar Çalışmaları

Sondajlardan farklı derinlikleri ve birimleri temsil edecek şekilde sistematik olarak alınan karot örnekleri, laboratuvar ortamında detaylı mineralojik, petrografik ve jeokimyasal analizlere tabi tutulmuştur.

Arazi çalışmaları sırasında, 4 farklı sondajdan alınan 363 adet karot örneği değerlendirilmiştir. Bu örnekler üzerinde neoformasyon minerallerini belirlemek amacıyla, ilk aşamada, örneklerin tamamına X – Işını Kırınım (XRD) analizi uygulanarak XRD-tüm kayaç (XRD – TK); seçilen örneklerin kil fraksiyonları ise XRD-kil fraksiyonu (XRD – KF) analizi ile incelenerek kil mineralleri türü belirlenmiştir. Minerallerin dokusal özellikleri ve kimyasal bileşimleri daha detaylı incelenmesi amacıyla, seçilen örnekler üzerinde, optik mikroskop (polarizan mikroskop) ile Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve bütünleşik X – Işını Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) teknikleri kullanılmıştır. Birimlerin jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla seçilen örnekler üzerinde majör ve iz element konsantrasyonları ile bor izotop oranları da belirlenmiştir.

Alınan 363 örnek üzerinde XRD – TK analizi gerçekleştirilmiş ve minerallerin türleri ile bollukları ortaya konulmuştur. Bu örnekler arasından seçilen ve kil içeren 128 örnek üzerinde ise XRD – KF yapılmış ve kil minerallerinin türü ve bollukları tayin edilmiştir.

Optik mikroskop çalışmaları aşamasında, 55 adet kayaç örneği değerlendirilmiş ve kayaçlar ile minerallerin dokusal özellikleri ortaya konulmuştur. Tüf örnekleri üzerinde gerçekleştirilen optik mikroskop incelemeleri, bu kayaçların volkanik camı – pomza, kristal – kristal parçası ve kayaç parçası oranları belirlenerek Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılmıştır.

SEM – EDS çalışmaları, neoformasyon minerallerinin dokusal özellikleri ve kimyasal bileşimlerini belirlemek amacıyla 8 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Jeokimyasal analizler majör ve iz element analizleri olarak, farklı üyeleri ve birimleri temsil eden 30 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Borat minerallerinden seçilen 5 adet örnek üzerinde bor izotop analizi gerçekleştirilmiştir.

2.3.1. Örnek Hazırlama

Laboratuvar çalışmaları aşamasında, sondaj karotlarından alınan kayaç ve cevher örnekleri kırma – öğütme laboratuvarında ön hazırlama işlemine tabi tutulmuştur. Örnekler önce 1–2 cm'lik parçalar halinde kırıldıktan sonra mineralojik ve kimyasal analizleri yapabilmek amacıyla yeterli miktarda örnek alınarak, arta kalan örnekler “şahit örnek” olarak daha sonra yapılabilecek muhtemel çalışmalar için saklanılmıştır. Ayrılan örnekler halkalı değirmende öğütülmüş ve toz haline getirilmiştir.

2.3.2. Mineralojik – Petrografik İncelemeler

Mineralojik – Petrografik incelemeler kapsamında XRD analizleri (XRD – TK ve XRD – KF), Optik Mikroskop ve SEM – EDS çalışmaları yapılmıştır.

2.3.2.1. X – Işını kırınım (XRD) Analizi

X – Işını Kırınımı (XRD) analizi, kristal yapıya sahip katı fazların ve her bir kristal fazın özgün atomik yapılanmaları nedeniyle, özellikle mineral örneklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan ana bir analitik tekniktir. Bragg yasasına göre, bu yöntem, numuneye yönlendirilen X – ışınlarının kristal örgüdeki atom düzlemleri tarafından kırınımı ilkesine dayanmaktadır (Bragg and Bragg, 1913). Elde edilen kırınım deseni, her bir mineral türü için özgün olup, bu desenin mevcut veri tabanlarıyla karşılaştırılmasıyla numunedeki mineral türlerinin tayini doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

XRD yöntemi, örneklerin büyük bir kısmının submikroskopik olması nedeniyle sıkça kullanılmıştır. XRD – TK analizi ile 363 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiş ve mineralojik bileşimleri tespit edilmiştir. Ayrıca, XRD – TK analiz sonucuna göre

kil içeren örneklerden seçilen 128 adet örneğin XRD – KF analizi yapılmış ve kil minerallerinin türü ve bollukları tayin edilmiştir.

XRD analizleri, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yer alan Rigaku D/Max 2200/PC+ model X – ışınları difraktrometresinde gerçekleştirilmiştir. XRD – TK çekimleri 2θ açısı $2^\circ - 60^\circ$ olacak şekilde ve XRD – KF çekimleri ise 2θ açısı $2^\circ - 30^\circ$ olacak şekilde çekilmiştir. Bu yöntemle, tüm kayaç içerisindeki mineraller ile kil fraksiyonu oluşturan mineraller tespit edilmiş ve yarı kantitatif olarak yüzdeleri hesaplanmıştır.

XRD analizlerinin çözümlenmelerinde kullanılan difraktogramlar, aşağıda belirtilen cihaz parametreleri altında kaydedilmiştir.

Anot: Cu (Cu K α , λ : 1,54056 Å)

Gerilim: 40 kV

Akım: 30 mA

Gonyometre hızı : 2° /dakika

2.3.2.1.1. Tüm Kayaç Analizi

XRD – TK analizi ile 363 adet örnek için tüm kayaç çözümlenmeleri yapılmış ve mineralojik bileşimleri tespit edilmiştir.

Tüm kayaç minerallerinin çözümlenmesi, A.S.T.M. (1972) kartotekslerinden ve Uluslararası Difraksiyon Veri Merkezinin (ICDD) (2004) yılı toz difraksiyon veri tabanından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Minerallerin yarı-kantitatif yüzde oranları, Gündoğdu (1982) tarafından geliştirilen yöntemin ortaya koyduğu yanıt oranları temel alınarak hesaplanmıştır. Bu yöntemde, saptanan minerallerin bollukları, minerallerin karakteristik piklerinin (en şiddetli pik değerleri) yükseklikleri temel alınarak belirlenmiştir. Bu kapsamda; kil, mika, opal – CT, feldispat, kuvars, analsim, klinoptilolit, aragonit, kalsit, dolomit ve jips minerallerinin en şiddetli pik değerleri ve dolomitin (104) yansımalarına göre

hesaplanmıştır. X – ışını difraktogramların da saptanan bazı minerallerin tanımlanmasında kullanılan karakteristik pik değerleri Çizelge 2.3 'te yer almaktadır.

Çizelge 2. 3. X – ışını difraktogramların da saptanan bazı minerallerin tanımlanmasında kullanılan karakteristik pik değerleri.

Mineral	Kullanılan Yansıma (100'lük pik)
Dolomit	2.89 A°
Kalsit	3.04 A°
Aragonit	3.4 A°
Klinoptilolit	3.96 A°
Analsim	3.42 A°
Kuvars	3.34 A°
Feldispat	3.18 – 3.20 A°
Opal – CT	4.04 A°
Biyotit	10.1 A°
Kil Mineralleri	2 θ (19 – 20°)
Jips	7.56 A°
Pirit	2.71 A°

2.3.2.1.2. Kil Fraksiyonu Analizi

Kil bileşeni analizi için, XRD – TK analizleri sonucunda kil minerali saptanan örnekler içerisinde, litolojik değişimler göz önünde bulundurularak 128 adet örnek seçilmiştir.

Seçilen bu örneklerde kil fraksiyonunun analizi için, Gündoğdu (1982) ile Gündoğdu ve Yılmaz (1984) tarafından geliştirilmiş olan kil ayırma metodu, kayacı oluşturan diğer minerallerden kil bileşenini ayırtmak amacıyla kullanılmıştır. Kil ayırma metodu uygulanmış olup bu yöntem, genel olarak kimyasal çözme, yıkama – santrifüjleme ve sifonlama (kil fraksiyonunun elde edilmesi) aşamalarından oluşmaktadır. Öncelikle kayaç örnekleri, bünyesindeki

mineralleri serbestleştirmek amacıyla kontrollü bir şekilde öğütülmüştür. Öğütme süresi, süspansiyonda kalma eğilimi yüksek minerallerin (örneğin kuvars, feldispat) tane boylarının küçülmesini önlemek amacıyla 10 – 15 saniye ile sınırlandırılmıştır. Kimyasal çözme aşamasında, kayalarda yaygın olarak bulunan ve kil minerallerinin süspansiyona geçmesini engelleyen karbonat ve sülfat gibi mineral fazlarının çözülerek uzaklaştırılması amacıyla yapılmaktadır. Numunelerdeki karbonat minerallerinin çözünürlüğünü sağlamak amacıyla, hacimce %10'luk hidroklorik asit (HCl) çözeltisi kullanılmıştır. Çözme işlemi, mekanik olarak örnek numune karıştırılırken %10'luk HCl çözeltisinin azar azar ilave edilmesi ve karbondioksit (CO₂) çıkışı sona erene kadar devam ettirilmesi şeklinde yürütülmüştür. Gündoğdu ve Yılmaz (1984) tarafından yapılan çalışmada, Sülfat minerallerinin (jips ve anhidrit) çözünmesi gerektiği durumlarda ise, sodyum klorür (NaCl) çözeltisi (100gr/1lt) kullanılması gerekli olduğu ifade edilmiştir. Bu durumun, NaCl çözeltisinin aynı zamanda simektit minerallerinin Na – simektit mineraline dönüşmesine de neden olabildiği de söylenmiştir. Bu sebeple tez çalışması kapsamında, sülfat minerallerinin çözünmesi işlemi yapılmamıştır. Yıkama aşamasında, örnekler yıkama – santrifüjleme aşamalarından geçirilerek kararlı bir süspansiyon elde edilmiştir. Sifonlama aşamasında, kararlı süspansiyondan kil fraksiyonu (<2µm) ayrılmıştır. Kararlı süspansiyon, sadece kil boyutundaki (<2µm) partiküllerin kalması için 3 saat 40 dakika kararlı süspansiyon bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda, süspansiyonun üst 4 cm'lik kısmı sifonlama düzeneği ile alınarak elde edilen bu çözelti, santrifüjlenerek kil çökeleği elde edilmiştir.

Elde edilen kil fraksiyonlarının mineralojik analizleri için XRD yöntemi kullanılmıştır. XRD – KF yönteminde, difraktogramların elde edilmesi sırasında kullanılan aletsel parametreler, XRD – TK analizlerinde uygulanan koşulları ile aynıdır. Her bir örnekten iki farklı hazırlama gerçekleştirilmiştir. İlk hazırlamanın, normal (N) difraktogram kaydı $2\theta=2^{\circ} - 30^{\circ}$ aralığında alınır. Aynı hazırlama, etilen glikolde minimum 12 saat bekletildikten sonra, XRD cihazında etilen glikol (E.G.) difraktogramı $2\theta=2^{\circ} - 18^{\circ}$ aralığında elde edilir. İkinci hazırlama ise, 490°C 'de 4 saat fırınlandıktan sonra fırınlanmış (F) difraktogramı yine $2\theta=2^{\circ} - 18^{\circ}$ aralığında

kaydedilir. E.G. çekim simektit türlerini belirlemek amacıyla, F çekim ise kaolinit ve klorit minerallerini birbirinden ayırmak için yapılmaktadır.

Kil fraksiyonlarına ait XRD – KF grafiklerinde N, E.G. ve F örneklerin mineralojik bileşimleri kil minerallerinin karakteristik pikleri detaylı bir şekilde incelenerek yorumlanmıştır. Kil minerallerinin saptanması ve yarı kantitatif olarak yüzde oranlarının belirlenmesi, difraktogramlardaki (001) yansımasına dayanılarak gerçekleştirilmiştir.

Gündoğdu ve Yılmaz (1984) tarafından sunulan grafik ve bu çalışmaya ait değerlendirmeler incelendiğinde, karakteristik piklerin mineral türlerine göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Kaolinit, normal ve etilen glikollü çekimlerde 7 A° değerinde bir pik sergilerken, fırınlama işlemi sonrasında pik yapısında belirgin bir yıkılma gözlemlenmiştir. İllit minerali, tüm analiz koşullarında yaklaşık 10 A° da karakteristik pik vermiştir. Klorit minerali, normal, etilen glikollü ve fırınlanmış örneklerde 14 A° değerinde pik vermektedir. Simektit minerali ise, normal çekimde 15 A°, etilen glikollüde 17 A° da pik gösterirken, fırınlama sonrası 10 A° değerinde pik gözlenmektedir. Serpantin minerali normal, etilen glikollü ve fırınlanmış çekimlerde 7 A° karakteristik pik göstermiştir.

2.3.2.2. Optik Mikroskop İncelemeleri

Optik mikroskop incelemeleri, örneklerin mineralojik – petrografik özelliklerinin ortaya konulması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Optik mikroskop kullanılarak yapılan incekesit incelemeleri sonucunda, kayaç oluşturan minerallerin özellikleri ve kayaç dokuları belirlenmiştir.

Optik mikroskop çalışmaları aşamasında, 55 adet kayaç örneğinden incekesit hazırlanmıştır. İnce kesitler, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İncekesit Laboratuvarında yapılmıştır. İncekesit incelemeleri, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü petrografi laboratuvarında bulunan Leica DM/LP marka/model polarizan mikroskop ile gerçekleştirilmiştir. Mikroskop, 10x büyütme okülerlere ek olarak 2,5x, 10x, 20x ve 63x büyütme seçenekleri

sunan objektif donanımına sahiptir. Görüntüleme aşamasında, Leica DFC – 280 marka/model mikroskop kamerası kullanılarak, elde edilen petrografik verilerin dijital ortama aktarılması ile yüksek çözünürlüklü fotoğraflar elde edilmiştir.

Tüf örneklerinin mineralojik bileşim oranları belirlenmiştir. Kristal, volkanik cam – pomza ve kayaç parçacısı oranları yüzde cinsinden kantitatif olarak belirlenmiş ve Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılmıştır.

2.3.2.3. Taramalı Elektron Mikroskobu – Enerji Dağılımlı X – Işını Spektrometresi (SEM – EDS) Analizleri

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), numunelerin mineral morfolojisini yüksek çözünürlükte görüntülemek için kullanılan bir tekniktir. X – Işını Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) ise SEM cihazına entegre edilmiş bir analiz yöntemidir. Numuneye gönderilen elektron demeti ile etkileşen atomlardan yayılan karakteristik X – ışınlarını tespit ederek elementel analiz yapılmasını sağlamaktadır. SEM görüntülemesi, minerallerin morfolojik karakterizasyonunda yüksek çözünürlüklü detaylar sunarken, EDS analizi ise nokta bazlı elementel bileşimi hakkında bilgi sağlamaktadır. Çalışma kapsamında topografik olarak mineralleri tanımlamak açısından SE Görüntüsü (Secondary Electrons – İkincil Elektronlar) ve minerallerin kimyasını için BSE Görüntüsü (Backscattered Electrons – Geri Saçılan Elektronlar) çekimleri yapılmıştır.

SEM – EDS çalışmaları, 8 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler önce karbon (C) ile kaplanmıştır. SEM – EDS analizleri MTA Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarında bulunan FEI INSPECT F50 SEM cihazı ve bu cihaza bağlı AMETEK EDAX OCTANE PLUS SEM EDS detektör kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.3.3. Jeokimyasal Analizler

Jeokimya çalışmaları, örneklerin kimyasal bileşimini, element dağılımlarını ve izotopik bileşimlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, farklı

jeokimyasal analiz yöntemleri kullanılarak, örneklerin major, iz ve nadir toprak element (REE) içerikleri ve bor izotop oranları tespit edilmiştir.

2.3.3.1. Major ve İz Element Analizi

Mineralojik analizler sonucunda seçilen 30 örnek üzerinde major element, iz element ve REE analizleri yapılmıştır. Analizler ALS Scandinavia AB (İsveç ve İrlanda) Laboratuvarı'nda ICP-MS, ICP-AES ve LECO cihazlarıyla gerçekleştirilmiştir. Örneklerin ICP-MS ve ICP-AES yöntemiyle major oksit, iz element ve REE analizleri; LECO cihazında C ve S analizleri yapılmıştır. Mineralojik olarak saf simektit mineralinden oluşan üç adet kil fraksiyonu numunesinin major element, iz element ve REE analizleri yapılmış ve bu minerallerin yapısal formülleri hesaplanmıştır. Simektit mineralinin yapısal formülü, kil fraksiyonlarının (<2 µm) major element bileşimlerinden itibaren saptanmıştır.

Tüm kayaç major element analizleri de ALS Scandinavia AB tarafından, toz kayaç örneklerinin önce lityum metaborat ile eritilip, daha sonra asitte çözüldükten sonra ICP-AES ile analiz edilmiştir.

Tüm kayaç iz element analizleri de ALS Scandinavia AB'de gerçekleştirilmiştir. Bu prosedürde, 0.2 gram numune 0.9 gram lityum metaborat flaks ile 1000 °C'lik bir fırında eritilmiş. Ergimiş numune daha sonra 100 mL %4 HNO₃ ve %2 HCl çözeltisinde çözülmüş ve ICP-MS ile analiz edilmiştir.

2.3.3.2. Bor İzotop Analizleri

Bor izotop analizleri, volkanosedimanter basenlerdeki jeokimyasal süreçleri ve mineral oluşum şartlarını anlamak için temel bir yöntemdir. Borat minerallerinin oluşumu sırasındaki Bor izotop fraksiyonlanması, bu basenlerde önemli jeokimyasal bilgiler taşımaktadır. Bor İzotopları (¹⁰B, ¹¹B) ve bor izotop oranları (δ¹¹B), boratların kaynağını, oluşum sıcaklığını ve pH'ını belirlemede kilit rol

oyunmaktadır. Bu nedenle bor izotopları, borat yataklarının jeokimyasal kökenini araştırmada yaygın olarak kullanılmaktadır.

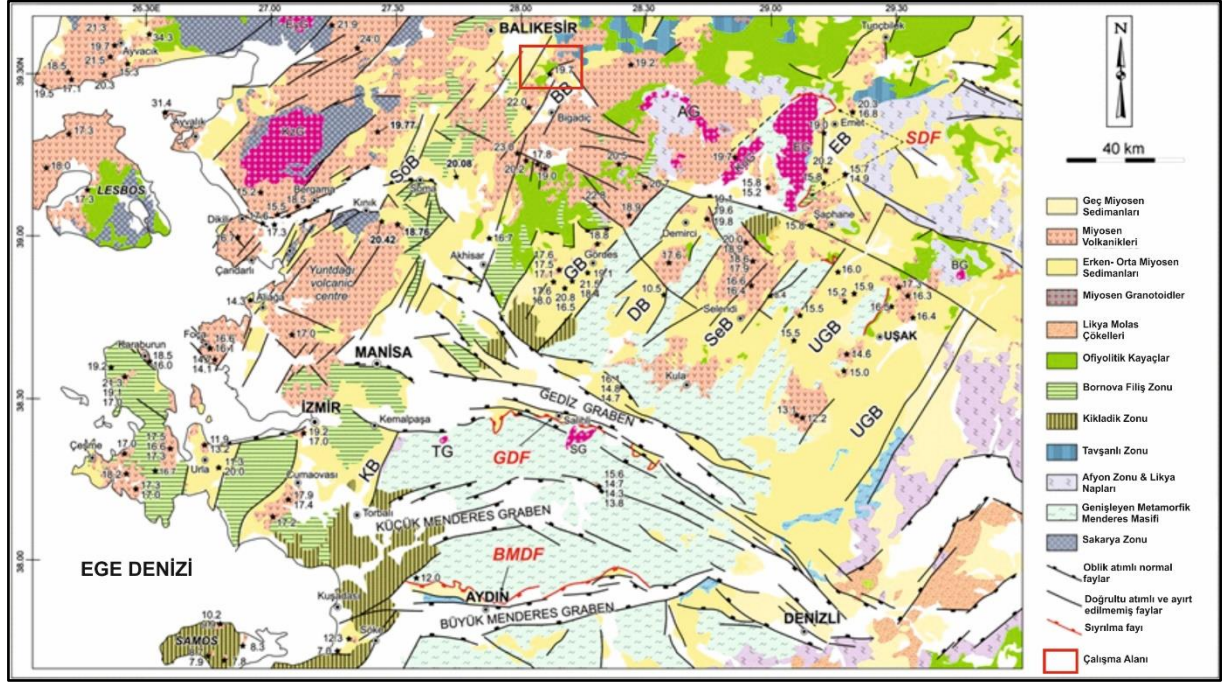
Bor izotop analizleri kapsamında, borat minerallerinin oluşum ortamını belirlemek amacıyla 5 örnek üzerinde 4 farklı borat minerali (kolemanit, üleksit, probertit ve havlit) için gerçekleştirilmiştir. Bor izotopları analizleri kapsamında ALS Scandinavia AB (İsveç) Laboratuvarı'nda MC – ICP – MS (NEPTUNE PLUS, ThermoScientific) ile i standartlaştırma ve parantez izotop SRM'leri ile dış kalibrasyon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bor delta değerleri NIST SRM 951 standartına göre hesaplanmıştır. SD iki bağımsız ardışık ölçümden hesaplanmıştır.

3. BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışma sahası, Şengör (1980) tarafından tanımlanan Neotektonik bölgeler arasında yer alan biri olan Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB) içerisinde yer almaktadır. Şengör (1980) çalışmasında, Türkiye'deki neotektonik devre, Anadolu ve Arap levhalarının Bitlis kenet kuşağı boyunca çarpışması sonucu başlamıştır. Anadolu Levhası, Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve Kuzey Anadolu Fayı (KAF) boyunca doğudan batıya doğru hareket etmektedir. Anadolu Levhası'nın batıya hareketi, batıda Saros Körfezi'nin ötesinde KAF'ın Yunan Makaslama Zonu'na dönüşmesiyle önemli ölçüde sınırlanmıştır. Bu durum, Batı Anadolu ve Ege çevresinde Doğu – Batı (D – B) yönlü bir gerilme rejiminin oluşmasına zemin hazırlamıştır (Şekil 3.1). D – B yönlü bu gerilme kuvvetlerinin etkisiyle, kuzey – güney (K – G) yönlü genişleme meydana gelmiş ve bu genişleme, bölgede çok sayıda grabenin gelişimini tetikleyerek, günümüzde Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB) olarak adlandırdığımız tektonik yapıyı ortaya çıkarmıştır.

BAGB' deki bu genişlemenin nedenleri, Çiftçi ve Bozkurt (2009) tarafından beş ana başlık altında detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu nedenler şu şekilde özetlenebilir: (i) Anadolu Levhasının batıya doğru kaçışı (Şengör,1980); (ii) yay – ardı yayılımı; (iii) Neotetis okyanusunun kapanması sürecinde kalınlaşan kabuğun Geç Oligosen – Erken Miyosen dönemindeki orojenik çöküşü, (iv) iki evreli graben modelidir. İki evreli graben modelinin ilk evresi Erken – Orta Miyosen orojenik çöküşü ve ardından çekirdek – kompleks oluşumu (Menderes Masifinin yükselimi) ile ilişkilendirilerek, sıyrılma fayları kontrolünde Gediz ve Büyük Menderes gibi D – B uzanımlı sıyrılma fayı (supradetachment) oluşturduğu havzalar meydana gelmiştir. Modelin ikinci evresi ise, Anadolu Levhasının batıya kaçışıyla bağlantılı olarak Pliyo – Kuvaterner yaşlı normal faylanma ve graben oluşumunu kapsamaktadır. Bu iki genişleme evresi arasında, geç Serravaliyen – geç Erken Pliyosen zaman aralığında, kuzey – güney yönlü bir kabuksal kısalma evresi tespit edilmiştir. Son olarak, kuzeydoğu doğrultulu dalma – batma zonunda, Afrika Levhası ile altına daldığı Anadolu Levhası arasındaki farklı yaklaşma hızları da BAGB' deki genişlemenin önemli bir nedeni olarak değerlendirilmektedir. Doglioni ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışma,

Yunanistan bloğunun Anadolu'ya göre daha hızlı hareket etmesinin, BAGB' nin oluşum sürecinde etkili olduğu öne sürmektedir.



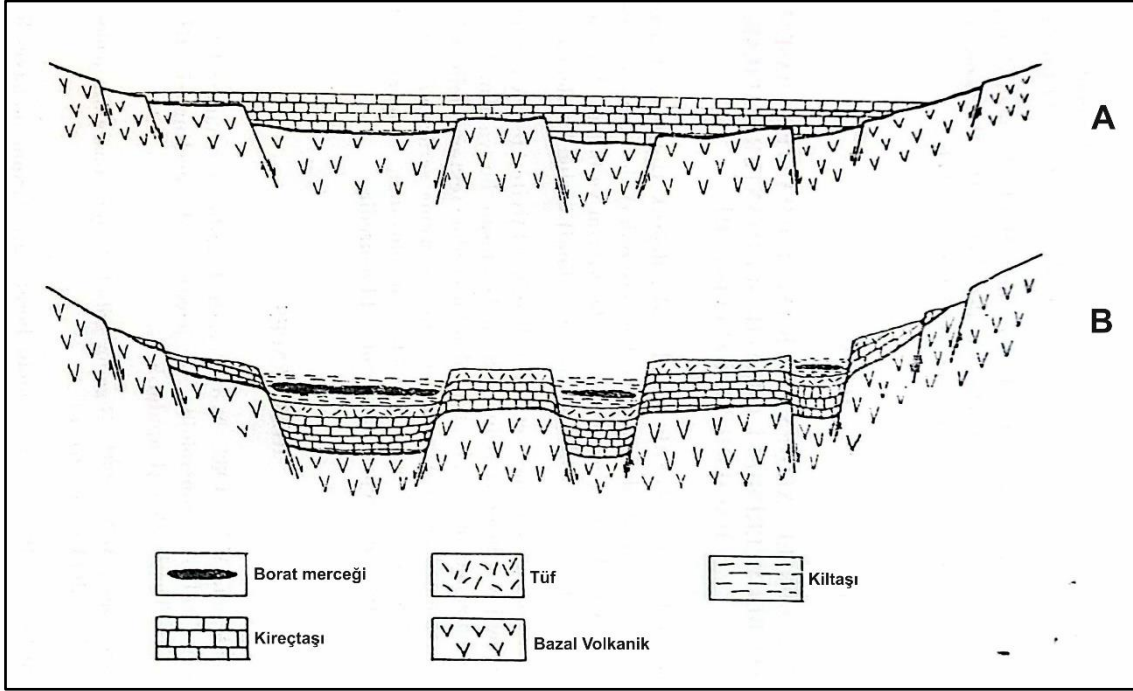
Şekil 3. 1. Batı Anadolu'nun Neojen havzalarının dağılımını, volkanik ara katmanların radyometrik yaşlarını gösteren jeolojik haritası ve başlıca yapılar (Ersoy ve ark., 2014'ten alınmıştır.) (BB: Bigadiç Havzası).

3.1. Bigadiç Havzası

Bigadiç Havzası alanında, slump yapıları ile sinsedimanter kıvrımlar ve fayların varlığı Batı Anadolu'da Neojen boyunca, Orta – Üst Miyosen'de gerilme tektoniğinin varlığı söylenmiştir (Temel ve Gündoğdu, 1988).

Temel ve Gündoğdu (1988) tarafından yapılan çalışmada, Bigadiç havzasının hem merkezi hem de kenar kesimlerinde gözlemlenen bu deformasyon yapıları, söz konusu tektonik etkinliğin, havzadaki yüksek buharlaşma/beslenme oranıyla birleşerek kalın ve yaygın borat merceklerinin oluşumu için elverişli koşullar yarattığı ileri sürülmüştür. Başka bir deyişle, gerilme tektoniği, Bigadiç havzasında nispeten küçük graben yapılarının oluşmasına neden olarak, buharlaşma yardımıyla borat merceklerinin oluşumuna yol açmıştır. Şekil 3.2'de Borat çökelimden önce ve Borat çökeliminde sonrası olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Borat çökeliminden önce, havzanın katmanları ve yapısı şematik

olarak gösterimi yer almaktadır. Borat çökeliminden sonra ise borat merceklerinin oluşmasından sonraki hipotetik durumu göstermektedir. Borat katmanlarının diğer tortul kayaçlar içerisindeki konumları ve şekilleri vurgulanmaktadır.



Şekil 3. 2. Bigadiç havzasında borat merceklerinin oluşumunu gösteren hipotetik kesitler. A – Borat çökeliminden önce, B – Borat çökeliminden sonra (Temel ve Gündoğdu, 1988' den alınmıştır.).

4. STRATİGRAFİ

Batı Anadolu'da Balıkesir ilinde yer alan Bigadiç Borat havzasının jeolojisi, mineralojisi ve jeokimyası konusunda birçok çalışma yapılmış olup, bu çalışmalar Özpeker (1969), Gündoğdu (1982, 1984), Yılmaz ve ark., (1982), Baysal ve ark. (1985), Baysal ve ark. (1986a), Baysal ve ark. (1986b), Temel (1987), Temel ve Gündoğdu (1988) ile Helvacı ve Alaca (1991) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Özpeker, (1969) tarafından Bigadiç basenini de kapsayan çalışmada bölgenin 1:50.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Araştırmacı, alttan üste doğru 9 adet litostratigrafik birim tanımlamıştır. Bu birimler alttan üste doğru; Paleozoyik mermerler, Taban kalkerleri, kristal tüfler, kaba taneli camsı tüfler, ince taneli camsı tüfler, boratlı kil – marn – tuf – kalker – gre serisi, volkanitler ve damar taşları ve alüvyon olarak belirtilmiştir.

Baysal ve ark., (1985) tarafından yapılan çalışmada, Bigadiç havzasında 10 litostratigrafik birim tanımlanmıştır. Bunlar alttan üste doğru; Temel kayaçları, Taban Volkaniti, Taban Volkanoklastiti, Taban Kireçtaşı, Alt Tuf, Alt Boratlı Birim, Üst Tuf, Üst Boratlı Birim, Pliyokuvaterner Çökel, Kuvaterner Bazalt olarak tanımlanmıştır. Baysal ve ark., (1986a) çalışmasında, Baysal ve ark., (1985) tarafından tanımlanan Taban Volkanoklastiti, Taban Volkanitlerine dahil edilerek değerlendirilmiştir.

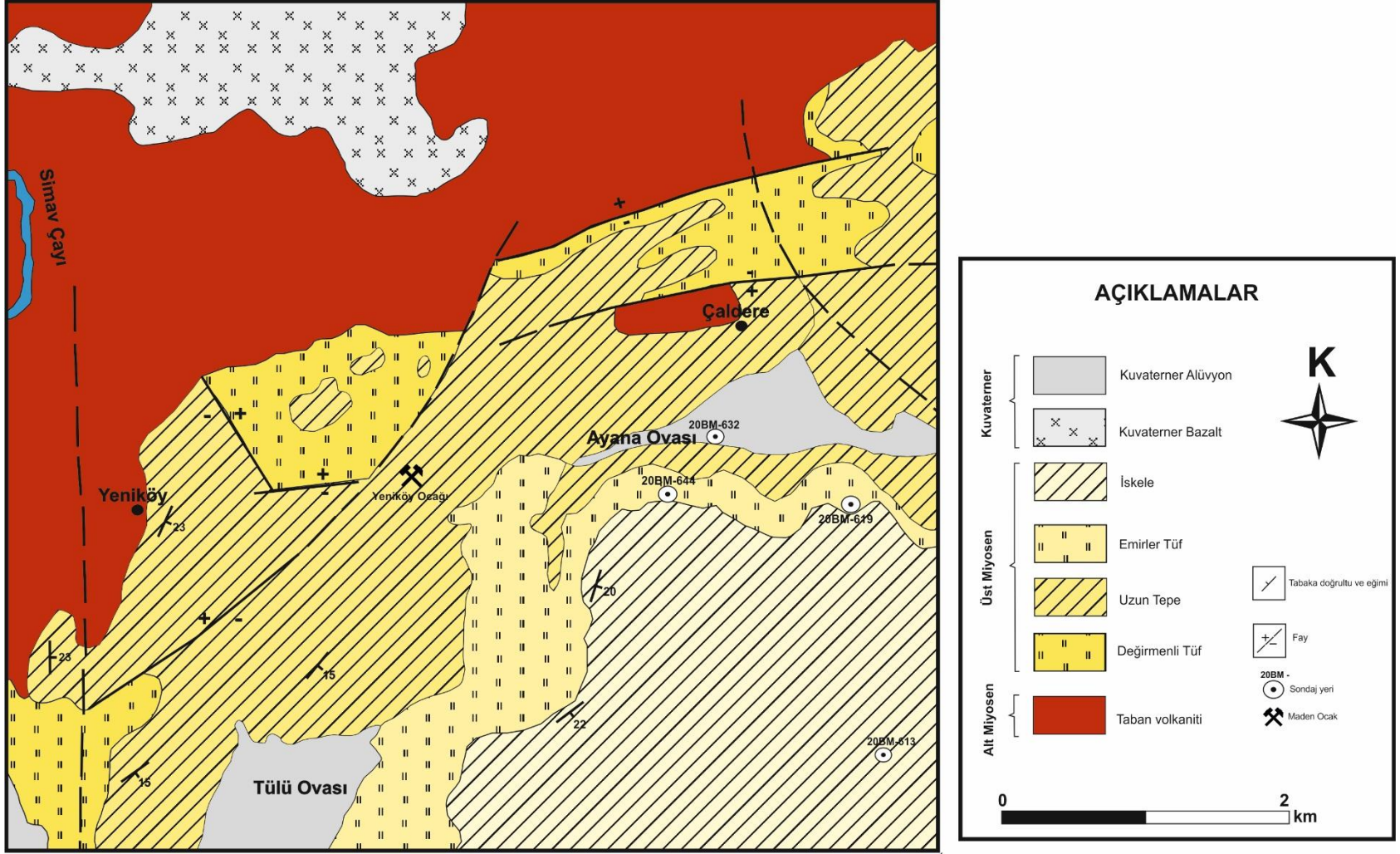
Gündoğdu (1982) ve Gündoğdu (1984) tarafından çalışma alanında dört temel birim ayırt edilmiştir. Bunlar, en altta Temel kayaçları (meta – kireçtaşı ve meta – kumtaşı), üzerinde Taban volkanitleri, onu takip eden Bigadiç formasyonu ve en üstte ise Kuvaterner oluşukları (alüvyon) şeklinde sıralanmaktadır. Çalışmanın asıl konusunu oluşturan, Orta Miyosen – Alt Pliyosen yaş aralığına sahip gölsel volkanosedimanter dizilimi temsil eden Bigadiç formasyonu, kendi içerisinde beş ayrı üyeye ayrılmıştır. Bu üyeler stratigrafik olarak alttan üste doğru Avşarbaşı, Değirmenli tuf, Uzun Tepe, Emirler tuf ve İskele olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmalarda, Bigadiç formasyonunun mineralojik ve jeokimyasal özellikleri

detaylı bir şekilde incelemiştir. Avşarbaşı üyesi, kalsitli dolomikrit ve ince tabakalı silttaşı/şeyl meydana gelmektedir. Değirmenli tuf üyesi ise yanal geçişli gölsel ve karasal fasiyesteki tüflerden oluşmaktadır. Borat oluşumlarının yer aldığı Uzun Tepe üyesi, kireçtaşı, kiltası, marn ve tuf içerirken, Emirler tuf üyesi zeolitli tüflerden oluşmaktadır. En genç birim olan, İskele üyesi ise kireçtaşı, dolomit, kiltası, marn, tuf ve borat mercekleri ile karakterize edilmektedir. Uzun Tepe ve İskele Üyeleri borat oluşumları içermektedir. Değirmenli Tuf ve Emirler Tuf Üyeleri'nde yaygın zeolit oluşumları gözlemlenmektedir.

Özpeker (1963), Gündoğdu (1982) ve Baysal ve ark. (1986b) tanımladığı litostratigrafik birimlerin karşılaştırılması da Şekil 4.1'te verilmiştir. Yapılan bu araştırmalar arasından, Gündoğdu (1982) ve Gündoğdu (1984) tarafından oluşturulan litostratigrafik sınıflandırma, bu tez çalışmasında temel alınmıştır. İnceleme alanının jeoloji haritası Baysal ve ark. (1986b) çalışması tarafından değiştirilerek alınmıştır. İnceleme alanının jeoloji haritası (Şekil 4.2) ve genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Şekil 4.3) verilmiştir.

EON	ÜST SİSTEM		SİSTEM	Özpeker (1969)	SİSTEM	SERİ	KAT	Gündoğdu (1982)	SİSTEM	SERİ	Baysal ve ark. (1986)		
	PALEOZOYİK	SENOZOYİK											
FANEROZOYİK	SENOZOYİK	KUVATERNER		Alüvyon	KUVATERNER			Kuvaterner Oluşuk	KUVATERNER		Kuvaterner Oluşuk		
		?		Volkanitler ve damar taşları		PLİYOSEN	PANSİYEN	İskele Üyesi			Kuvaterner Bazalt		
		NEOJEN		Boratl kıl, marn, tuf, kalker, gre serisi	NEOJEN	MIYOSEN	ÜST	PANNONİYEN	Emirler Tuf Üyesi	NEOJEN	MIYOSEN	ÜST	Pliyokuvaterner Çökel
				İnce taneli camsı tuf					Uzun Tepe Üyesi				Üst Borat
				Kaba taneli camsı tuf					Değirmenli Tuf Üyesi				Üst Tuf
				Gre kalker marn serisi		ORTA - ÜST			Alt Borat			Alt Tuf	
				Riyolitik kristal tuf		ORTA			Avşarbaşı Üyesi			Orta	Taban Kireçtaşı
				Taban Kalkerleri		ALT		?	Taban Volkanitleri			ALT	Taban Volkaniti
				Mermer		MIYOSEN ÖNCESİ			Temel Kayaçları			MIYOSEN ÖNCESİ	Temel Kayaçlar

Şekil 4. 1. Bigadiç Bölgesi çalışma sahasındaki litostratigrafik birimlerin önceki çalışmalardaki adlandırılmaları, yaşları ve dokanak ilişkilerinin korelasyonu (Özpeker (1969), Gündoğdu (1982) ve Baysal ve ark. (1986b) çalışmalarından derlenerek alınmıştır.)



Şekil 4. 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Baysal ve ark., 1986b'den tarafından değiştirilerek alınmıştır.)

4.1. Litostratigrafi Birimler

Çalışma sahasının ve yakın çevresinin bölgesel jeolojik konumu, Pontid Tektonik Birliği 'nde yer almaktadır (Ketin, 1966). Bu bölgede, temel kayaçları olarak Mezozoyik dönemine ait ofiyolitik karmaşık (Mof) birimler ile Neojen yaşlı volkanik ve gölsel sedimanter kayaçlar yüzeylemektedir. Sedimanter istifin taban kesimini, Mof kayaçları ve Alt Miyosen yaşlı volkanitler teşkil etmektedir. Bu temel birimler üzerine, uyumsuzluk ile Orta Miyosen – Alt Pliyosen yaş aralığında çökelmiş gölsel Bigadiç volkanosedimanter formasyonu yer almaktadır. Stratigrafik istifin en üst seviyesinde ise Kuvaterner oluşukları bulunmaktadır. Genel hatlarıyla tanımlanan bu kayaç toplulukları Gündoğdu (1982) ve Gündoğdu (1984) tarafından yapılan çalışma da 4 litostratigrafik birime ayrılmıştır. Bunlar Temel Kayaçları, Taban Volkanitleri, Bigadiç Formasyonu ve Kuvaterner Oluşuklarıdır. Volkanosedimanter karakterli bir dizilim sunan Bigadiç Formasyonu, litostratigrafik sınıflandırmada beş üyeye ayrılmaktadır. Bunlar; yaşlıdan gence doğru Avşarbaşı Üyesi, Değirmenli Tüf Üyesi, Uzun Tepe Üyesi, Emirler Tüf Üyesi ve İskele Üyesi olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.3).

4.1.1. Temel Kayaçları

İnceleme alanının kuzeybatı bölümünde yüzeyleyen Temel Kayaçları, litolojik olarak meta – kumtaşları ve meta – kireçtaşları olmak üzere iki ana kayaç türü ile karakterize edilmektedir. Meta – Kumtaşları, yeşilimsi, gri ve koyu – gri renkte olup ince taneli bir dokuya sahiptir (Şekil 4.3). Kireçtaşları ise alacalı bir görüntü sergilemektedir (Gündoğdu,1984).

Çalışma sahasında yayılımları sınırlı olan kumtaşı litolojisi en belirgin şekilde Yeniköy yerleşiminin güney kesiminde yüzeylemektedir. Kristalize kireçtaşı ise Değirmenli yerleşiminin kuzeyinde ve Yeniköy çevresinde gözlemlenmektedir (Temel,1987).

Temel Kayaçları' nın yaşına dair yapılan önceki çalışmalarda, Kalafatçıoğlu (1964) Üst Kretase yaşlı olduğu; Özpeker (1969) ise Paleozoyik yaşlı olduğu ileri sürülmüştür. Stratigrafik konumlarına göre, bu birimleri üzerleyen volkanitlerin Alt

Miyosen yaşı olduğu dikkate alındığında, "Miyosen Öncesi" yaşa sahip olduğu ifade edilmiştir (Şekil 4.1).

4.1.2. Taban Volkanitleri

Bigadiç Formasyonu'nun tabanında uyumsuz olarak yer alan ve Temel Kayaçları üzerine de uyumsuz olarak gelen volkanik birimler, litolojik olarak bazalt ve andezit türü kayaçlar ile karakterize edilmektedir. Çalışma sahasında geniş bir coğrafi dağılım sunan bu birim, bölgedeki volkanik aktivitenin başlangıç evresine ait ürünleri temsil etmektedir (Gündoğdu,1984).

Bazaltik kayaçların mostraları, Simav Çayı'nın doğusunda konumlanan Kocakır Tepe ve Sarıyer Tepe civarında gözlenmektedir. Makroskobik incelemede siyah renkli olup, çok ince tanelidir. Mikroskobik incelemede ise, hipokristalin dokuya sahip olup, plajiyoklaz ve ojit fenokristallerinden oluşmaktadır. Bazaltların hamuru plajiyoklaz mikrolitleri ile volkanik camdan oluşmaktadır (Gündoğdu,1984).

Andezitik kayaçların gözlendiği lokasyonlar ise, inceleme alanının kuzeydoğusunda Alabarda Köyü ve Yerençimen Sırtı, kuzeybatısında ise Yeniköy, Dedecik Sırtı ve Bağlarkıranı Tepe çevresinde yoğunlaşmaktadır. Bu andezitlerin taze yüzeyleri koyu gri – siyah renk tonlarına sahipken, bozunma süreçlerine maruz kalmış yüzeylerinde kırmızı, pembe ve sarı renk değişimleri gözlenmektedir. Andezitlerin içerisinde, plajiyoklaz, hornblend ve biyotit fenokristalleri bulunmakta ve hamuru tamamen volkanik camdan oluşmaktadır (Gündoğdu,1984). Gündoğdu (1984) tarafından andezit örnekleri üzerinde gerçekleştirilen K – Ar radyometrik yaş tayinine göre, bu volkanitlerin Alt Miyosen yaşı olduğu belirtilmiştir.

4.1.3. Bigadiç Formasyonu

Volkanosedimanter bir istifi temsil eden Bigadiç formasyonu, görsel ortamda gerçekleşen çökme süreçleri ile volkanik ürünleri bünyesinde barındırmakta,

borat seviyelerini de içeren karbonatlı – killi kayaçlar ile tüflerin araldanmasından meydana gelmektedir. Stratigrafik olarak Bigadiç Formasyonu, Avşarbaşı Üyesi, Değirmenli Tüf Üyesi, Uzun Tepe Üyesi, Emirler Tüf Üyesi ve İskele Üyesi olmak üzere beş farklı üyeye ayrılmıştır (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3).

4.1.3.1. Avşarbaşı Üyesi

Avşarbaşı Üyesi adını, en iyi gözleendiği yer olan Avşarbaşı Tepe'den almış olup (Gündoğdu, 1982), alt seviyesi Taban Volkanitleri ile uyumsuzluk göstermektedir (Şekil 4.3).

Bigadiç havzasındaki Neojen gölsel sedimantasyonunun başlangıcını temsil etmektedir. İlk aşamada kimyasal çökelimin etkin olduğu bir ortamdan, zamanla kırıntılı malzemenin baskın olduğu bir çökelim ortamına evrimi yansıtmaktadır. Birimin batıdaki geniş yayılımı, bu dönemde gölün inceleme alanının batısında daha geniş bir alanı kapladığını düşündürmektedir (Gündoğdu,1982; Gündoğdu, 1984).

Avşarbaşı üyesi, Özpeker (1969)'in Taban kalkerleri birimine karşılık gelmektedir. Baysal ve ark., (1986a) tarafından yapılan çalışmada Taban Kireçtaşı Birimine denk gelmektedir (Şekil 4.1).

Karbonatlı ve killi kayaç birimleriyle temsil edilen Avşarbaşı üyesi, stratigrafik olarak, üst sınırı, gölsel fasiyes özelliklerine sahip Değirmenli Tüf Üyesi ile uyumludur. Tip kesitinde yaklaşık 106 metre kalınlığa ulaşan bu üye, temel kayaçlar üzerinde yer alan yaklaşık 3 metrelik yeşilimsi kiltası – marn seviyesi ile başlamakta, yukarıya doğru 36 metre kalınlıkta, sarımsı – beyaz renkli, metrik – desimetrik tabakalı, sıkı dokulu dolomitlerle devam etmektedir. İstifin üst kesimlerinde ise, yaklaşık 35 metre kalınlığında, milimetrik düzeyde yapraklanma gösteren yeşilimsi silttaşı ve şeyler ile içerisinde yaklaşık 2 metre kalınlığında beyaz renkli kireçtaşı seviyesinden oluşmaktadır. Stratigrafik konumuna göre, Orta – Üst Miyosen yaşlı olduğu ileri sürülmüştür (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

4.1.3.2. Değirmenli Tüf Üyesi

Değirmenli Tüf Üyesi, yanal olarak gölssel ve karasal fasiyesler arasında geçiş gösteren tüflerden oluşmaktadır. Gölssel fasiyes, özellikle Değirmenli ve Kadıköy köyleri civarında ve Simav Çayı'nın batısında geniş bir yayılıma sahiptir. Karasal fasiyes, Balaban, Erikler, Uzunyeli ve Yazılıtaş Tepeleri ile Durasalar ve Yağcıbedir köyleri çevresinde yüzeyleyen Bigadiç havzasının güney ve güneydoğu kesimlerinde hakimdir (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Topografik olarak, karasal fasiyesteki tüfler gölssel fasiyesteki tüflere kıyasla yüksek rakımları oluşturmaktadır. Değirmenli tüf üyesini tanımlayan gölssel fasiyes, tip kesitinin 132 metre kalınlığında Yarmakaya Tepe'nin batısında ölçüldüğü Değirmenli Köyü civarında en iyi şekilde gözlemlenmektedir (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Litolojik olarak, Boz Tepe senklinalinin batı kanadındaki gölssel birim, doğrudan Avşarbaşı üyesinin üzerinde yer alan kaba taneli tüflerle başlamaktadır. Gri ila koyu gri renkli bu tüfler, bol miktarda biyotit, feldispat ve kuvars içermektedir. Hem tabakalanma hem de ince taneli tüf ara katmanları sergileyerek tip lokalitesinde toplam 101 metre kalınlığa ulaşmaktadır. Bu dizilimin en üstteki 31 metresi, konkoidal kırıklar gösteren ve genellikle Uzun Tepe üyesiyle olan temasın yakınındaki kısımlar hariç iç tabakalanmadan yoksun olan belirgin beyaz – krem renkli, ince taneli tüflerden oluşmaktadır. Bu durumun aksine, Boz Tepe senklinalinin doğu kanadında (Kocadağ T.), gölssel birim, yukarıda bahsedilen mineral topluluğuna ek olarak litik parçalar içeren kaba taneli tüflerden oluşmaktadır. Gri ila koyu gri ve sarımsı tonlar sergileyen bu tüfler, bazen tabakalanmaya benzer yapılar sunmaktadır. Küresel ayrışma ile çimentolaşmamış sedimana benzer bir görünüm göstermektedir (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Çalışma alanının güney – güneydoğu kesiminde gözlemlenen karasal birimin alt kısmı, Uzunyeli, Balaban, Erikler Tepeleri ve Emirçam'ın güneyi civarında bulunan yeşilimsi gri ve sarımsı renkli tüflerden oluşmaktadır. Bu tüfler, volkanik

kül ile çimentolaşmış biyotit, feldispat ve kuvarsın yanı sıra amfibol parçaları içermektedir. Gölsel tüflere kıyasla belirgin şekilde daha kaba tanelidirler. Karasal birimin üst kısmı, baskın olarak yeşil ve kırmızı renkli tüflerle karakterize edilmektedir. Alt kısımdaki tüflerden ileri derecede ayrılmış olmaları ve uzun eksenleri boyunca dizilmiş lapilli boyutunda ponza parçalarının varlığı ile ayrılmaktadır. Alt dokanaklarının yüzeylememesi ve yüzeyde bulunmaları nedeniyle, karasal birimin gerçek kalınlığı belirlenememiştir (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Gölsel birimin alt sınırı, çeşitli lokasyonlarda Avşarbaşı üyesiyle uyumlu bir ilişki göstermektedir. Bununla birlikte, Yeniköy'ün güneyinde, Dedecik sırtı yakınlarında, bu birim doğrudan Taban Volkanitleri üzerine gelmektedir ve bu durum, Avşarbaşı üyesinin çökelişinden sonra gölün konumunda olası bir kaymaya işaret etmektedir (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Değirmenli tuf üyesi, Özpeker (1969) çalışmasının Riyolitik kristal tuf birimine karşılık gelmektedir. Gündoğdu (1982) tarafından yapılan çalışma da dasitik bir bileşimli olduğu ortaya koyulmuştur (Şekil 4.1). Gölsel birimde önemli miktarda zeolit oluşumunun varlığı tespit edilmiştir. Değirmenli tuf üyesinin, baskın olarak kül boyutlu piroklastik malzemenin havadan taşınarak hem gölsel hem de karasal ortamlara depolanma ürünü olarak yorumlanmıştır. Gölsel tüflerin bileşimsel homojenliği ve karbonat veya epiklastik ara katmanların yokluğu, sürekli ve aynı volkanik kaynaktan beslendiği ileri sürmüştür. Gölsel birimin alt kısmındaki kaba ve ince taneli tüflerin ardalanması, birden fazla püskürme olayına işaret edildiği söylenmiştir. Her iki fasiyesin kaba taneli tüflerinde doğu – güneydoğu yönünde gözlenen tane boyu artışı, volkanik kaynağın bu yönde bulunduğu dair kanıt sunmaktadır ve bu sonuç, karasal birimin güney – güneydoğudaki geniş yayılımıyla da desteklenmektedir. Ayrıca, gölsel birim istifinde gözlenen dikey tane boylanması, karasal birimde belirgin bir şekilde gözlenmemektedir ve bu özellik, dikey tane boylanmasının daha ziyade su ortamında geliştiğini ortaya koymaktadır. Temel (1987) tarafından yapılan çalışmada, birimin çökeldiği dönemde havzanın batı kesimlerindeki göl ortamının sığ olabileceği ileri sürülmüştür. Bu sığlık, olasılıkla havza kenarlarının etkisi veya havza tabanındaki

paleotopoğrafik yükseklerden kaynaklandığı söylenmiştir. Birim, Baysal ve ark., (1986b) tarafından tanımlanan Alt Tüf Birimine karşılık gelmektedir (Şekil 4.1).

Karasal birimin alt dokanağı güney – güneydoğuda gözlemlenememekle birlikte, Ayatla Dere'nin batısında Taban Volkanitleri'nin ve Bilbilli Tepe çevresinde Avşarbaşı üyesinin üzerinde bulunmaktadır. Gölsel ve karasal fasiyesleri ayıran sınır, yalnızca gölsel fasiyeste gözlenen tabakalanma ve küresel ayrışma gibi sedimanter yapılar ile mineralojik verilere dayanmaktadır (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984). Biyotitlerden elde edilen K/Ar yaş tayinine göre birimin yaşının Alt Miyosen (17.6 My) olduğu tespit edilmiştir (Gündoğdu ve ark., 1989).

4.1.3.3. Uzun Tepe Üyesi

Alt kesimlerinde borat mercekleri içeren bu üye, kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn, kıltaşı ve tüflü kayaların ardalanmasından oluşmaktadır (Gündoğdu,1982; 1984).

Uzun Tepe üyesi, Simav Nehri'ni çevreleyen inceleme alanının güneybatı kesimi boyunca ve kuzeydoğu ile kuzeybatıya doğru uzanarak, özellikle Koserelik Tepe, Bağlarkıranı ve Mezardüzü Tepe civarında önemli yayılım göstermektedir. Uzun Tepe üyesinin adı, bu birimin en iyi şekilde gözlemlendiği Uzun Tepe'den alınmıştır (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Tip lokalitede, Uzun Tepe üyesinin taban kısmı, borat mercekleri içeren kireçtaşı, kıltaşı – marn ve tüf ardalanmasıyla başlamakta, yukarıya doğru; çörtlü kireçtaşı ve kıltaşı – marn ardalanması ile devam etmekte; sarımsı – yeşil tüf, kıltaşı ve kireçtaşı ara katmanlarından oluşan bir bölümle sonuçlanmaktadır (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Gündoğdu (1982) tarafından yapılan çalışma, bu birim içinde borat minerallerinin ağırlıklı olarak kolemanit ve üleksit mineralinden oluştuğunu, daha az miktarda pandemit ve havlit içerdiğini ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra sülfat

minerallerinden jips içermektedir. Kolemanit tipik olarak masif veya kahverengi kil zarflarıyla ayrılmış nodüller halinde bulunur. Lifli bir doku sergileyen üleksit ise, genellikle borat içeren bölümün alt kısımlarında, yeşilimsi – kahverengi laminalı kilitaşı ile ara katmanlı olarak bulunmaktadır. Temel (1988) tarafından yapılan çalışma, boratlı zonda gözlenen borat minerallerinin, kolemanit, havlit, probertit, üleksit, meyerhofferit, inyoit ve hidroborasit olduğunu, sülfat minerallerinden anhidrit, jips ve sölestin varlığı da ortaya koyulmuştur. Tez çalışması kapsamında Ayana Ovası'ndan alınan bu üyeye ait örneklerde boratlı zonda borat minerallerinden kolemanit, havlit, probertit ve üleksit mineralleri ile sülfat minerallerinden anhidrit ve jips mineralleri saptanmıştır.

Uzun Tepe üyesinin alt sınırı Değirmenli tufünün gösel fasiyesi ile üst sınırı ise Emirler tuf üyesi dereceli geçişlidir. Stratigrafik olarak, Uzun Tepe üyesi Özpeker (1969) çalışmasında "Marn – Kalker – Gre Serisi" ne karşılık gelmektedir. Baysal ve ark., (1986b) tarafından yapılan çalışma da Alt Boratlı birim olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.1).

Üyenin litolojik özellikleri, aktif bir volkanizma döneminin ardından, çökme ortamının büyük ölçüde kimyasal sedimantasyona geri döndüğünü düşündürmektedir. Orta ila üst seviyelerde gözlemlenen ince tabakalı ve laminalı karbonat – kil birimlerinden oluşan ardalama, iklimsel değişikliği göstermektedir. Dizilimin alt kısmındaki mercek şekilli borat yatakları, Değirmenli tufünü oluşturan volkanizmanın bor açısından zengin potasyumca zengin kalkalkalin özellikte olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Üyenin alt ve üst sınırlarının Değirmenli ve Emirler tuf üyeleri ile geçişli olması ve istif içinde değişen kalınlıklarda tuflerin bulunması, volkanizmanın, küçük püskürmelerle de olsa çökme ile eş zamanlı olarak devam ettiğini göstermektedir.

Gündoğdu (1982) tarafından yapılan çalışma da inceleme alanından alınan örneklerden elde edilen ostrakodların palinolojik analizi, *Candona parallela pannonica*, *Candona cf. steinheimensis*, *Candona sp.* ve *Amplocypris cf.*

abscissa fosil topluluğuna göre Uzun Tepe üyesinin Pannoniyen yaşlı olduğu ileri sürülmüştür.

4.1.3.4. Emirler Tüf Üyesi

Emirler tüf üyesi gölsel ortamda çökelmiştir. Bu üyenin adlandırılması, çalışma alanının kuzeydoğu kesiminde yer alan ve litolojik özelliklerinin en iyi gözlemlendiği yerlerden biri olan Emirler Köyü'nden türetilmiştir. Emirler tüf üyesinin iyi bir şekilde yüzeylendiği alanlar arasında Kireçlik Tepe, Beyendikler Köyü civarı ve Acep Dere vadisinin iki karşı yamacı bulunmaktadır (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Emirler tüf üyesi, Uzun Tepe üyesinin üzerinde yer almaktadır. Üyenin taban seviyeleri, belirgin bir şekilde iri taneli, camsı karakterdeki tüflerle temsil edilmektedir. Bu alt seviyeler genellikle sarımsı yeşil tonlarında olup, ayırt edici özellikleri arasında koyu yeşil renkli, ileri derecede bozunmuş pomza parçalarının varlığıdır. Bu pomza parçaları, kayaca gözenekli bir doku kazandırmaktadır. Makroskopik incelemelerde, pomza tanelerinin ilksel lifsi yapıları korunmuş olarak gözlenebilmektedir. Pomza boyutları zaman zaman lapilli fraksiyonuna (2 – 64 mm) ulaşmakta, hatta bazı seviyelerde kayaç hacminin önemli bir kısmını oluşturarak "lapilli tüf" olarak tanımlanabilecek bir litoloji sunmaktadır. Bu pomza parçalarının dağılımı gelişigüzel olup, yönlenmiş bir yapı göstermemektedir. Pomzanın yanı sıra, eser miktarda biyotit kristalleri de gözlenebilmektedir. Tüm bu parçalar, kendilerinden daha açık renkli, ince taneli bir volkanik matriks tarafından birbirine bağlanmıştır. Alt kesimin dikkat çeken bir diğer özelliği, bu iri taneli tüflerin, 1 – 2 metre kalınlığındaki daha ince taneli tüf horizonları ile ardalanmalı bir yapı sunmasıdır. Emirler tüf üyesinin üst kesimleri ise litolojik olarak alt seviyelerden belirgin şekilde ayrılmaktadır. Bu seviyeler, beyazımsı sarı renkte, homojen görünümlü ve makroskopik olarak bileşenleri ayırt edilemeyen ince taneli tüflerden oluşmaktadır. Marn benzeri bir görünüme sahip bu tüfler, oldukça hafif olmaları ve karakteristik konkoidal kırılma yüzeyleri sergilemeleri ile tanınmaktadırlar. Bazı lokasyonlarda bol miktarda silisifiye seviyeler veya nodüller içerebilmektedir. Bu ince taneli üst seviyeler, alttaki iri taneli tüflerin üzerinde, çalışma alanı genelinde kesintisiz bir devamlılık göstermekte ve

herhangi bir tabakalanma yapısı sunmamaktadır (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Emirler tuf üyesi, Özpeker (1969) tarafından tanımlanan "Kaba ve ince taneli tuf birimleri" denk gelmektedir. Ataman (1977) tarafından belirtilen "boratların zeolitli taban tufu" ile korele edilmektedir. Baysal ve ark., (1986b) tarafından yapılan çalışmada Üst Tuf Birimi olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.1).

Emirler tuf üyesi, Uzun Tepe üyesinin çökeliminden sonra, nispeten sakin bir dönemin ardından şiddetli bir volkanik aktivite evresini işaret etmektedir. Bu volkanik aktivite, görsel ortamda kül boyutlu volkanik ürünlerin birikimi ile temsil edilmektedir. Alttaki kaba taneli tufelerin üstteki ince taneli tuflerle arılanması, üyenin birden fazla volkanik patlama sonucu oluştuğunu düşündürmektedir. Birimin bileşimsel homojenliği ve Değirmenli tufüne benzer şekilde karbonat veya epiklastik ara katmanların olmaması, kesintisiz bir volkanik aktiviteyi göstermektedir (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Emirler tuf üyesi yaşının, ince taneli tufelerin klinoptilolitlerden elde edilen K/Ar yaş tayinine göre Orta Miyosen (14.3 My) olduğu tespit edilmiştir (Gündoğdu ve ark., 1989).

4.1.3.5. İskele Üyesi

İskele Üyesi, genellikle alçak topoğrafyaya tepeler ve düzlükler oluşturarak bölgenin morfolojisine hakim olmaktadır. Stratigrafik konumu ve içerdiği borat oluşumları açısından Uzun epe üyesi ile benzerlikler göstermektedir (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

İskele üyesinin en belirgin ve yaygın yüzeylenmelerini İskele köyü çevresinde sunduğu için bu isimle adlandırılmıştır. Üye, baskın olarak killi ve karbonatlı kayaların (kıltaşı, marn, killi kireçtaşı, kireçtaşı, dolomit) ince taneli volkanoklastik seviyelerle (tuf) arılanmasından oluşmaktadır. İskele üyesi,

alttaki Emirler tf üzerinde uyumlu bir dokanakla başlamaktadır. İstifin tabanında yaklaşık 15 metrelik kireçtaşı, dolomit, kiltatı/marn ve tf ardanması yer almaktadır. Bu başlangıç seviyesinin üzerinde, 40 – 45 metre kalınlığında, esas olarak kiltatı ve marn dan oluşan, merceksi borat katmanları içeren bir bölüm yer almaktadır. Kalınlıkları 1 ile 7 metre arasında değişen bu borat seviyeleri, genellikle kahverengi – yeşil renkli kil ile birbirinden ayrılmış nodüler kolemanit ve üleksit minerallerinden oluşmaktadır. Bu borat minerallerinin yanı sıra sölestin mineraline de rastlanmıştır (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984). Özpeker (1969) ve Ataman ve Baysal (1978) tarafından yapılan çalışma da inyoit, meyerhofferit ve hidroborasit gibi diğer borat mineralleri daha lokal oluşumlar sunduğu belirtilmiştir.

İstifin üstteki 70 – 75 metrelik kısmında ise tabanda karbonatlı kayalar (kireçtaşı – dolomit) daha baskınken, yukarı doğru killi kayaların (kiltatı – marn) ve tüflü seviyelerin oranı artmaktadır. Milimetreden santimetreye değişen tabaka kalınlıkları ve tabakalar arası kayma yapıları (slump) gözlenmektedir. ye, 2 metrelik volkanik kayaç içeren bir mikrokonglomera üzerinde yer alan, beyaz mika pulları içermesiyle karakteristik, 5 – 10 metre kalınlığında yeşil bir çamurtaşı ile sonlanmaktadır. Üst sınırdaki ise Kuvaterner çökelleriyle uyumsuzluk ilişkisi mevcuttur. İşletilen ocaklardaki kolemanit ve üleksit seviyelerinin kalınlık ve dizilimlerindeki yanal değişkenlikler, borat yataklarının büyük mercekler şeklinde çökelmiş olabileceğine işaret etmektedir (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Stratigrafik olarak İskele yesi, zpeker (1969) tarafından yaptığı çalışmada tanımladığı boratlı kil – marn – tf – kalker – gre serisi ile eşdeğer kabul edilmektedir. Baysal ve ark. (1986b) tarafından yapılan çalışma kapsamında st Boratlı birime denk gelmektedir (şekil 4.1).

Gündoğdu (1984) tarafından aradaki tf seviyeleri, eş zamanlı fakat minör volkanik patlamaların devam ettiğini kanıtladığını ortaya koymuştur. Borat oluşumları, Emirler tfnn hidrolizi ile ilişkilidir. En üstteki çamurtaşı ise, gln

kuruma evresine yaklaştığını ve çevredeki temel kayalardan ince taneli malzeme taşınımının arttığını simgelediği ileri sürülmüştür.

Ostrakodlardan elde edilen verilere göre, (*Hungarocypris hieroglyphica* ve *Amplocypris recta* gibi türlere dayanarak alt – orta kesimlerinin Üst Pannoniyen, *Bakunella dorsoarcuata* türüne göre ise üst kesimlere Alt Ponsiyen yaşını verilmiştir (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

4.1.4. Kuvaterner Oluşuk

Simav Çayı'nın alüvyonları, bölgedeki Kuvaterner oluşuklarını oluşturmaktadır. Bu alüvyonlar, litolojik olarak metamorfik, volkanik ve ofiyolitik kayalardan kaynaklanan yuvarlaklaşmış ve köşeli çakıllar ile kum boyutundaki sedimentlerden meydana gelmektedir. Bu heterojen yapı, bölgenin jeolojik çeşitliliğini ve erozyon süreçlerini yansıtmaktadır (Gündoğdu,1982; Gündoğdu,1984).

Bu birimlerden tez çalışmasının yapıldığı Ayana Ovası bölgesinde, yaşlıdan gence doğru Bigadiç Formasyonu'nun Değirmenli Tüf Üyesi, Uzun Tepe Üyesi, Emirler Tüf Üyesi, İskele Üyesi ile Kuvaterner oluşukları yer almaktadır (Şekil 4.2).

5. MİNERALOGİK – PETROGRAFİK İNCELEMELER

Tez çalışmasının temel amaçlarından biri, incelenen örneklerin mineralojik bileşiminin detaylı bir şekilde karakterize etmektir. Bu bağlamda, bu bölümde örneklerin mineralojik-petrografik bileşimleri belirlenecektir. Mineralojik bileşimlerinden itibaren saptanan neoformasyon minerallerinin dikey ve alansal dağılımı ile oluşum koşullarının ortaya konulmasına katkı sağlayacaktır.

Bu amaçla, Bigadiç Formasyonuna ait üyelerden alınan örnekler üzerinde çeşitli analitik yöntemler kullanılmıştır. Bu kapsamda, XRD Analizleri (XRD – TK ve XRD – KF), Optik Mikroskop incelemeleri ve SEM – EDS analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda mineral tanımlamaları yapılmış, yarı kantitatif olarak bollukları saptanmış ve dokusal ilişkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

5.1. XRD – Tüm Kayaç (XRD – TK) Çözömlmeleri

Örneklerin mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi ve yarı – nicel bolluklarının ortaya konulması amacıyla gerçekleştirilen XRD – TK çözümlmeleri, çalışma alanında yapılmış olan 4 farklı sondaj karotlarından alınan toplam 363 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örneklerin sayısının sondajlara göre dağılımı Çizelge 2.1’de mevcuttur. Analiz sürecinde, seçilen bazı örneklerin, farklı litolojik özellik gösteren kısımları ‘A’ ve ‘B’ olarak iki ayrı örneğe ayrılmıştır. Bunun sonucu, örnek sayısı 363 adet örnekten 390 adete çıkmış olup, bunların hepsinin XRD – TK analizleri gerçekleştirilmiştir.

XRD – TK analizi sonucunda illit/mika, amfibol, kil, kuvars, opal – CT, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit, analsim, klinoptilolit / höylandit, pirit, jips ve anhidrit mineralleri ile borat mineralleri (kolemanit, üleksit, probertit ve havlit) tespit edilmiştir. Çalışma alanında bulunan Bigadiç Formasyonuna ait üyelerin mineral içerikleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Bu çalışmada, saptanan minerallerin karakteristik pikleri aracılığıyla mineralojik tanımlama yapılmıştır. Kuvars mineralinin 3.34 A°, 4.26 A° ve 1.82 A° karşılık gelen ana pikleri esas alınmıştır. Opal – CT için 4.04 A° esas alınmıştır. Feldispat grubu mineralleri ise genel olarak 3.18 A° – 3.21 A° civarındaki pik varlığıyla tanımlanmıştır. Mika grubu mineralleri yaklaşık 9.90 A° – 10.1 A°, kil minerallerinin yapısal pikleri ise yaklaşık 4.45 A° ($2\theta = 19^\circ - 20^\circ$) civarındaki daha geniş piklerle temsil edilmektedir. Karbonat minerallerinden kalsit için 3.02 A°, 2.29 A°, 2.10 A° ve 3.86 A°; aragonit için 3.40 A°, 1.98 A° ve 3.27 A°; dolomit için 2.89 A°, 2.19 ve 1.79° ana pikleri esas alınmıştır.

Bu minerallerin yanı sıra, volkanoklastik materyalin alterasyonu veya diyajenetik süreçler sonucunda oluştuğu düşünülen zeolit grubu minerallerinden klinoptilolit/höylandit ve analsim varlığı da belirlenmiştir. Bu minerallerin tanımlanması, literatürde bilinen karakteristik difraksiyon piklerinin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesiyle mümkün olmuştur. Çalışma alanının ekonomik potansiyeli açısından büyük önem taşıyan borat mineralleri de detaylı olarak incelenmiştir. XRD analizleri, kolemanit, üleksit, probertit ve havlit gibi farklı kimyasal bileşimlere sahip çeşitli borat minerallerinin varlığını ortaya koymuştur. Bu borat minerallerinin her biri, kendilerine özgü karakteristik XRD pik desenleri kullanılarak ayırt edilmiştir. Zeolit minerallerinden analsim için 3.43 A°, 5.61 A° ve 2.93 A° ile klinoptilolit/höylandit için ~8.92 A°, ~2.97 A° ve ~3.96 A° ana pikleri esas alınmıştır. Borat minerallerinden üleksit için 12.2 A°, 7.75 A° ve 6.00 A°; probertit için 9.12 A°, 2.81 A° ve 6.62 A°; kolemanit 3.13 A°, 5.64 A° ve 3.85 A°; havlit için 6.20 A°, 3.10 A° ve 3.90 A° ana pikleri esas alınmıştır.

Çizelge 5. 1. Çalışma alanında saptanan minerallerin üyelere göre dağılımı.

ÜYELER / MİNERALLER	DEĞİRMENLİ TUF	UZUN TEPE	EMİRLER TUF	İSKELE
İLLİT/MİKA	+	+	+	+
AMFİBOL		+		
KİL	+	+	+	+
KUVARS	+	+	+	+
OPAL – CT		+	+	
FELDİSPAT	+	+	+	+
KALSİT	+	+	+	+
DOLOMİT	+	+	+	+
ARAGONİT	+	+	+	+
ANALSİM		+		
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	+	+	+	+
JİPS	+	+		
ANHİDRİT		+		+
KOLEMANİT		+		
ÜLEKSİT		+		
PROBERTİT		+		
HAVLİT		+		
PİRİT		+		

XRD – tüm kayaç analiz sonuçları detaylı bir şekilde EK-1, EK-2, EK-3, EK-4, EK-5, EK-6, EK-7, EK-8, EK-9, EK-10, EK-11’de verilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında, incelenen birimlere ait örneklerde yanıt oranları mevcut olan minerallerin, yarı – kantitatif olarak istatistiksel veriler (en az, en çok ve ortalama yüzde) hesaplanmış ve dikey dağılımları ortaya konulmuştur. Saptanan minerallerin istatistiksel verileri ve dikey dağılımları üye bazında yaşlıdan gence doğru aşağıda sunulmaktadır.

5.1.1. Değirmenli Tuf Üyesi

Bigadiç Formasyonuna ait çalışma alanında tespit edilen en yaşlı üye olan Değirmenli Tuf Üyesi 20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 632 sondajlarında gözlenmiştir. Değirmenli Tuf Üyesi’nden alınan örnekler üzerinde yapılan XRD – TK analizleri sonucunda, illit/mika, amfibol, kil, kuvars, feldispat, kalsit, dolomit,

aragonit, klinoptilolit/höylandit ve jips minerali tespit edilmiştir. Bu minerallerden illit/mika, kil, kuvars, feldispat ve kalsit mineralleri tüm sondajlarda gözlenmiştir. Değirmenli Tüf Üyesi'nde gözlenen minerallerin sondajlara göre dağılımı Çizelge 5.2' de, Değirmenli Tüf Üyesinde saptanan minerallerin sondajlara göre dağılımı; tüm sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 632) göre istatistiksel değerlendirmesi ise Çizelge 5.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 5. 2. Değirmenli Tüf Üyesi'nde saptanan minerallerin sondajlara göre dağılımı.

SONDAJ NO / MİNERALLER	20BM – 613 SONDAJI	20BM – 619 SONDAJI	20BM – 632 SONDAJI	20BM – 644 SONDAJI
İLLİT/MİKA	+	+	+	Bu üye mevcut değil
KİL	+	+	+	
KUVARS	+	+	+	
FELDİSPAT	+	+	+	
KALSİT	+	+	+	
DOLOMİT	+	+		
ARAGONİT	+			
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	+		+	
JİPS		+		

Çizelge 5. 3. Değirmenli Tüf Üyesi'ne ait yer alan sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 632) göre minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	100	2.3	18.58	9.43
İLLİT/MİKA	100	33.98	76.85	58.27
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	55.56	1.64	7.11	3.88
ARAGONİT	11.11	4.21		
KUVARS	100	2	9.61	4.68
FELDİSPAT	100	8.14	23.64	15.49
KALSİT	88.89	0.35	17.66	4.61
DOLOMİT	44.44	0.74	25.18	11.91
JİPS	22.22	0.51	0.56	0.53

5.1.1.1. 20BM – 613 sondajı

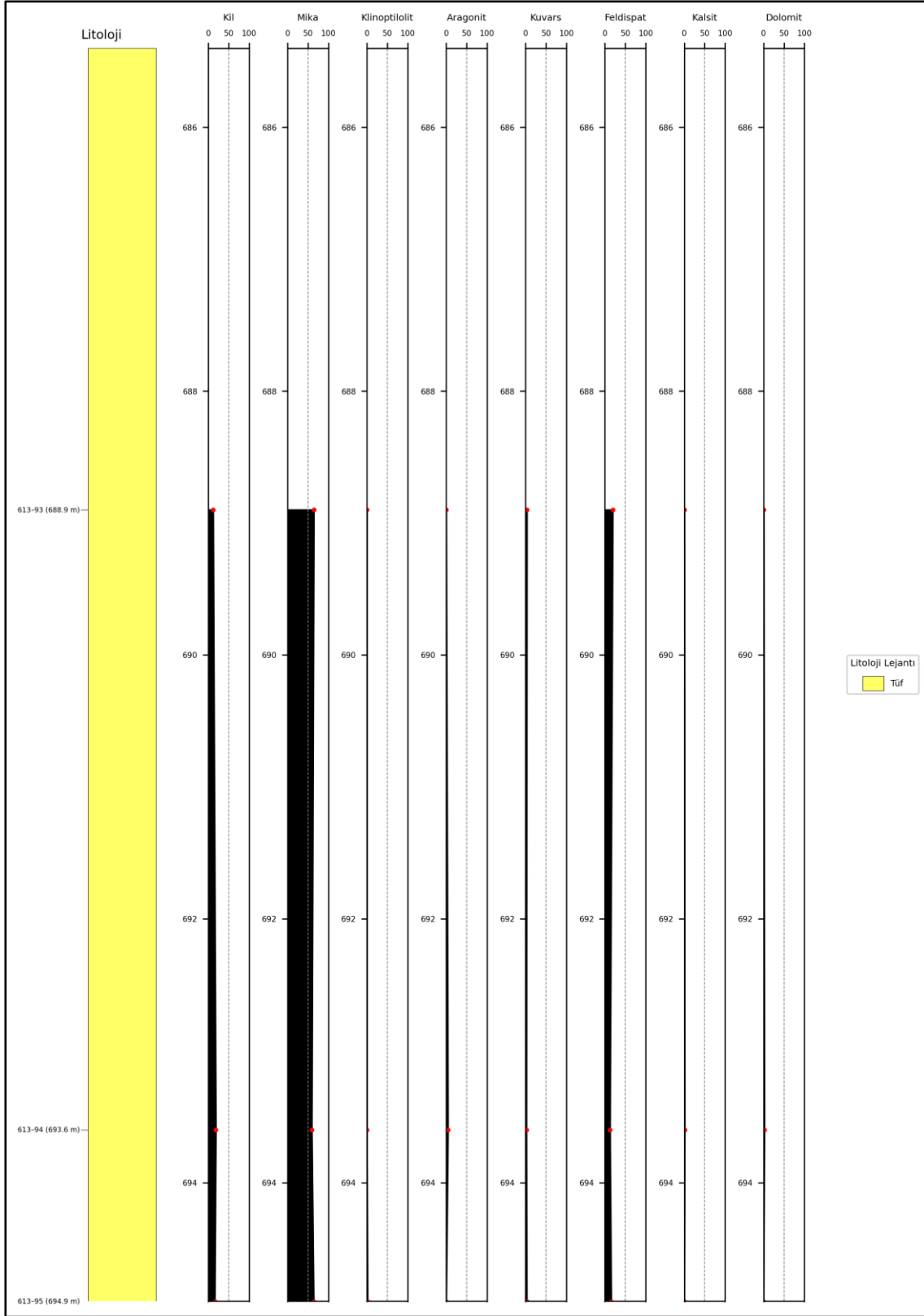
20BM – 613 sondajından alınan örneklerde; illit/mika, kil, feldispat, kalsit, aragonit, dolomit ve klinoptilolit/höylandit mineralleri tespit edilmiştir. 20BM – 613 sondajından alınan örneklerdeki minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.4'te yer almaktadır. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD – TK sonuçları (%) EK – 1'de verilmiştir.

Çizelge 5. 4. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	100	12	18.58	15.53
İLLİT/MİKA	100	59.29	64.29	62.48
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	33.33	1.64	1.64	1.64
ARAGONİT	33.33	4.21	4.21	4.21
KUVARS	100	2	3.33	2.77
FELDİSPAT	100	12.55	19.27	15.78
KALSİT	66.67	0.36	1.22	0.79
DOLOMİT	66.67	0.74	2.16	1.45

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı değeri en yüksek (%100) olan mineraller kil, illit/mika, feldispat ve kuvars iken, bulunuş frekansı en düşük (%33,33) olan aragonit ve klinoptilolit/höylandit mineralleridir. Kalsit ve dolomit mineralinin bulunuş frekansı (%66,67) aynıdır. Ortalama değeri açısından illit/mika minerali en yüksek (%62,48) iken, kalsit minerali en düşük ortalamayı (%0,79) temsil etmektedir. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki minerallerin dikey dağılımı Şekil 5.1'de verilmiştir.

Dikey dağılımdan da görüldüğü üzere, istif temel olarak illit/mika, feldispat ve kil mineralleri ağırlıklıdır.



Şekil 5. 1. Değirmenli Tuf Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı

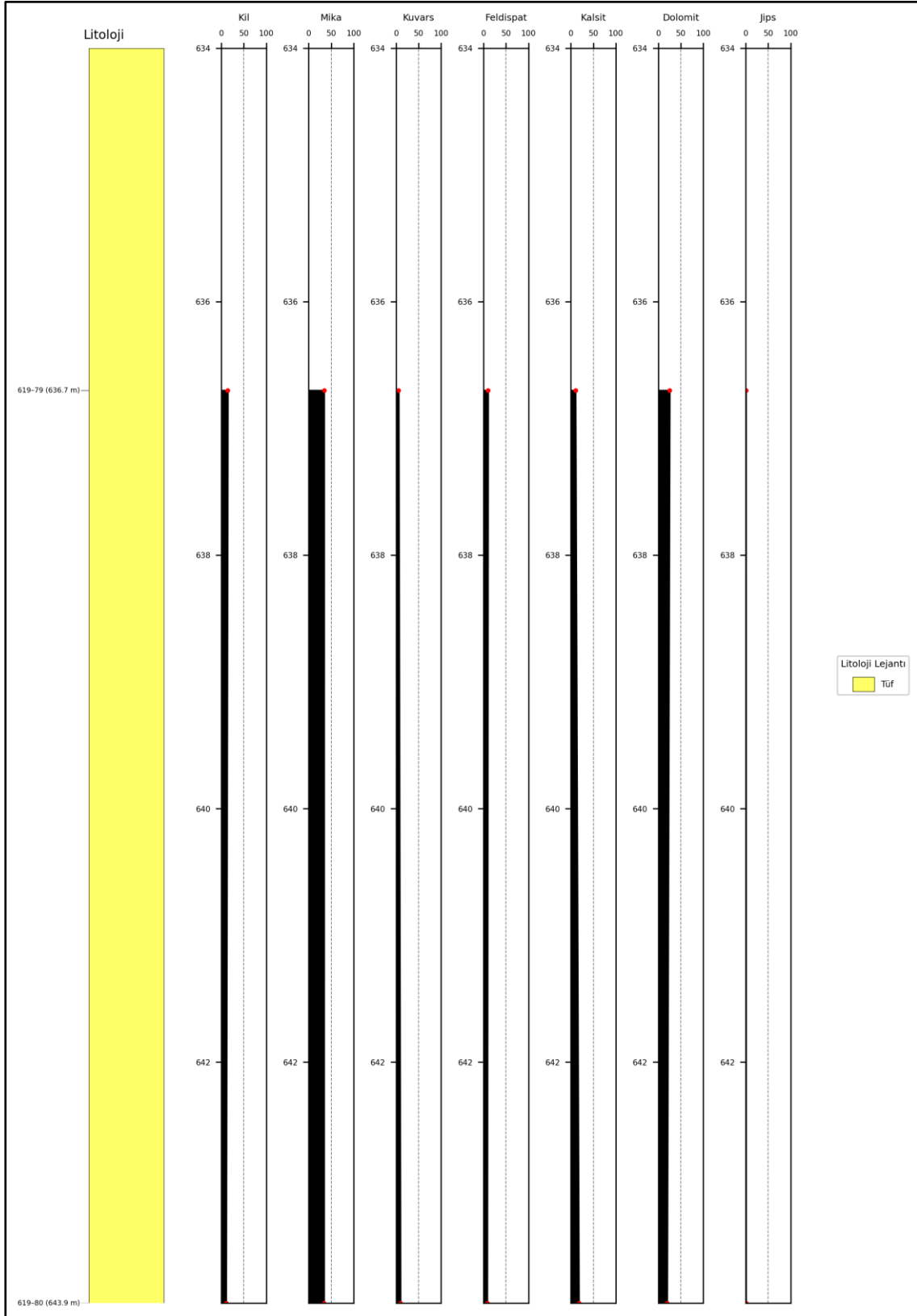
5.1.1.2. 20BM – 619 sondajı

20BM – 619 sondajından alınan örneklerde; illit/mika, kil, feldispat, kuvars, dolomit, kalsit ve jips mineralleri saptanmıştır. 20BM – 619 sondajından alınan örneklerdeki minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.5'te yer almaktadır. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD – TK sonuçları (%) EK – 2'de verilmiştir.

Çizelge 5. 5. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	100	10.5	14.35	12.43
İLLİT/MİKA	100	33.98	34.17	34.07
KUVARS	100	5.55	9.61	7.58
FELDİSPAT	100	8.14	10.07	9.1
KALSİT	100	10.16	17.66	13.91
DOLOMİT	100	19.56	25.18	22.37
JİPS	100	0.51	0.56	0.53

Mineral dağılımı incelendiğinde, bütün minerallerin bulunuş frekansı (%100) aynıdır ve tüm örneklerde gözlenmektedir. Değirmenli Tüf Üyesinde gözlenen klinoptilolit/höylendit ve aragonit mineraline bu sondajda rastlanmamıştır. Ortalama değeri açısından illit/mika minerali en yüksek (%34,07) iken, jips minerali en düşük ortalamayı (%0,53) temsil etmektedir. İllit/mika mineralinden sonra sırasıyla dolomit (%22,37), kalsit (%13,91), kil (%12,43), feldispat (%9,10) ve kuvars (%7,58) ortalama değerlere sahiptir. Minerallerin dikey dağılımı Şekil 5.2'de yer almaktadır.



Şekil 5. 2. Değirmenli Tuf Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.

5.1.1.3. 20BM – 632 sondajı

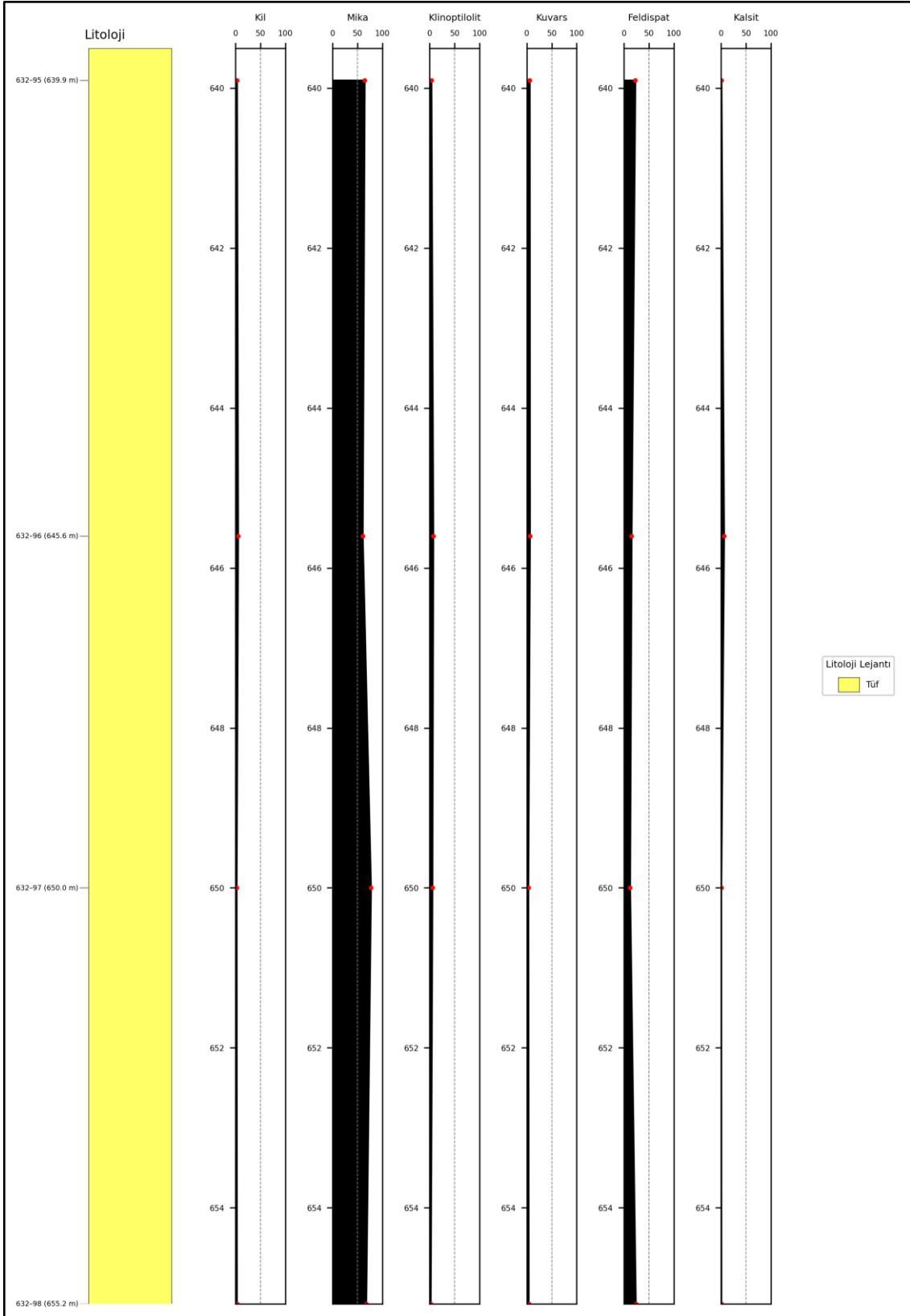
20BM – 632 sondajından alınan örneklerde; illit/mika, kil, feldispat, kuvars, kalsit ve klinoptilolit/höylandit mineralleri tespit edilmiştir. 20BM – 632 sondajından alınan örneklerdeki minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.6' da yer almaktadır. Değirmenli Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait örneklerin XRD – TK sonuçları (%) EK – 3'te verilmiştir.

Çizelge 5. 6. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

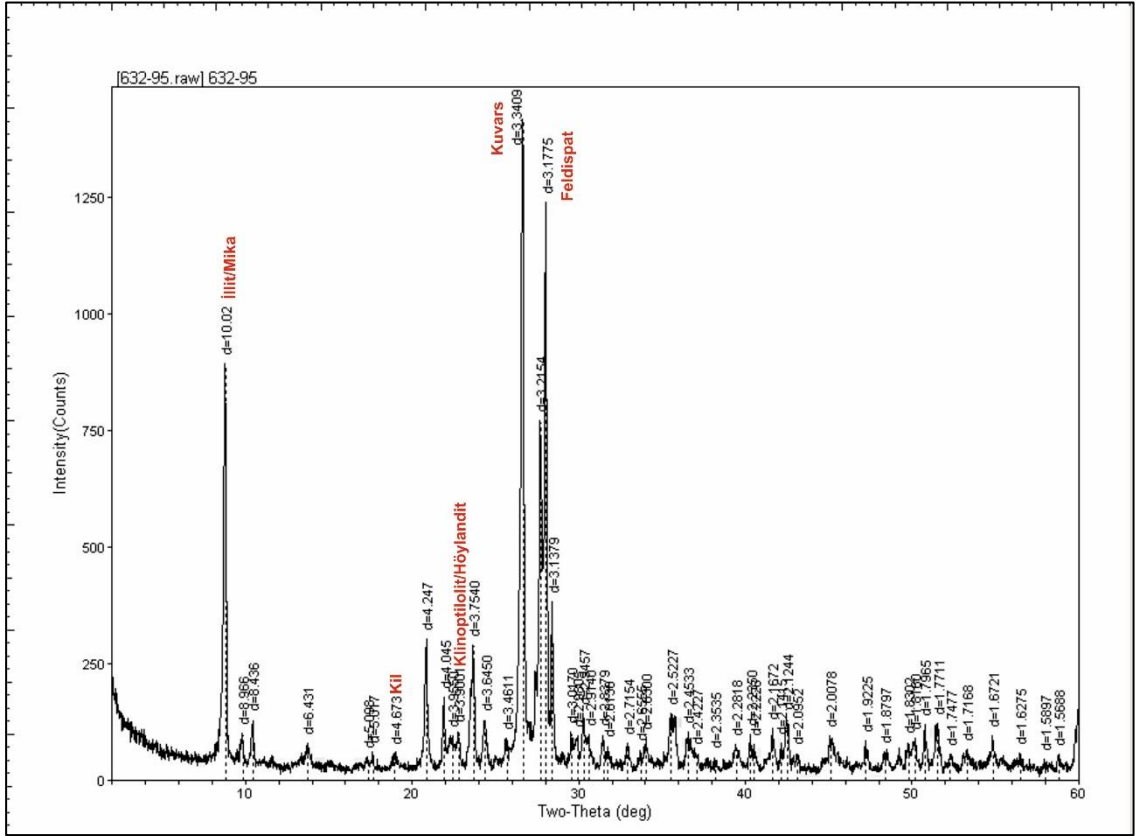
MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	100	2.3	5.2	3.35
İLLİT/MİKA	100	60.35	76.85	67.22
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	100	1.95	7.11	4.44
KUVARS	100	2.97	6.16	4.67
FELDİSPAT	100	12.2	23.64	18.46
KALSİT	100	0.35	5.92	1.87

Mineral dağılımı incelendiğinde, bütün minerallerin bulunuş frekansı (%100) aynıdır ve tüm örneklerde gözlenmektedir. Değirmenli Tüf Üyesinde gözlenen aragonit, dolomit ve jips mineraline bu sondajda rastlanmamıştır. Ortalama değeri açısından illit/mika minerali en yüksek (%67,22) iken, kalsit minerali en düşük ortalamayı (%1,87) temsil etmektedir. İllit/mika mineralinden sonra sırasıyla feldispat minerali (%18,46), kuvars minerali (%4,67), klinoptilolit/höylandit minerali (%4,44) ve kil (%3,35) ortalama değerlere sahiptir. Şekil 5.3'te minerallerin dikey dağılımı verilmiştir. Değirmenli Tüf Üyesine ait 632 – 95 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı Şekil 5.4'te verilmiştir.

Dikey dağılımı incelendiğinde, istifte illit/mika ve feldispat mineralleri ağırlıklıdır. İstifin alt seviyelerine doğru illit/mika mineralini arttığı gözlenmektedir.



Şekil 5. 3. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.



Şekil 5. 4. Değirmenli Tuf Üyesi 632 – 95 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.

5.1.2. Uzun Tepe Üyesi

Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi bütün sondaj örneklerinde gözlenmiştir. Bu üyeye ait örnekler 20BM – 613, 20BM – 619, 20BM – 632 ve 20 BM – 644 sondajlarından alınmıştır. Bu üyede yapılan mineralojik analizler sonucunda, illit/mika, amfibol, kil, kuvars, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit, analsim, klinoptilolit/höyländit, jips, anhidrit ve pirit mineralleri saptanmıştır. Bu minerallere ek olarak borat minerallerinden; kolemanit, üleksit, probertit ve havlit mineralleri tespit edilmiştir. Uzun Tepe Üyesi'nde gözlenen minerallerin sondajlara göre dağılımı Çizelge 5.7' de; tüm sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 20BM – 632 ve 20BM – 644) göre istatistiksel değerlendirmesi ise Çizelge 5.8'te verilmiştir.

Minerallerin dağılımı incelendiğinde, illit/mika, kil, kuvars, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit, klinoptilolit/höyländit mineralleri ve borat minerallerinden kolemanit

minerali bütün sondajlarda gözlenmiştir. Amfibol minerali 20BM – 619 ve 20BM – 644 sondajında; opal – CT minerali 20BM – 632 ve 20BM – 644 sondajında; analsim minerali 20BM – 619 ve 20BM – 644 sondajında; jips minerali 20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 644 sondajında; anhidrit 20BM – 619 sondajında mevcuttur. Borat minerallerinden üleksit minerali 20BM – 632 ve 20BM – 644 sondajında probertit 20BM – 613, 20BM – 632 ve 20BM – 644 sondajında; havlit 20BM – 619 sondajında gözlenmiştir.

Çizelge 5. 7. Uzun Tepe Üyesi'nde saptanan minerallerin sondajlara göre dağılımı.

SONDAJ NO / MİNERALLER	20BM – 613 SONDAJI	20BM – 619 SONDAJI	20BM – 632 SONDAJI	20BM – 644 SONDAJI
İLLİT/MİKA	+	+	+	+
AMFİBOL		+		+
KİL	+	+	+	+
KUVARS	+	+	+	+
OPAL – CT			+	+
FELDİSPAT	+	+	+	+
KALSİT	+	+	+	+
DOLOMİT	+	+	+	+
ARAGONİT	+	+	+	+
ANALSİM		+		+
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	+	+	+	+
JİPS	+	+		+
ANHİDRİT		+		
KOLEMANİT	+	+	+	+
ÜLEKSİT			+	+
PROBERTİT	+		+	+
HAVLİT		+		
PİRİT		+		

Çizelge 5. 8. Uzun Tepe Üyesi'ne ait yer alan sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 20BM – 632 ve 20BM – 644) göre minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	66.56	3.09	90.21	26.24
İLLİT/MİKA	43.75	3.55	52.99	19.69
OPAL – CT	9.69	1.87	22.11	8.59
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	25	2.34	74.78	16.52
ARAGONİT	31.56	1.56	65.32	18.63
ANALSİM	4.06	1.52	9.11	3.92
KUVARS	66.88	0.42	32.79	5.34
FELDİSPAT	45	1	42.22	8.19
KALSİT	68.44	0.80	100.00	30.71
DOLOMİT	41.56	0.48	69.82	11.04
JİPS	4.06	0.17	88.62	7.83
PİRİT	1.88	0.93	5.58	2.74

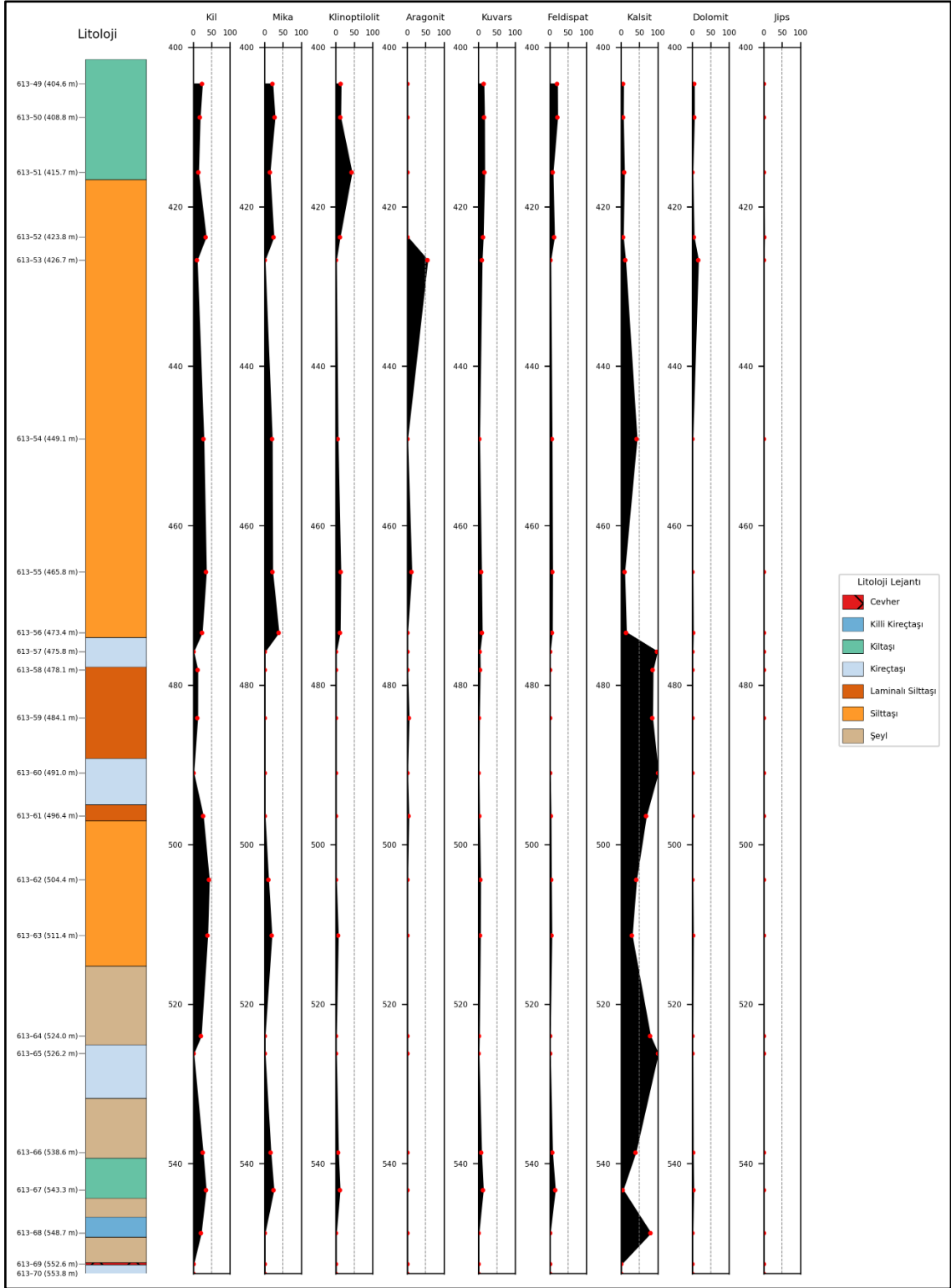
5.1.2.1. 20BM – 613 sondajı

20BM – 613 sondajından alınan örneklerde; illit/mika, kil, feldispat, kuvars, kalsit, aragonit, dolomit, klinoptilolit/höylandit ve jips mineralleri saptanmıştır. Bu minerallerin dışında, borat minerallerinden kolemanit ve probertit saptanmıştır. 20BM – 613 sondajından alınan örneklerdeki minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.9' da verilmiştir. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD – TK sonuçları (%) EK – 4'te verilmiştir.

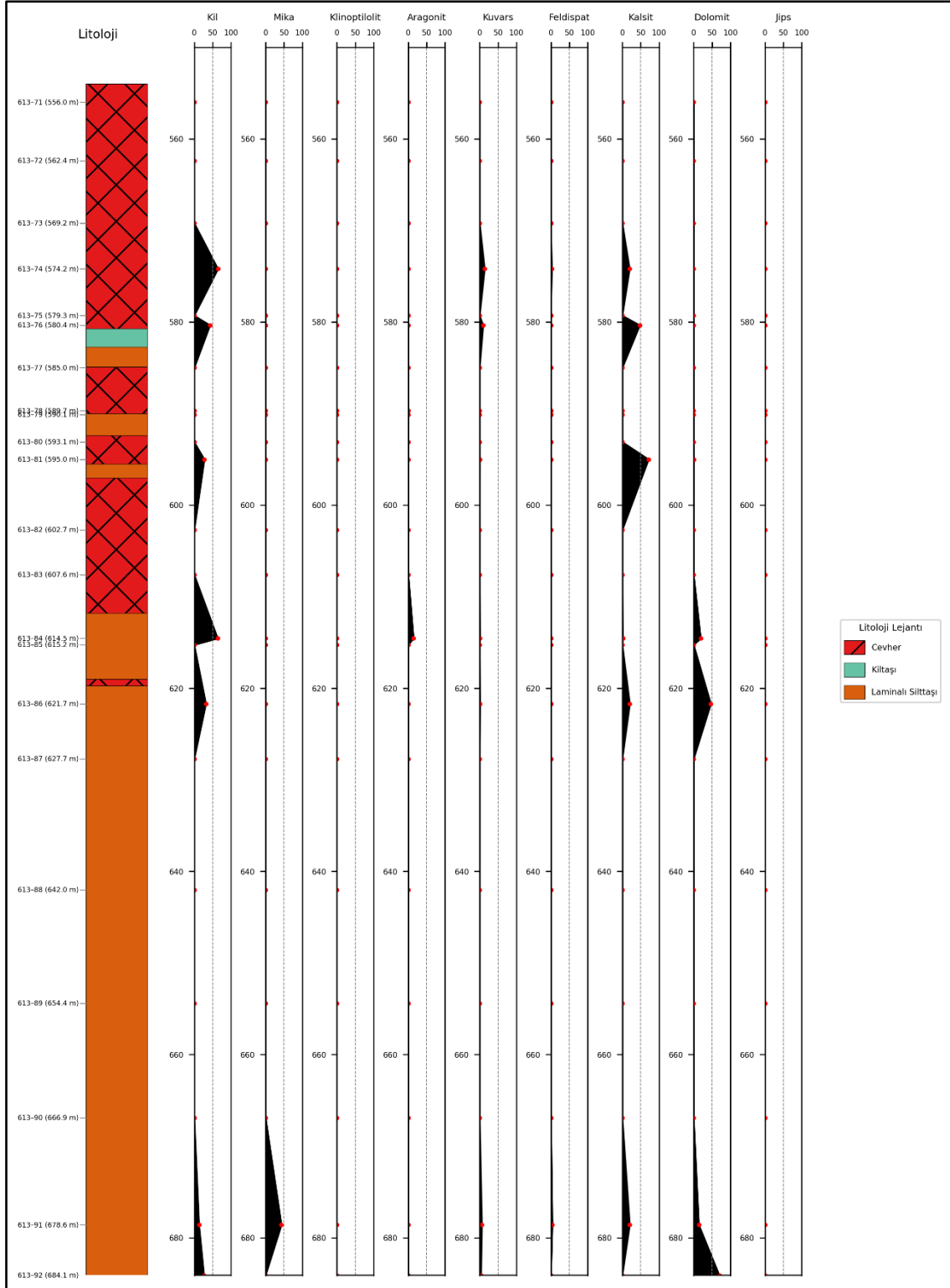
Çizelge 5. 9. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	54.55	9.37	64.51	28.28
İLLİT/MİKA	27.27	9.44	43.05	22.86
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	22.72	4.49	42.52	12.52
ARAGONİT	11.36	3.13	54.72	17.48
KUVARS	54.55	0.44	15.5	6.41
FELDİSPAT	34.09	1.3	20.05	7.45
KALSİT	56.09	1.56	100	41.72
DOLOMİT	29.55	0.63	69.82	14.08
JİPS	2.27	1.07	1.07	1.07

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%56,09) olan kalsit minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%1,07) olan jips mineralidir. Kil ve kuvars mineralinin bulunuş frekansı (%54,55) aynıdır. Kil ve kuvars minerallerinin ardından, bulunuş frekanslarına göre en sık rastlanan mineraller sırasıyla illit/mika minerali (%27,27), klinoptilolit/höylandit minerali (%22,72) ve aragonit minerali (%11,36) olduğu belirlenmiştir. Uzun Tepe Üyesi'nde gözlenen opal – CT, analsim ve pirit mineraline bu sondajda rastlanmamıştır. Ortalama değeri açısından kalsit minerali en yüksek (%41,72) iken, jips minerali en düşük ortalamayı (%1,07) temsil etmektedir. Kalsit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla kil minerali (%28,28), illit/mika minerali (%22,86), aragonit (%17,48), dolomit (%14,08), klinoptilolit/höylandit (%12,52), feldispat (%7,45) ve kuvars (%6,41) olarak saptanmıştır. Şekil 5.5' te minerallerin dikey dağılımı verilmiştir. Şekil 5.6'da 613 – 80 ve Şekil 5.7'de 613 – 88 numaralı örneklerin XRD – TK difraktogramları yer almaktadır. Şekil 5.8'de iki borat seviyesinin arasından alınan 613 – 84 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı yer almaktadır.



Şekil 5. 5. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.



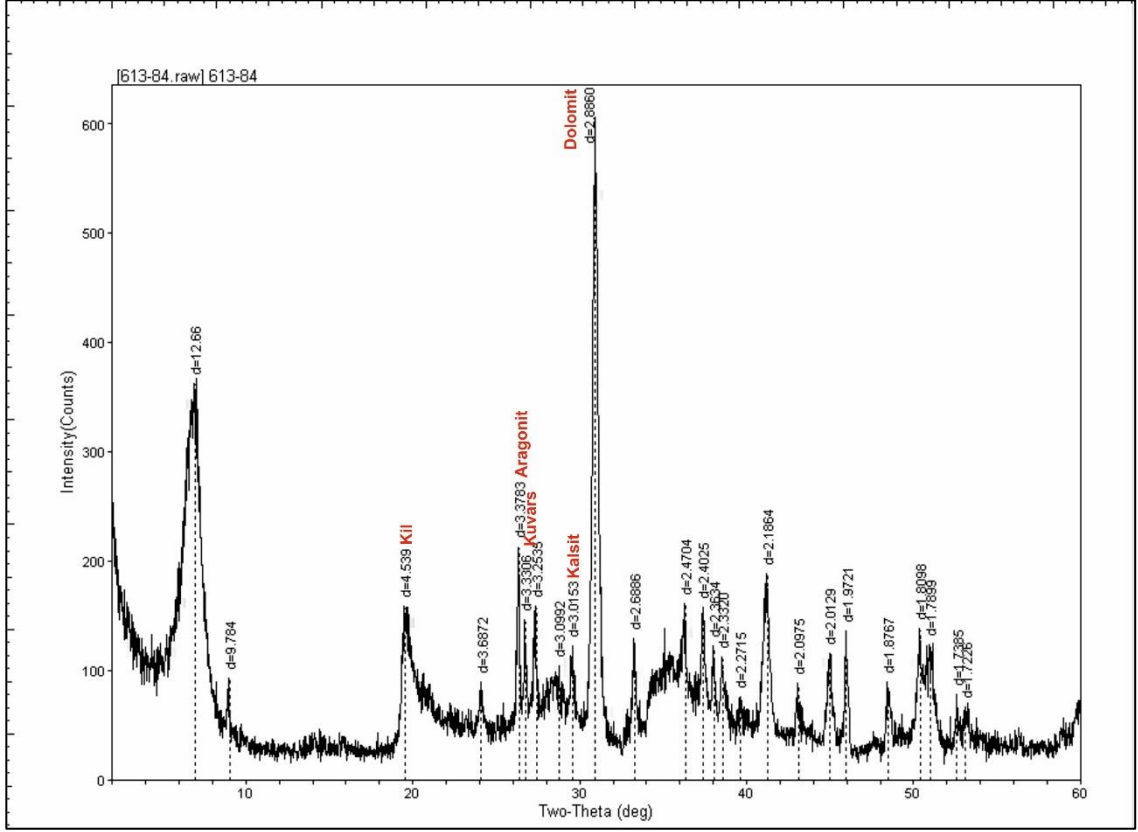
Şekil 5.5. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı (devamı)

Dikey dağılımı incelendiğinde istif, kil ve kalsit minerali ağırlıklıdır. İstifin en alt kesiminde (680 – 600 m) kil, kuvars, kalsit ve dolomit mineralleri yaygın olarak

bulunmaktadır. Aragonit ve mika minerali düşük konsantrasyonda gözlenmektedir. Mika minerali en yüksek bolluğuna istifin en alt kesiminde izlenmektedir. 600 – 500 m aralığında, kil ve kalsit minerali yaygın olarak bulunmaktadır. Kalsit minerali miktarsal oranı belirgin şekilde artarak baskın mineral konumuna geçmekte ve bu aralıkta tüm kesitteki en yüksek bolluk değerine ulaşmaktadır. Mika, kuvars, feldispat ve dolomit daha az gözlenmektedir. 500 – 400 m aralığında kil, mika ve kalsit minerali yaygın ve yüksek konsantrasyonlarda gözlenmektedir. Aragonit ve klinoptilolit minerali en yüksek bolluğuna bu kesimde ulaşmaktadır. Jips minerali sadece bu kesimde gözlenmektedir.

İstifin 552 – 667 m derinlikleri arasında borat minerallerinin varlığı tespit edilmiştir. Bu seviyelerde gözlemlenen borat mineralleri kolemanit ve probertit olarak tanımlanmıştır. İstifin borat mineralleri içeren seviye de en alttan üste doğru, 666.90 m seviyesinde kolemanit minerali, 615.25 m seviyesinde kolemanit + probertit birlikteliği, 590.10 probertit, 585 – 552.60 kolemanit minerali saptanmış ve kolemanit → kolemanit + probertit → probertit → kolemanit mineral ardalanması göstermektedir.

Çalışmada incelenen mineral dağılımlarının belirlenmesine yönelik olarak, zeolit, borat ve karbonat grubu minerallerin hem kendi içlerindeki hem de birbirleriyle olan parajenez ilişkileri saptanmıştır. Borat mineralleri probertit + kolemanit parajenezi saptanmıştır. Bu kapsamda borat – karbonat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkileri, kalsit + kolemanit; kalsit + probertit; kalsit + kolemanit + probertit; dolomit + kolemanit + probertit; kalsit + dolomit + aragonit + kolemanit; kalsit + aragonit + probertit olarak tayin edilmiştir. Bu kapsamda zeolit – karbonat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkileri, klinoptilolit/höylandit + kalsit + dolomit; klinoptilolit/höylandit + kalsit; klinoptilolit/höylandit + kalsit + dolomit + jips; klinoptilolit/höylandit + aragonit + kalsit olarak tespit edilmiştir. Klinoptilolit/höylandit + kalsit + dolomit + jips birlikteliği sadece 613 – 52 numaralı örnekte gözlenmiştir.



Şekil 5. 8. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 613 – 84 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı

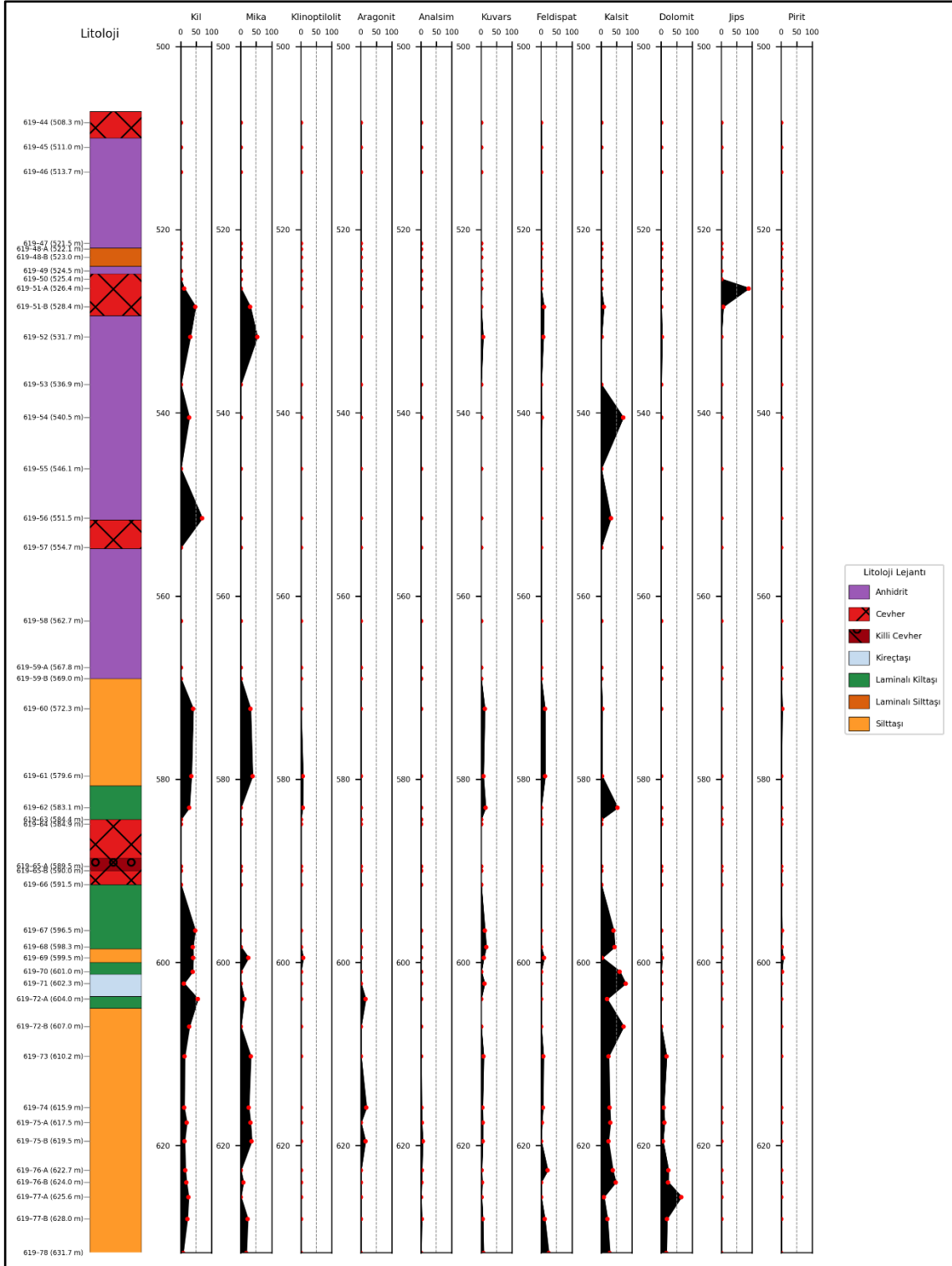
5.1.2.2. 20BM – 619 sondajı

20BM – 619 sondajından alınan örneklerde; illit/mika, amfibol, kil, kuvars, feldispat, kalsit, dolomi, aragonit, analsim, klinoptilolit / höylandit, jips, anhidrit ve pirit mineralleri saptanmıştır. Bu minerallerin dışında, borat minerallerinden kolemanit ve havlit saptanmıştır. 20BM – 619 sondajından alınan örneklerdeki minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.10' da yer almaktadır. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD – TK sonuçları (%) EK – 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. 10. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	68.67	7.11	78.42	28.11
İLLİT/MİKA	39.76	5.97	52.99	22.94
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	19.28	2.34	31.46	14
ARAGONİT	25.3	2.48	37.88	13.32
ANALSİM	7.23	1.52	5.4	2.54
KUVARS	63.86	0.49	16.39	6
FELDSPAT	37.35	1.74	24.03	9.25
KALSİT	68.68	1	99.39	31.5
DOLOMİT	38.55	1.21	64.9	12.84
JİPS	2.41	5.79	88.62	47.20
PİRİT	7.23	0.93	5.58	2.74

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%67,47) olan kalsit ve kil minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%2,41) olan jips mineralidir. Kil ve kalsit minerallerinin ardından, bulunuş frekanslarına göre en sık rastlanan mineraller sırasıyla kuvars (%62,65), illit/mika (%38,55), dolomit (%37,35), feldispat (%36,15), aragonit (%25,30), klinoptilolit/höylandit (%19,28), analsim ve pirit (%7,23) olduğu belirlenmiştir. Uzun Tepe Üyesi'nde gözlenen opal – CT minerali bu sondajda rastlanmamıştır. Ortalama değeri açısından jips minerali en yüksek (%47,20) iken, analsim minerali en düşük ortalamayı (%2,54) temsil etmektedir. Jips mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla kalsit (%32,04), kil (%27,89), illit/mika (%22,34), klinoptilolit/höylandit (%14), aragonit (%13,32), dolomit (%13,15), feldispat (%9,35), kuvars (%5,99) ve pirit (%2,74) olarak saptanmıştır. Şekil 5.9'da minerallerin dikey dağılımı yer almaktadır.



Şekil 5.9. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı (devam)

Dikey dağılımı incelendiğinde, genel olarak istif kalsit, kil ve mika minerali ağırlıklıdır. Uzun Tepe Üyesi bu sondajda, 320 – 630 m aralığında

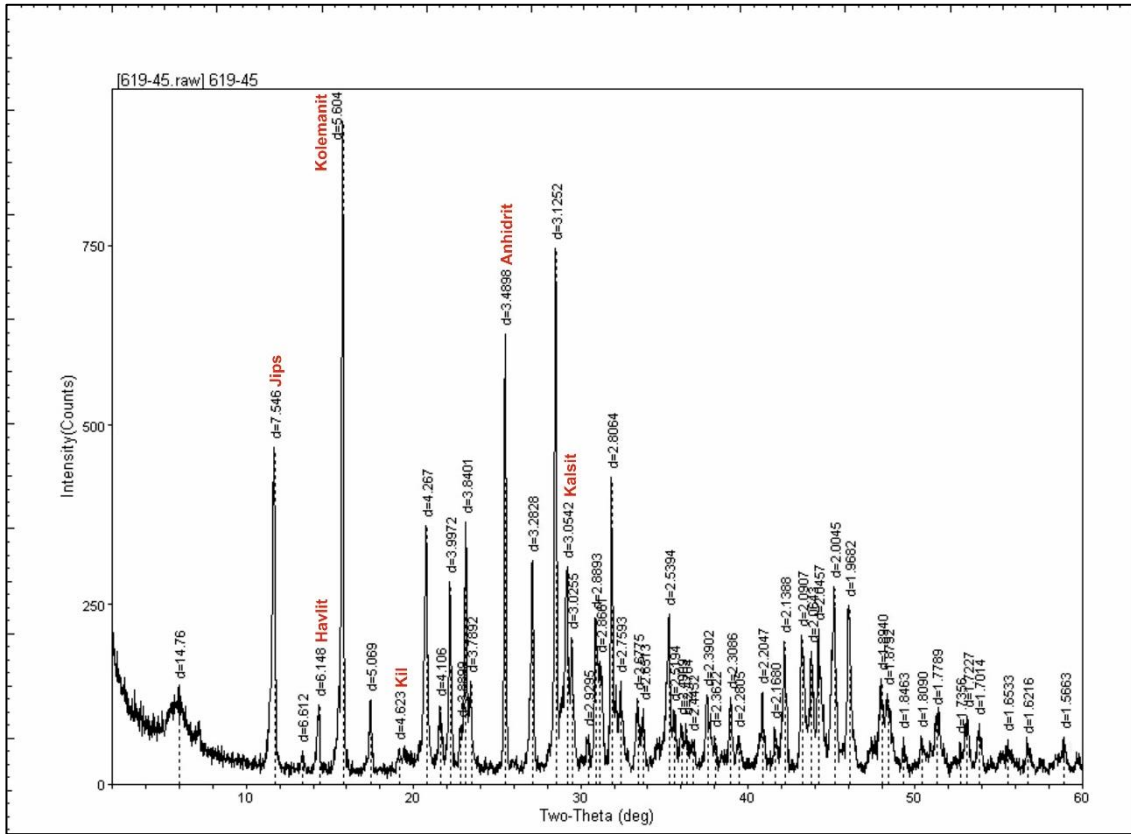
gözlenmektedir. En altta (~630 – 550 m) kil, mika ve kalsit minerallerinin nispeten baskın olduğu görülmektedir. Bunun üzerinde (~550 – 450 m) kalsit ve kil minerallerinin hâkim olduğu görülmektedir, 466 metrede aragonit, 526 metrede ise jips minerali maksimum yüzdeye ulaşmaktadır. İstifin üst kısımlarında (450 – 320 m) analsim ve Jips dışında genellikle tüm mineraller gözlenmektedir.

İstif detaylı incelendiğinde, en alt kısmında (630 – 550 m), kil, kalsit ve mika minerallerinin yaygın olduğu gözlenmekte olup, sadece istifin alt kesiminde analsim minerali 610 – 630 metreler arasında, pirit minerali ise 572 – 601 metreler arasında bulunmaktadır. Aragonit, kuvars ve feldispat mineralleri çok düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. 550 – 450 m aralığında, kalsit ve kil minerali baskın durumdadır. Aragonit ve mika minerali çok düşük konsantrasyonlarda görülmektedir. Jips minerali, en yüksek bolluğuna istifin bu aralığında (520 – 530 m) görülmektedir. 450 – 320 m aralığında, kil, mika ve kalsit minerallerinin yaygın olduğu ve lokal olarak belirgin konsantrasyonlara ulaştığı görülmektedir. Aragonit, klinoptilolit ve feldispat mineralleri yer yer belirgin konsantrasyonlara ulaşmaktadır. Dolomit minerali en yüksek bolluğuna istifin bu aralığında ulaşmaktadır.

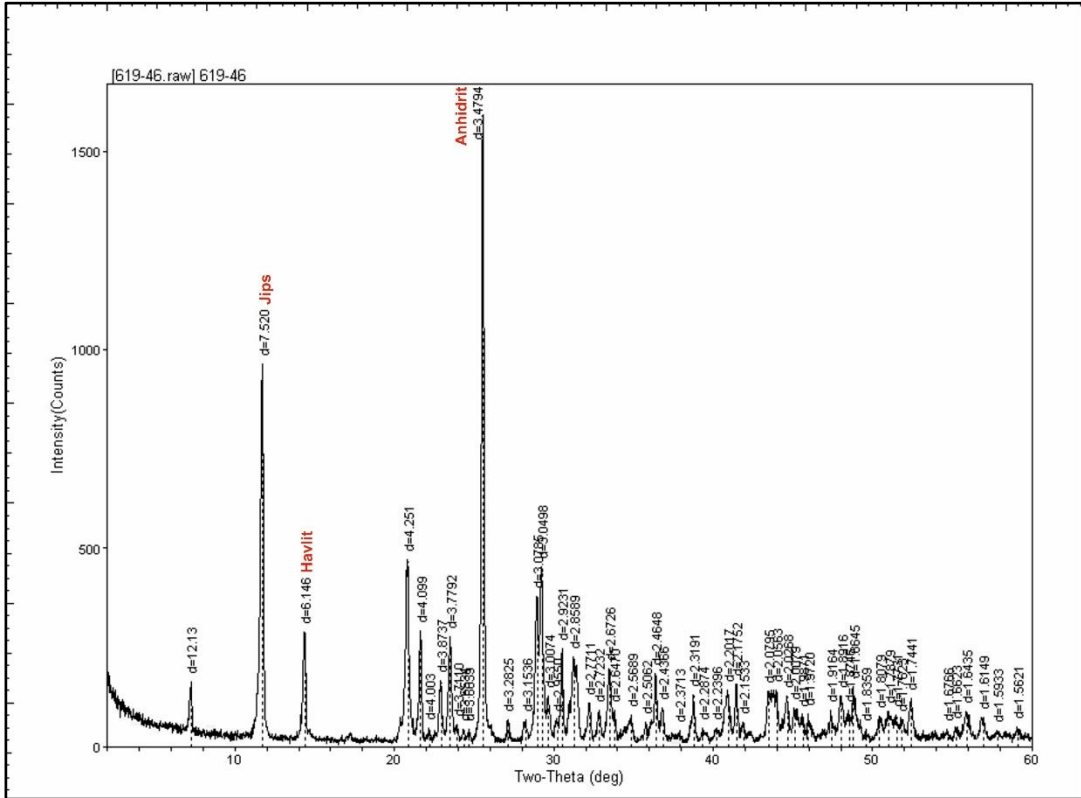
İstifin 502 – 591 m derinlikleri arasında borat minerallerinin varlığı tespit edilmiştir. Bu seviyelerde gözlemlenen borat mineralleri kolemanit ve havlit olarak tanımlanmıştır. İstifin borat mineralleri içeren seviye de en alttan üste doğru, 591.50 m seviyesinde havlit minerali, 590 m seviyesinde kolemanit + havlit birlikteliği, 589.50 kolemanit minerali, 584.40 m havlit minerali, 511 m havlit + kolemanit birlikteliği, 507.90 – 502 m arasında havlit minerali saptanmış ve havlit → kolemanit + havlit → kolemanit → havlit → kolemanit + havlit → havlit minerali ardalanması göstermektedir.

Çalışmada incelenen mineral dağılımlarının belirlenmesine yönelik olarak, zeolit, borat, karbonat ve sülfat grubu minerallerin hem kendi içlerindeki hem de birbirleriyle olan parajenez ilişkileri saptanmıştır. Bu kapsamda, borat mineralleri kapsamında kolemanit+ havlit minerali parajenezi saptanmıştır. Bu kapsamda

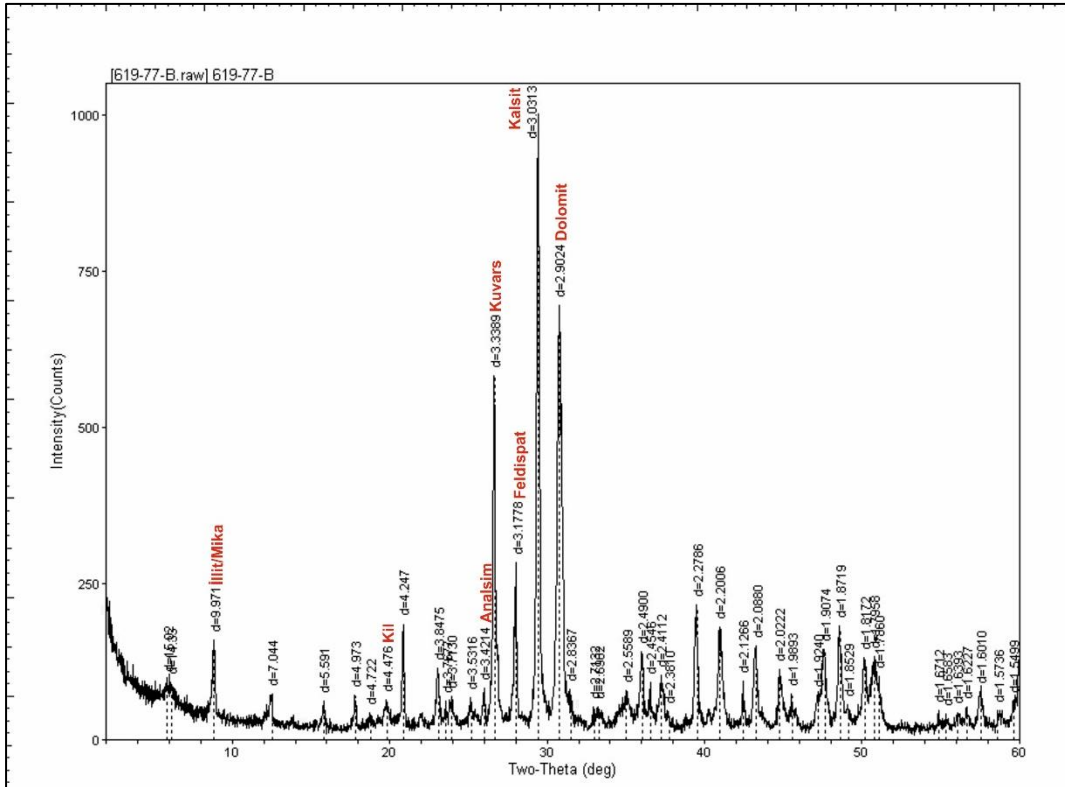
borat – karbonat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkileri, kalsit+ havlit; dolomit+ havlit; dolomit+ kolemanit olarak saptanmıştır. Bu kapsamda borat – sülfat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkileri, jips + havlit; jips + anhidrit + kolemanit + havlit; jips+ anhidrit+ havlit parajenezi saptanmıştır. Bu kapsamda zeolit – karbonat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkileri, klinoptilolit/höylandit + kalsit + dolomit; klinoptilolit/höylandit + kalsit + dolomit + aragonit; klinoptilolit/höylandit + kalsit; analsim + kalsit + dolomit + aragonit; analsim + kalsit + dolomit olarak saptanmıştır. Şekil 5.10'da 619 – 45, Şekil 5.11'de 619 – 46 ve Şekil 5.12'de 619 – 77 – B numaralı örneklerin XRD – TK difraktogramları yer almaktadır.



Şekil 5. 10. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 619 – 45 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.



Şekil 5. 12. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 619 – 46 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı



Şekil 5. 11. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 619 – 46 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.

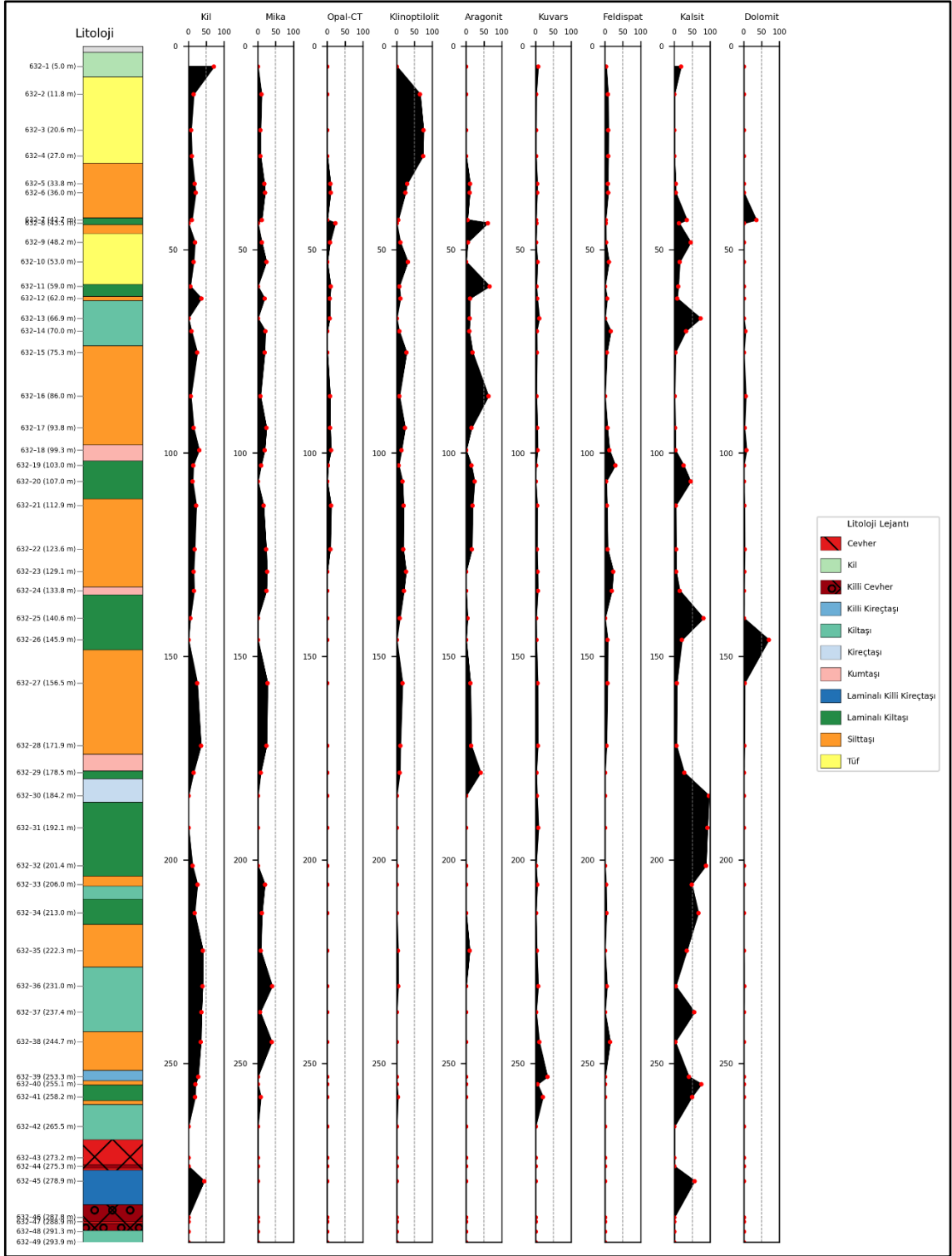
5.1.2.3. 20BM – 632 sondajı

20BM – 632 sondajından alınan örneklerde; illit/mika, kil, kuvars, opal – CT, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit ve klinoptilolit / höylandit mineralleri saptanmıştır. Bu minerallerin dışında, borat minerallerinden kolemanit, üleksit ve probertit saptanmıştır. 20BM – 632 sondajından alınan örneklerdeki minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.11’ de verilmiştir. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait örneklerin XRD – TK sonuçları (%) EK – 6’da verilmiştir.

Çizelge 5. 11. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	51.02	5.12	90.21	26.36
İLLİT/MİKA	38.76	5.93	39.83	15.2
OPAL – CT	13.27	1.87	22.11	9.1
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	28.57	3.41	74.78	20.21
ARAGONİT	32.65	3.5	65.32	22.24
KUVARS	54.08	0.42	32.79	4.62
FELDISPAT	35.71	1.47	28.64	7.39
KALSİT	52.04	0.91	96.18	29.03
DOLOMİT	22.45	0.62	69.52	10.19

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%54,08) olan kuvars minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%13,27) olan opal – CT mineralidir. Kuvars mineralinin ardından, bulunuş frekanslarına göre en sık rastlanan mineraller sırasıyla kalsit (%52,04), kil (%51,02), illit/mika (%38,76), feldispat (%35,71), aragonit (%32,65), klinoptilolit/höylandit (%28,57) ve dolomit (%22,45) olduğu belirlenmiştir. Uzun Tepe Üyesinde gözlenen analsim, jips ve pirit minerali bu sondajda rastlanmamıştır. Ortalama değeri açısından kalsit minerali en yüksek (%29,03) iken, kuvars minerali en düşük ortalamayı (%4,62) temsil etmektedir. Kalsit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla kil (%26,36), aragonit (%22,24), klinoptilolit/höylandit (%20,21), illit/mika (%15,20), dolomit (%10,19), opal – CT (%9,10) ve feldispat (%7,39) olarak saptanmıştır. Şekil 5.13’te minerallerin dikey dağılımı verilmiştir.



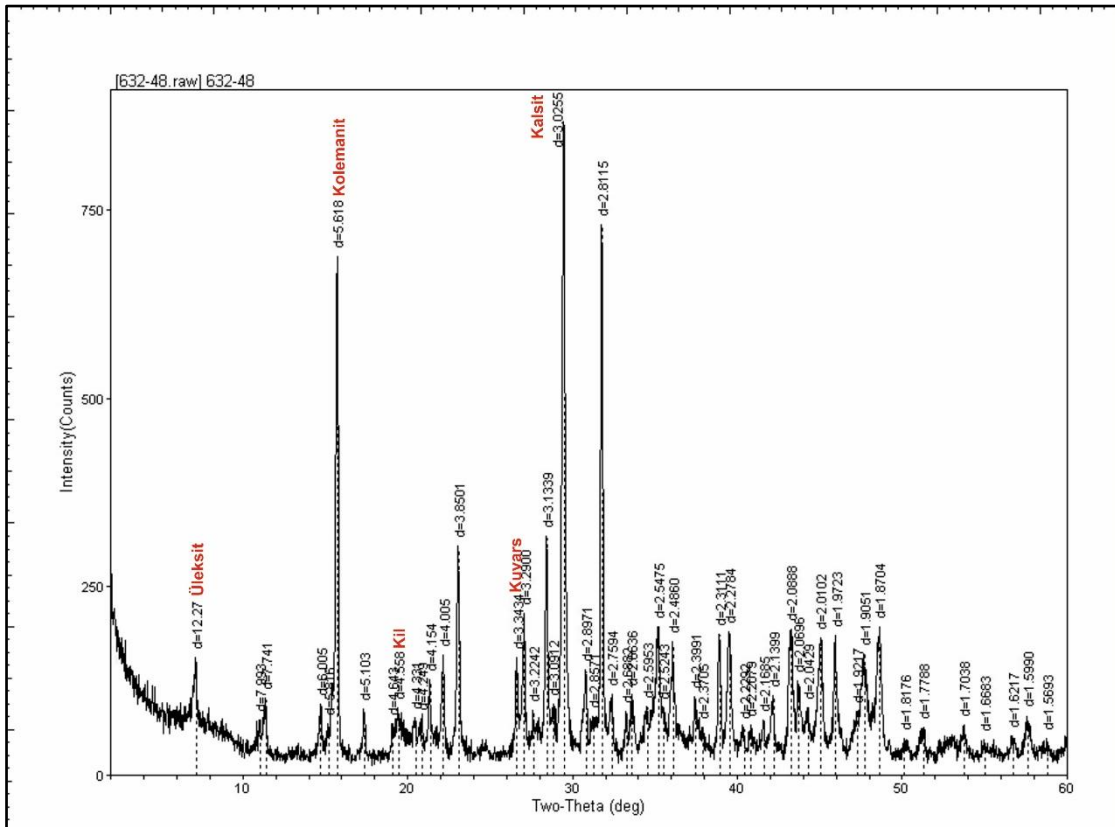
Şekil 5. 13. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.

İstifi detaylı incelendiğinde, en alt kısmında (632 – 550 m), karbonat minerallerinin (kalsit, dolomit, aragonit) diğer minerallere göre nispeten daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu aralıkta, kil, illit/mika, kuvars ve feldispat mineralleri daha düşük oranda bulunmaktadır. Derinliğin azalmasıyla (550 – 400 m), kil ve aragonit oranlarında belirli bir artış gözlenirken, diğer minerallerin oranları düşüktür. 400 – 350 m aralığında kil, kalsit ve aragonit miktarında belirgin bir artış yaşanmaktadır. 350 – 250 m aralığında kil ve kalsit oranları yüksek seviyelerde görülmektedir. İstifin üst kesiminde (250 – 0), tüm mineraller gözlenmekle birlikte, istifin üst kesimlerine doğru, klinoptilolit, aragonit, kalsit, kil ve illit/mika miktarlarında bir artış söz konusudur. Karbonat minerallerinin (kalsit ve dolomit) dikey dağılımında homojen bir dağılım gözlenmemektedir. Aragonit minerali en yüksek bolluğuna istifin bu aralığında ulaşmaktadır. Opal – CT ve klinoptilolit istifin üst kesimlerinde ortaya çıkmaktadır.

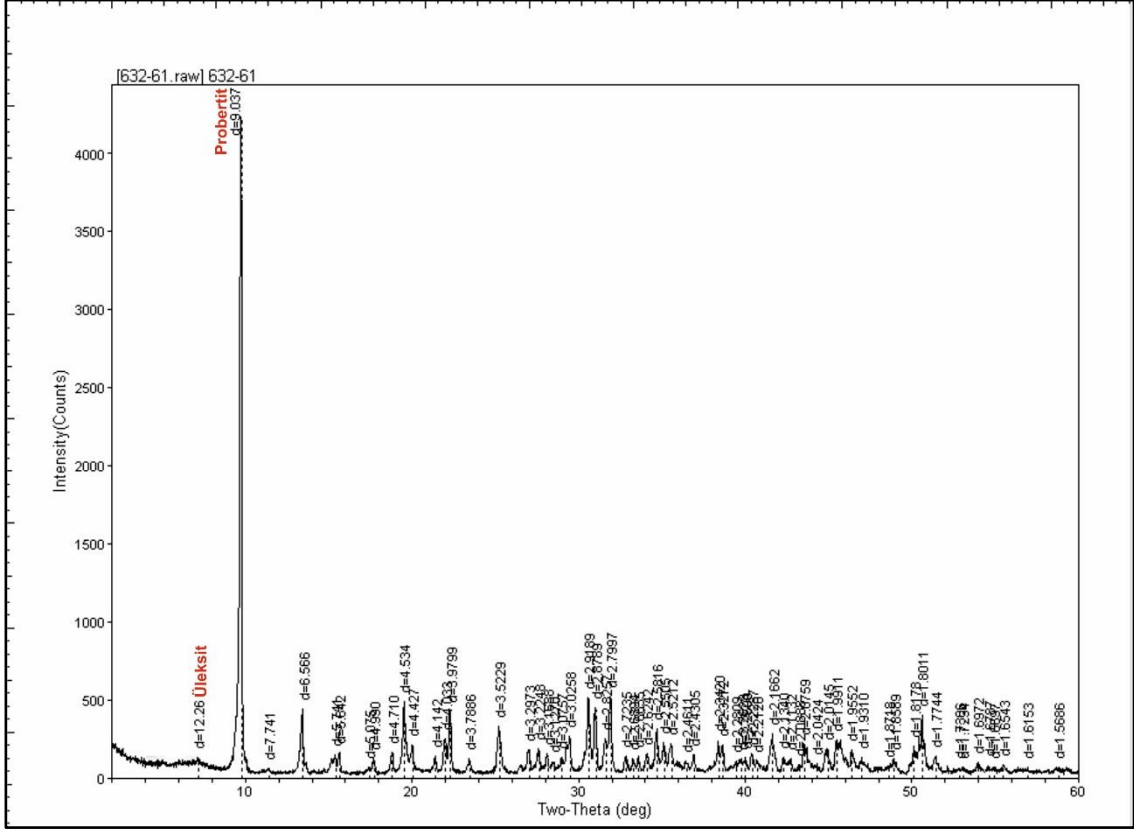
Sondajın 265.50 – 619 m aralığında borat oluşumları gözlenmektedir. Bu seviyelerde gözlenen borat mineralleri kolemanit, üleksit ve probertit minerali olarak tanımlanmıştır. Yapılan sondajlar içerisinde, borat mineralleri açısından en kalın kesiti bu sondaj sunmaktadır. İstifin borat mineralleri içeren seviye de en alttan üste doğru, 618.20 m kolemanit minerali; 417.80 m probertit minerali; 407.40 m üleksit minerali; 367.90 m kolemanit minerali; 351.60 m üleksit minerali; 327.50 m üleksit + probertit birlikteliği; 322.70 üleksit minerali; 313.50 m kolemanit minerali; 312.20 üleksit minerali; 307.60 kolemanit minerali; 307.60 m üleksit minerali; 304 m üleksit; 299.60 m kolemanit minerali; 296.05 m üleksit minerali; 291.30 m kolemanit + üleksit birlikteliği; 288.90 – 265.50 m kolemanit minerali saptanmış ve kolemanit → probertit → üleksit → kolemanit → üleksit → üleksit + probertit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit + üleksit → üleksit minerali ardalanması göstermektedir.

Çalışmada incelenen mineral dağılımlarının belirlenmesine yönelik olarak, zeolit, borat ve karbonat grubu minerallerin hem kendi içlerindeki hem de birbirleriyle olan parajenez ilişkileri saptanmıştır. Bu kapsamda, borat mineralleri kapsamında kolemanit + üleksit; üleksit + probertit minerali parajenezi saptanmıştır. Bu

kapsamda borat – karbonat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkileri, kalsit + kolemanit + dolomit; kalsit + kolemanit; kalsit + kolemanit + üleksit; kalsit + dolomit + üleksit; kalsit + üleksit; kalsit + aragonit + kolemanit; dolomit + aragonit + üleksit; kalsit + aragonit + üleksit; aragonit + üleksit; kalsit + dolomit + aragonit + kolemanit; kalsit + dolomit + probertit olarak saptanmıştır. Bu kapsamda zeolit – karbonat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkileri, klinoptilolit/höylandit + kalsit; klinoptilolit/höylandit + kalsit + dolomit + aragonit; klinoptilolit/höylandit + kalsit + aragonit; klinoptilolit/höylandit + kalsit + dolomit birliktelikleri saptanmıştır. Uzun Tepe Üyesi'nin sülfat içeriği açısından zengin olmasına rağmen, 20 BM – 632 sondajında jips ve anhidrit mineralinin saptanmayışı borat oluşumu safhasında ortamın SO₄ iyonları yönünden fakirleştiği söylenmektedir. Şekil 5.14'te 632 – 48 numaralı ve Şekil 5.15'te 632 – 61 numaralı örneklerin XRD – TK difraktogramları yer almaktadır.



Şekil 5. 14. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 632 – 48 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.



Şekil 5. 15. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 632 – 61 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.

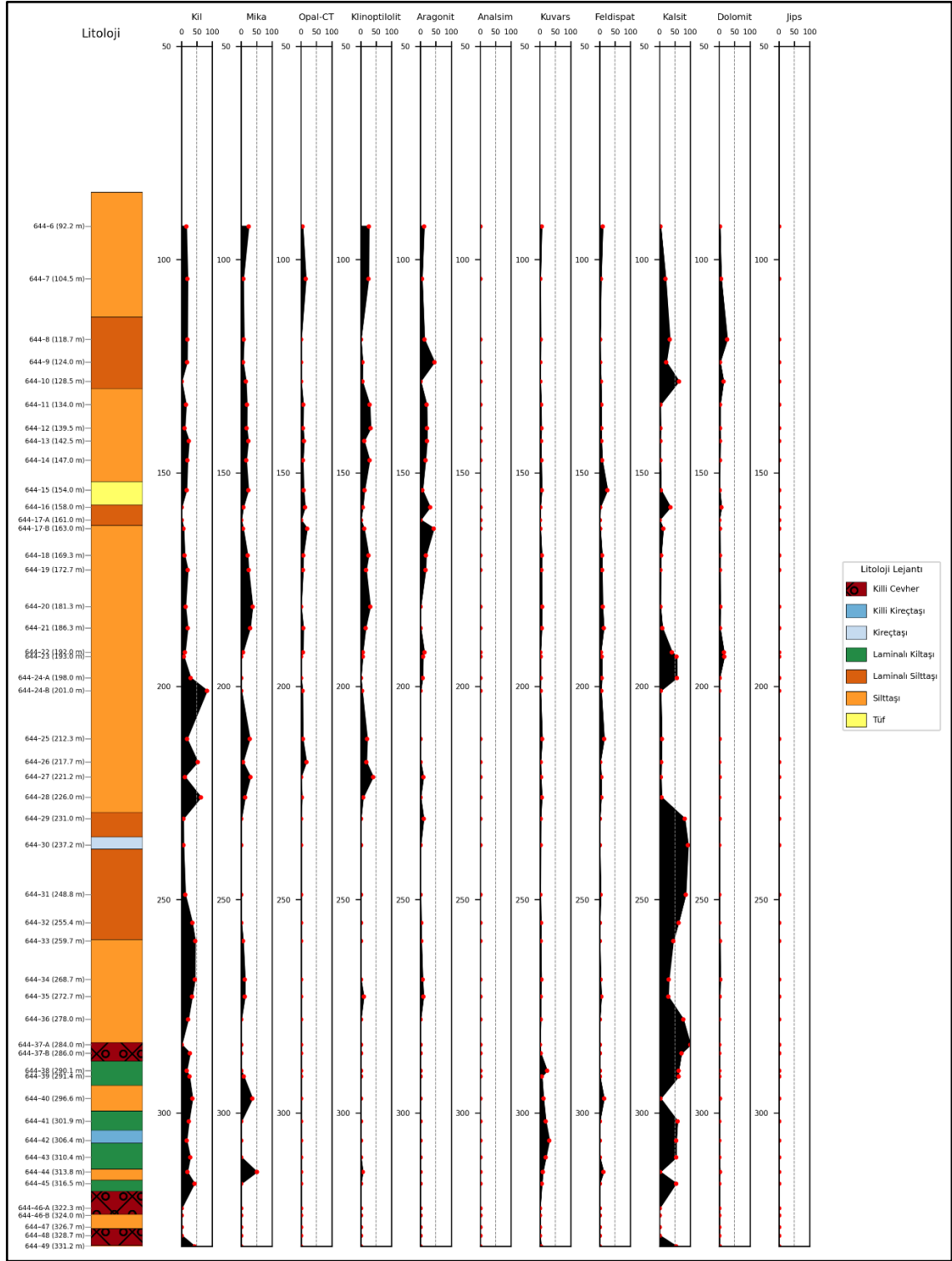
5.1.2.4. 20BM – 644 sondajı

20BM – 644 sondajından alınan örneklerde; illit/mika, amfibol, kil, kuvars, opal – CT, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit, analsim, klinoptilolit / höylandit ve jips mineralleri saptanmıştır. Bu minerallerin dışında, borat minerallerinden kolemanit, üleksit ve probertit saptanmıştır. 20BM – 644 sondajından alınan örneklerdeki minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.12' de verilmiştir. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait örneklerin XRD – TK sonuçları (%) EK – 7'de verilmiştir.

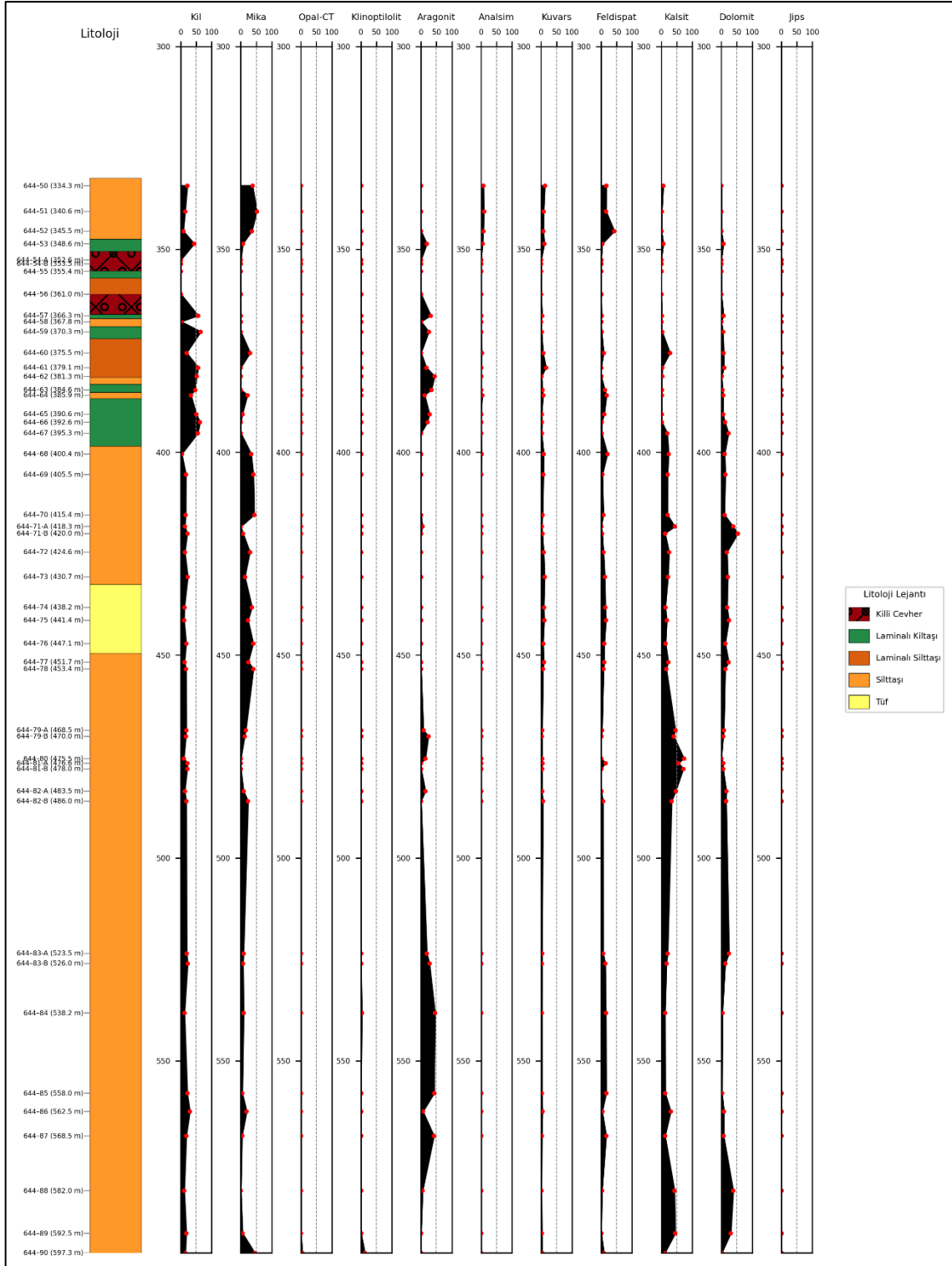
Çizelge 5. 12. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	86.32	3.09	82.06	24.26
İLLİT/MİKA	60	3.55	51.73	20.13
OPAL – CT	18.95	2.61	19.15	8.21
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	27.37	2.73	39.55	15.64
ARAGONİT	45.26	1.56	44.87	18.67
ANALSİM	7.37	1.58	9.11	5.11
KUVARS	88.42	0.91	29.95	5.08
FELDİSPAT	66.32	1	42.22	8.28
KALSİT	89.47	0.8	100	27.82
DOLOMİT	69.47	0.48	53.59	9.86
JİPS	10.53	0.17	0.95	0.63

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%89,47) olan kalsit minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%7,37) olan analsim mineralidir. Kalsit mineralinin ardından, bulunuş frekanslarına göre en sık rastlanan mineraller sırasıyla kuvars (%88,42), kil (%86,32), dolomit (%69,47), feldispat (%66,32), illit/mika (%60), aragonit (%45,26), klinoptilolit/höylandit (%27,37), opal – CT (%18,95) ve jips (%7,37) olduğu tespit edilmiştir. Ortalama değeri açısından kalsit minerali en yüksek (%27,82) iken, jips minerali en düşük ortalamayı (%0,63) temsil etmektedir. Kalsit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla kil (%24,26), illit/mika (%20,13), aragonit (%18,67), klinoptilolit/höylandit (%15,64), dolomit (%9,86), feldispat (%8,28), opal – CT (%8,21), analsim (%5,11) ve kuvars (%5,08) olarak saptanmıştır. Uzun Tepe Üyesinde gözlenen pirit minerali bu sondajda rastlanmamıştır. Minerallerin dikey dağılımı Şekil 5.16'da yer almaktadır.



Şekil 5. 16. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.



Şekil 5.16. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı (devamı)

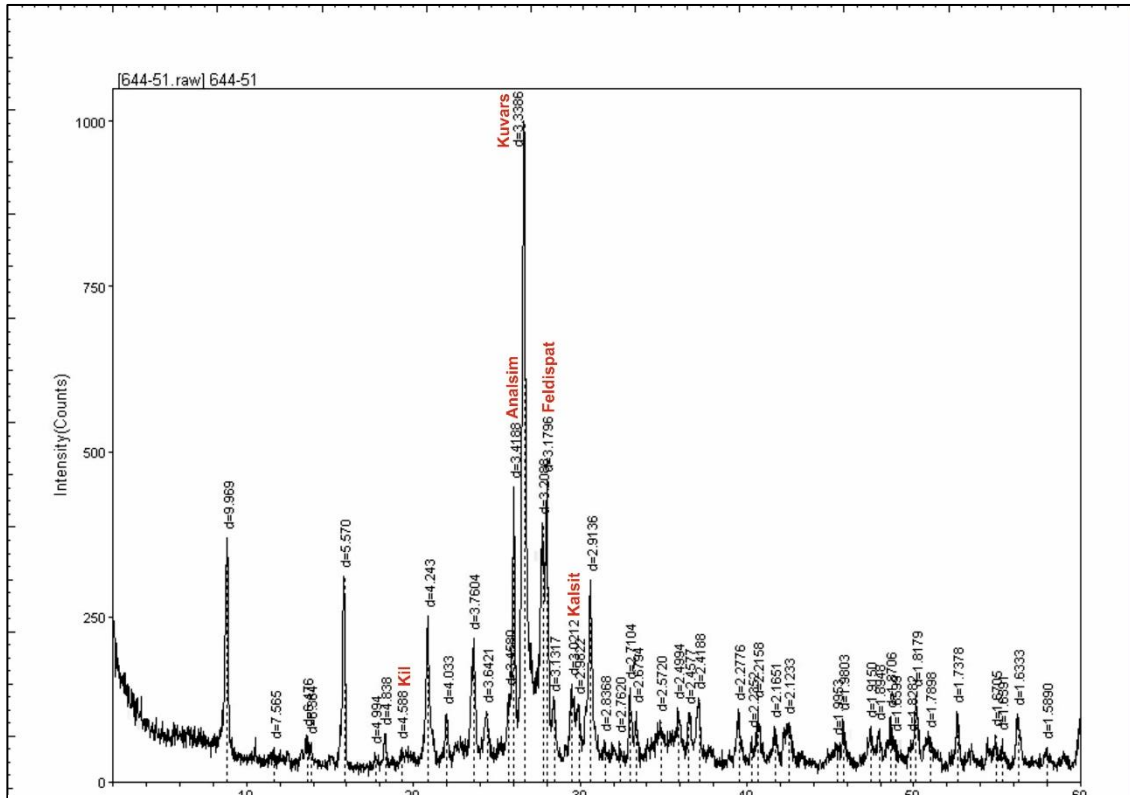
Dikey dağılımı incelendiğinde, kil, illit/mika, kuvars, feldispat, kalsit ve dolomit mineralleri genel olarak tüm istif boyunca görülmektedir. Genellikle, Opal – CT ve

klinoptilolit istifin üst kesimlerinde, analsim ise orta kesimlerinde gözlenmektedir. İstifin en alt kısmında (590 – 500 m), karbonat (kalsit ve aragonit) minerallerinin yüksek oranlarda bulunduğu, yer yer baskın fazlar haline geldiği görülmektedir. Aragonit minerali en yüksek bolluğuna istifin bu aralığında ulaşmaktadır. Bu karbonatça zengin seviyelerde kuvars ve illit/mika oranları göreceli düşüktür. Opal–CT ve klinoptilolit çok düşük konsantrasyonlarda bulunmakta olup, opal – CT sadece bir örnekte, klinoptilolit ise iki örnekte gözlenmektedir. Analsim ve jips be seviyelerde gözlenmemektedir. 500 – 400 m arasında, kalsit ve dolomit minerallerinin yüksek oranlarda bulunduğu ve yer yer baskın fazlar haline geldiği görülmektedir. Aragonit mineralinin konsantrasyonunda bir azalma gözlenmektedir. Bu karbonatça zengin seviyelerde kuvars ve feldispat oranları göreceli düşüktür. Bu seviyeler Opal – CT ve klinoptilolit gözlenmemektedir. 400 – 300 m arasında, kil ve mika minerallerinin yüksek oranlarda izlenmekte ve yer yer baskın fazlar haline geldiği görülmektedir. Buna karşılık, karbonat (kalsit, dolomit) minerallerinin bu seviyedeki oranı azalmaktadır. Kuvars, feldispat ve analsim çok düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. 300–200 m aralığında, kalsit ve kil mineralleri belirgin bir artış göstermekte ve istifin bu kesiminin ana bileşenleri haline gelmektedir. Kalsit minerali en yüksek bolluğuna istifin bu aralığında ulaşmaktadır. Analsim bu aralıkta gözlenmemektedir. İstifin üst kesimine doğru (200 – 100 m), analsim dışında tüm mineraller gözlenmekle birlikte, kil ve illit/mika mineralleri egemendir. Kalsit ve dolomit mineralleri bu üst kesimde düşük – orta konsantrasyonlarda temsil edilmekte ve lokal olarak zenginleşme göstermektedir. Opal – CT ve klinoptilolit bu aralıkta daha yaygın halde izlenmekte ve yer yer belirgin konsantrasyonlara ulaşmaktadır. Aragonit, kuvars ve feldispat bu üst kısımda düşük konsantrasyonlarda görülmektedir. Jips minerali, bu seviyelerde tekrar gözlenmektedir.

Borat oluşumları istifin 320 – 368 metre derinlik aralığında gözlenmektedir. Bu seviyelerde saptanan borat mineralleri kolemanit, üleksit ve probertit olarak tanımlanmıştır. İstifin borat mineralleri içeren seviye de en alttan üste doğru, 618.20 m kolemanit minerali; 367.80 m kolemanit minerali; 361 m probertit minerali; 355.40 m kolemanit minerali; 353.50 m üleksit minerali; 328.70 m

kolemanit minerali saptanmış ve kolemanit → probertit → kolemanit → üleksit → kolemanit mineral araldanması göstermektedir.

Çalışmada incelenen mineral dağılımlarının belirlenmesine yönelik olarak, zeolit, borat ve karbonat grubu minerallerin hem kendi içlerindeki hem de birbirleriyle olan parajenez ilişkileri saptanmıştır. Bu kapsamda borat – karbonat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkileri, kalsit + kolemanit; kalsit + dolomit + kolemanit; dolomit + üleksit; kalsit + aragonit + kolemanit minerali parajenezi saptanmıştır. Bu kapsamda zeolit – karbonat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkileri, klinoptilolit/höylandit + kalsit + aragonit; klinoptilolit/höylandit + dolomit; klinoptilolit/höylandit + kalsit + aragonit; analsim + kalsit; analsim + kalsit + dolomit + aragonit birliktelikleri saptanmıştır. Bu kapsamda zeolit – karbonat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkisi, klinoptilolit/höylandit + jips minerali birlikteliği gözlenmiştir. Şekil 5.17’de 644 – 51 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramları yer almaktadır.



Şekil 5. 17. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 644 – 51 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.

5.1.3. Emirler Tüf Üyesi

Bigadiç Formasyonuna ait Emirler Tüf üyesi 20BM – 613, 20BM – 619 ve 20 BM – 644 gözlenmiş ve örnekler alınmıştır. Bu üyede yapılan mineralojik analizler sonucunda, illit/mika, kil, kuvars, opal – CT, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit ve klinoptilolit/höylandit mineralleri saptanmıştır. Emirler Tüf Üyesi'nde gözlenen minerallerin sondajlara göre dağılımı Çizelge 5.13' de; tüm sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 644) göre istatistiksel değerlendirmesi ise Çizelge 5.14'te verilmiştir.

Dağılım incelendiğinde, illit/mika, kil, kuvars, feldispat, aragonit ve klinoptilolit/höylandit mineralleri bütün sondajlarda gözlenmiştir. Opal – CT minerali 20BM – 619 ve 20BM – 644 sondajında; dolomit minerali 20BM – 632 sondajında; kalsit minerali 20BM – 613 ve 20BM – 619 sondajında mevcuttur.

Çizelge 5. 13. Emirler Tüf Üyesi'nde saptanan minerallerin sondajlara göre dağılımı.

SONDAJ NO / MİNERALLER	20BM – 613 SONDAJI	20BM – 619 SONDAJI	20BM – 632 SONDAJI	20BM – 644 SONDAJI
İLLİT/MİKA	+	+	Bu üye mevcut değil	+
KİL	+	+		+
KUVARS	+	+		+
OPAL – CT		+		+
FELDİSPAT	+	+		+
KALSİT	+	+		
DOLOMİT		+		
ARAGONİT	+	+		+
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	+	+		+

Çizelge 5. 14. Emirler Tüf Üyesi' ne ait yer alan sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 644) göre minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	100	3.94	26.27	9.45
İLLİT/MİKA	100	2.25	15.51	8.19
OPAL – CT	25.81	8.34	13.32	10.95
KLİNOPTİLOLİT/ HÖYLANDİT	100	29.83	87.63	66.31
ARAGONİT	35.48	4.95	15.86	9.89
KUVARS	70.97	0.91	6.2	2.29
FELDSPAT	90.32	1.42	40.77	7.87
KALSİT	19.35	0.50	7.28	3.60
DOLOMİT	9.68	1.13	5.65	2.85

5.1.3.1. 20BM – 613 sondajı

20BM – 613 sondajından alınan örneklerde; illit/mika, kil, feldispat, kuvars, aragonit, kalsit ve klinoptilolit/höylandit mineralleri saptanmıştır. 20BM – 613 sondajından alınan örneklerdeki minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.15' te verilmiştir. Emirler Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD – TK sonuçları (%) EK – 8'de verilmiştir.

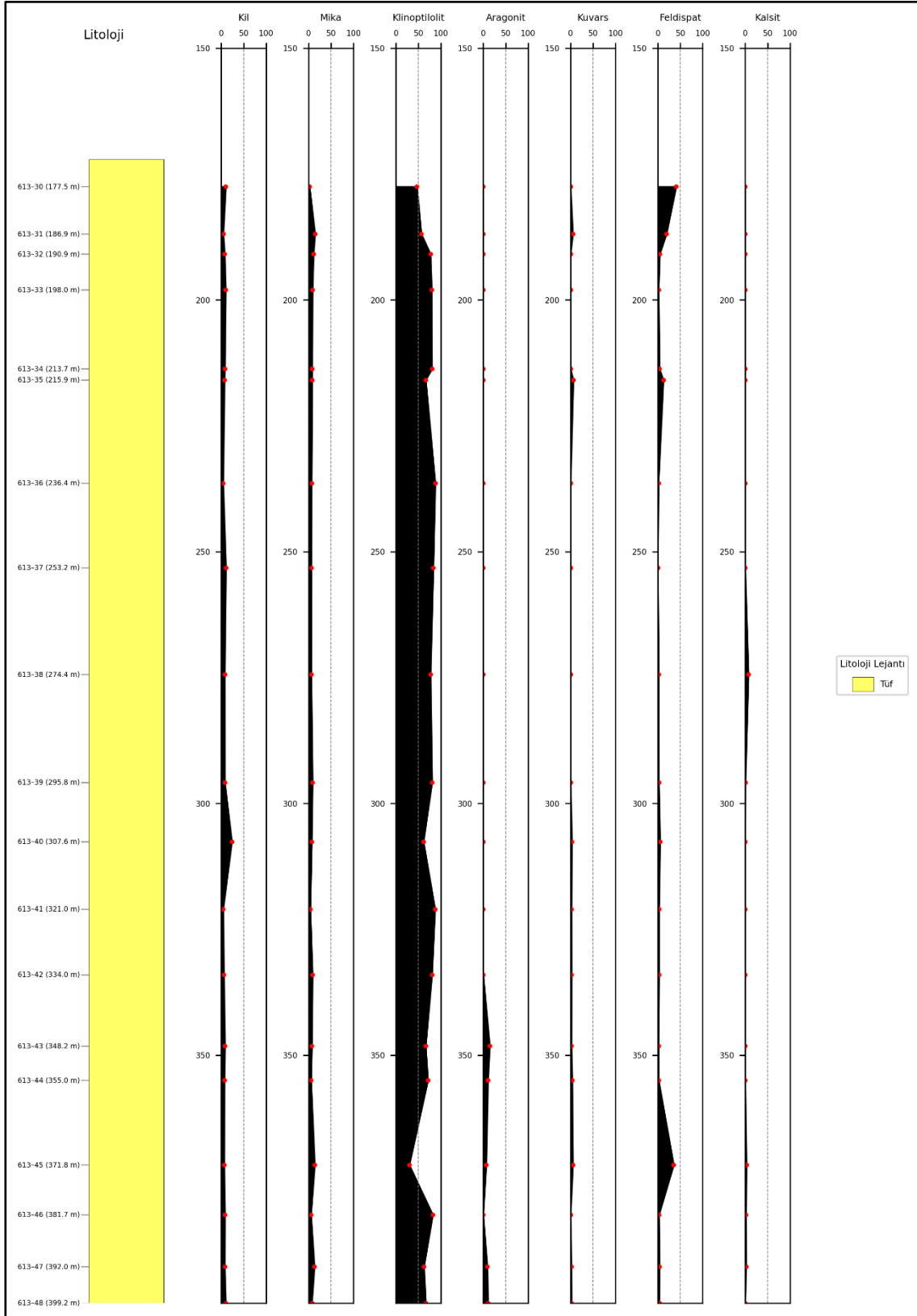
Çizelge 5. 15. Emirler Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	100	4.27	23.58	8.36
İLLİT/MİKA	100	2.25	14.38	8.02
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	100	29.83	87.63	70.69
ARAGONİT	26.32	6.72	14.55	10.35
KUVARS	52.63	1.8	6.2	3.38
FELDSPAT	94.74	1.42	40.77	8.09
KALSİT	26.32	0.5	7.28	2.91

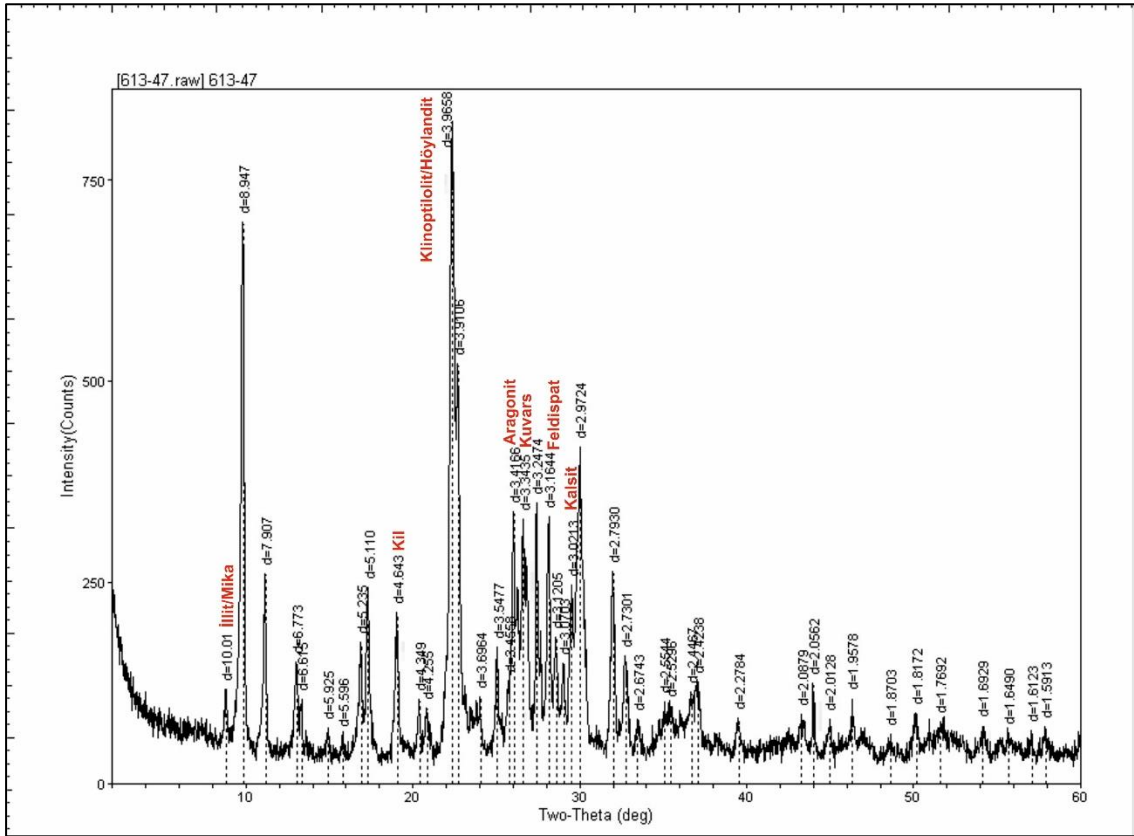
Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%100) olan kil, illit/mika ve klinoptilolit/höylandit minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%26,32) olan aragonit ve kalsit mineralidir. Kil, illit/mika ve klinoptilolit/höylandit minerallerinin ardından, bulunuş frekanslarına göre en sık rastlanan mineraller sırasıyla feldispat (%94,74) ve kil (%86,32) olduğu tespit edilmiştir. Emirler Tüf

Üyesinde gözlenen opal – CT ve dolomit minerali bu sondajda rastlanmamıştır. Ortalama değeri açısından klinoptilolit/höylandit minerali en yüksek (%70,69) iken, kalsit minerali en düşük ortalamayı (%2,91) temsil etmektedir. Klinoptilolit/höylandit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla aragonit (%10,35), kil (%8,36), feldispat (%8,09), illit/mika (%8,02) ve kuvars (%3,38) olarak saptanmıştır. Şekil 5.18' de minerallerin dikey dağılımı verilmiştir.

Dikey dağılımı incelendiğinde, klinoptilolit minerali ortalama yüzdesi ve bulunuş frekansı açısından en yaygın mineraldir. Kil, mika ve feldispat minerallerinin yaygın olduğu ve klinoptilolit mineraline kıyasla düşük oranda olduğu gözlenmektedir. Aragonit, kuvars ve kalsit mineralleri düşük bulunuş frekansına sahip olup, bu minerallerden aragonit istifin alt kesiminde izlenmektedir. Şekil 5.19'da 613 – 47 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramları yer almaktadır.



Şekil 5. 18. Emirler Tuf Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.



Şekil 5. 19. Emirler Tüf Üyesi'ne ait 613 – 47 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.

5.1.3.2. 20BM – 619 sondajı

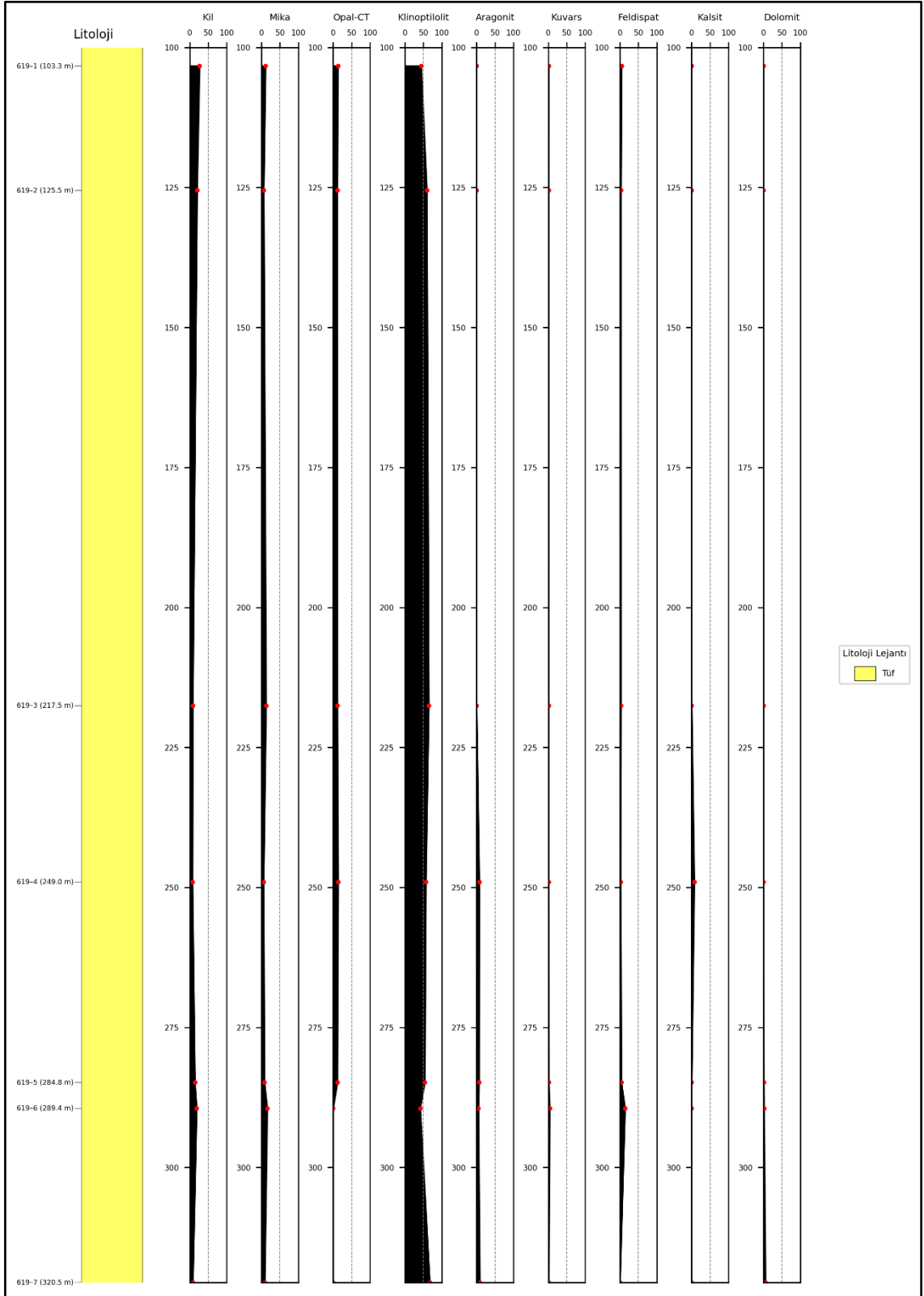
20BM – 619 sondajından alınan örneklerde; illit/mika, feldispat, kil, kuvars, aragonit, kalsit, opal – CT, dolomit ve klinoptilolit/höylandit mineralleri saptanmıştır. 20BM – 619 sondajından alınan örneklerdeki minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.16' da verilmiştir. Emirler Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD – TK sonuçları (%) EK-9'da verilmiştir.

Çizelge 5. 16. Emirler Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi.

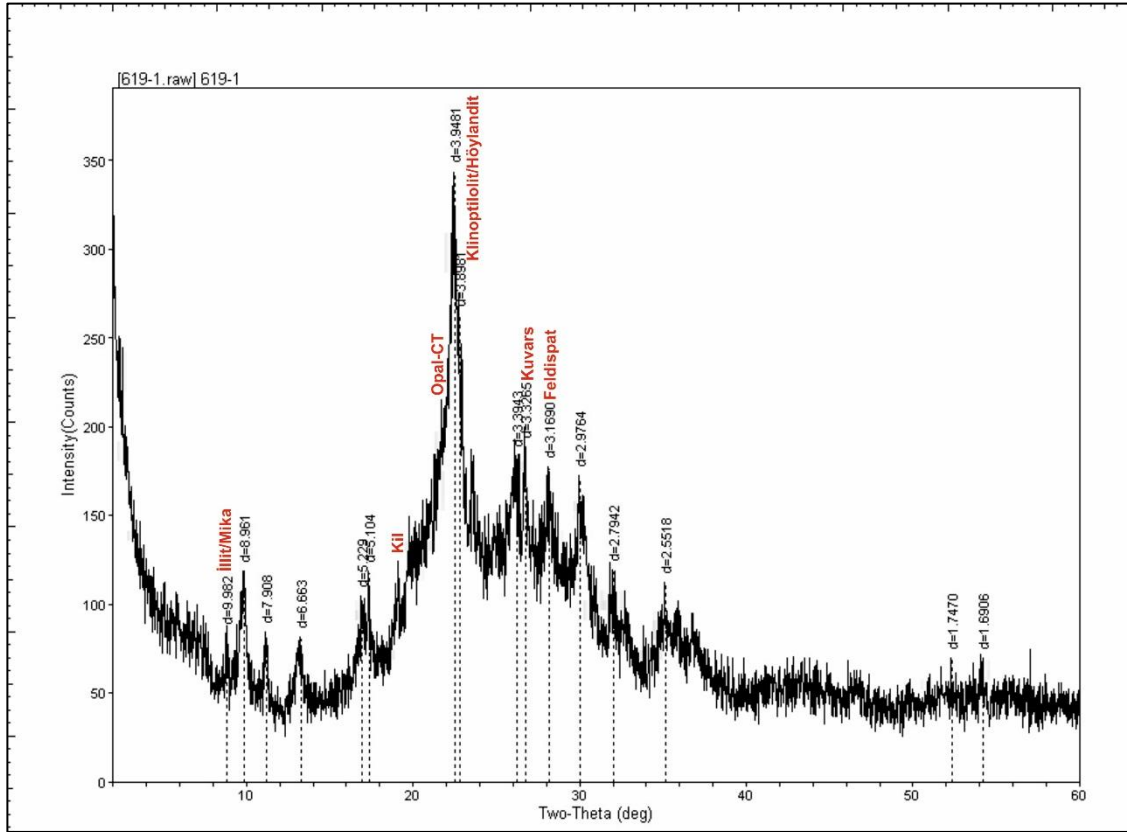
MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	100	7.16	26.27	14.57
İLLİT/MİKA	100	5.76	15.51	9.66
OPAL – CT	71.43	11.01	13.32	11.97
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	100	41.4	67.36	55.35
ARAGONİT	57.14	4.95	8.68	6.91
KUVARS	100	0.93	4.01	1.55
FELDSPAT	85.71	1.75	13.74	4.85
KALSİT	14.26	7.03	7.03	7.03
DOLOMİT	42.86	1.13	5.65	2.85

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%100) olan kil, illit/mika ve klinoptilolit/höylandit minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%14,26) olan kalsit mineralidir. Kil, illit/mika ve klinoptilolit/höylandit minerallerinin ardından, bulunuş frekanslarına göre en sık rastlanan mineraller sırasıyla feldispat (%85,71), opal – CT (%71,43), aragonit (%57,14) ve dolomit (%42,86) olduğu tespit edilmiştir. Ortalama değeri açısından klinoptilolit/höylandit minerali en yüksek (%55,35) iken, kuvars minerali en düşük ortalamayı (%1,55) temsil etmektedir. Klinoptilolit/höylandit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla kil (%14,57), opal – CT (%11,97), illit/mika (%9,66), kalsit (%7,03), aragonit (%6,91), feldispat (%4,85) ve dolomit (%2,85) olarak saptanmıştır. Şekil 5.20’ de minerallerin dikey dağılımı verilmiştir.

Dikey dağılımı incelendiğinde, istifin tamamında klinoptilolit minerali egemen olduğu ve yüksek oranda bulunduğu gözlenmektedir. Kil, mika ve opal – CT minerallerinin yaygın olduğu ve klinoptilolit mineraline kıyasla düşük oranda olduğu gözlenmektedir. Kuvars ve feldispat mineralleri çok düşük oranda bulunmaktadır. Aragonit ve dolomit mineralleri istifin alt kesimlerinde ortaya çıkmaktadır. Kalsit minerali, istifte sadece bir örnekte 249 m derinlikte gözlenmiştir. Şekil 5.21’de 619 – 1 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramları yer almaktadır.



Şekil 5. 20. Emirler Tuf Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.



Şekil 5. 21. Emirler Tuf Üyesi'ne ait 619 – 1 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.

5.1.3.3. 20BM – 644 sondajı

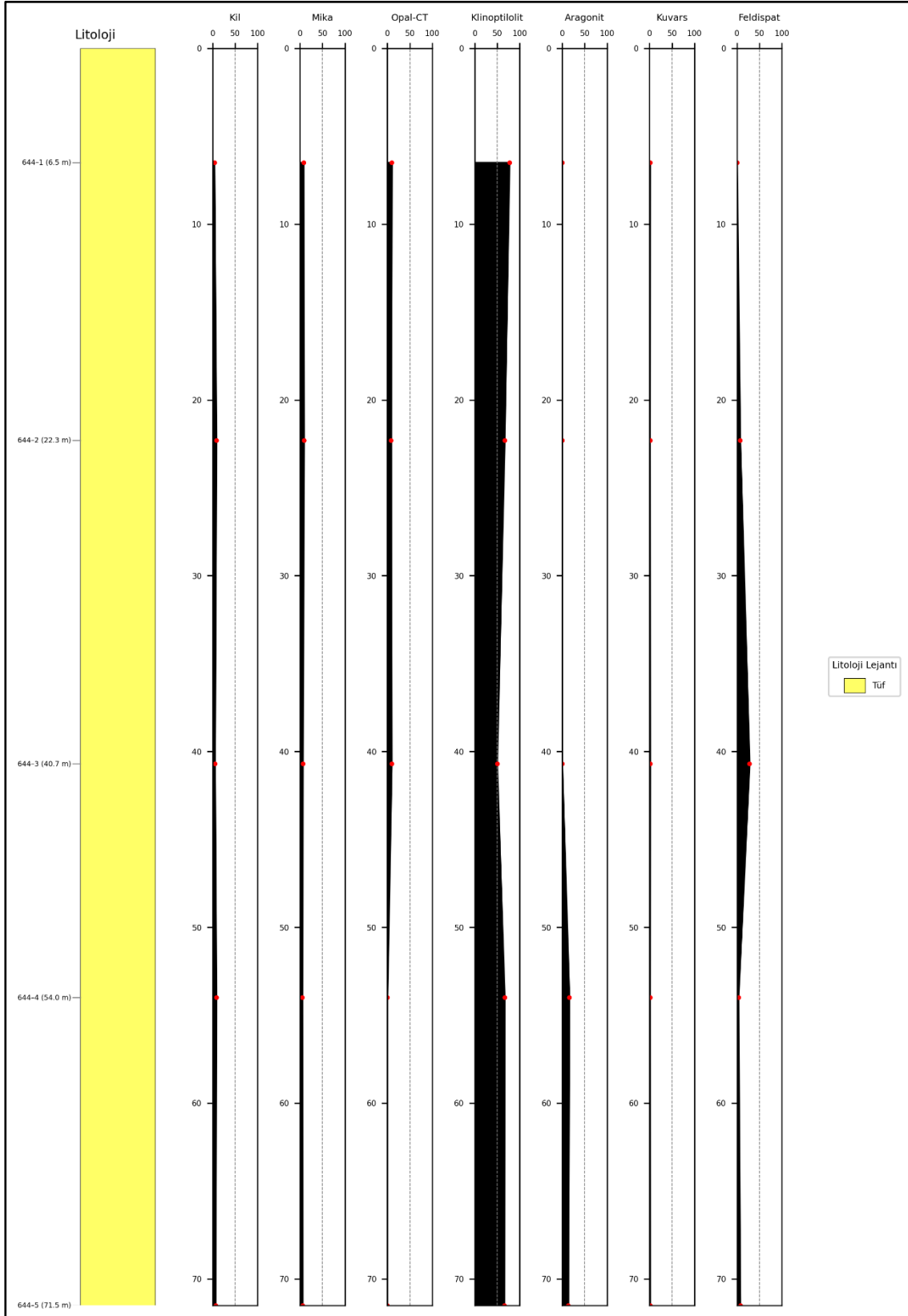
20BM – 644 sondajından alınan örneklerde; illit/mika, kil, feldispat, kuvars, opal – CT, aragonit ve klinoptilolit/höyländit mineralleri saptanmıştır. 20BM – 644 sondajından alınan örneklerdeki minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.17' de verilmiştir. Emirler Tuf üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD – TK sonuçları (%) EK – 10'da verilmiştir.

Çizelge 5. 17. Emirler Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirilmesi.

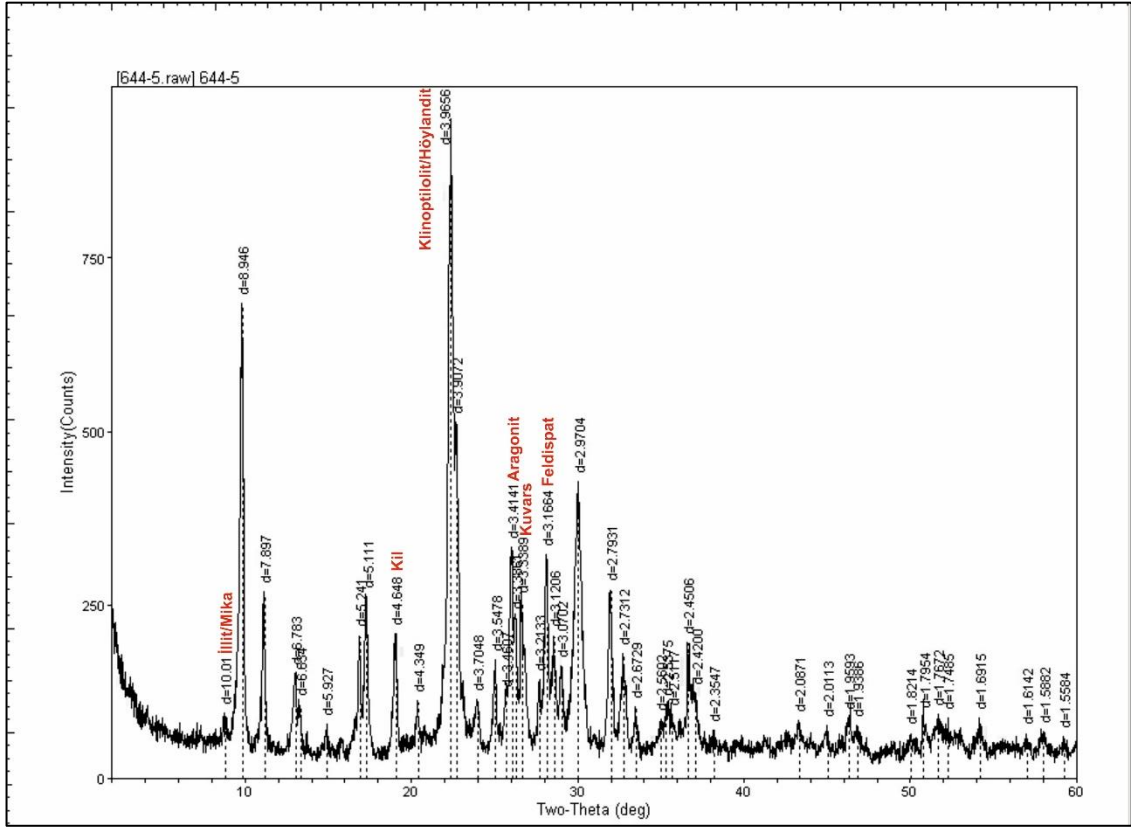
MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	100	3.94	8.31	6.46
İLLİT/MİKA	100	5.16	8.9	6.81
OPAL – CT	60	8.34	9.89	9.25
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	100	49.67	77.03	65.01
ARAGONİT	40	13.51	15.86	14.69
KUVARS	100	0.91	1.31	1.14
FELDİSPAT	80	3.29	27.93	11.44

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı değeri en yüksek (%100) olan kil, illit/mika, kuvars ve klinoptilolit/höylandit minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%40) olan aragonit mineralidir. Kil, illit/mika, kuvars ve klinoptilolit/höylandit minerallerinin ardından, bulunuş frekanslarına göre en sık rastlanan mineraller sırasıyla feldispat (%80) ve opal – CT (%60) olduğu tespit edilmiştir. Emirler Tüf üyesinde gözlenen kalsit ve dolomit mineraline bu sondajda rastlanmamıştır. Ortalama değeri açısından klinoptilolit/höylandit minerali en yüksek (%65,01) iken, kuvars minerali en düşük ortalamayı (%1,14) temsil etmektedir. Klinoptilolit/höylandit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla aragonit (%14,69), feldispat (%11,44), opal – CT (%9,25), illit/mika (%6,81) ve kil (%6,46) olarak saptanmıştır. Şekil 5.22’de minerallerin dikey dağılımı verilmiştir.

Dikey dağılımı incelendiğinde, klinoptilolit mineralinin istifin tamamında baskın olduğu ve yüksek konsantrasyonda bulunduğu gözlenmektedir. Kil, mika, feldispat ve kuvars minerallerinin yaygın olduğu ve klinoptilolit mineraline kıyasla düşük oranda bulunduğu gözlenmektedir. İstifin alt kesiminde, aragonit, üst kesimlerinde ise opal – CT gözlenmektedir. Şekil 5.23’te 644 – 5 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramları yer almaktadır.



Şekil 5. 22. Emirler Tuf Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.



Şekil 5. 23. Emirler Tüf Üyesi'ne ait 644 – 5 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramı.

5.1.4. İskele Üyesi

Bigadiç Formasyonuna ait İskele üyesi yalnızca 20BM – 613 sondajında gözlenmiş ve örnekler alınmıştır. Bu üyede yapılan mineralojik analizler sonucunda, illit/mika, kil, kuvars, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit, klinoptilolit/höylandit ve anhidrit mineralleri saptanmıştır. Çizelge 5.18' de İskele üyesinde gözlenen minerallerin sondajlara göre dağılımı verilmiştir.

Çizelge 5. 18. İskele Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

SONDAJ NO / MİNERALLER	20BM – 613 SONDAJI	20BM – 619 SONDAJI	20BM – 632 SONDAJI	20BM – 644 SONDAJI
İLLİT/MİKA	+	Bu üye mevcut değil	Bu üye mevcut değil	Bu üye mevcut değil
KİL	+			
KUVARS	+			
FELDİSPAT	+			
KALSİT	+			
DOLOMİT	+			
ARAGONİT	+			
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	+			
ANHİDRİT	+			

5.1.4.1. 20BM – 613 sondajı

20BM – 613 sondajından alınan örneklerde illit/mika, feldispat, kil, kuvars, aragonit, kalsit, dolomit, klinoptilolit/höylandit ve anhidrit mineralleri saptanmıştır. 20BM – 613 sondajından alınan örneklerdeki minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.19' da verilmiştir. İskele üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD – TK sonuçları (%) EK – 11'de verilmiştir.

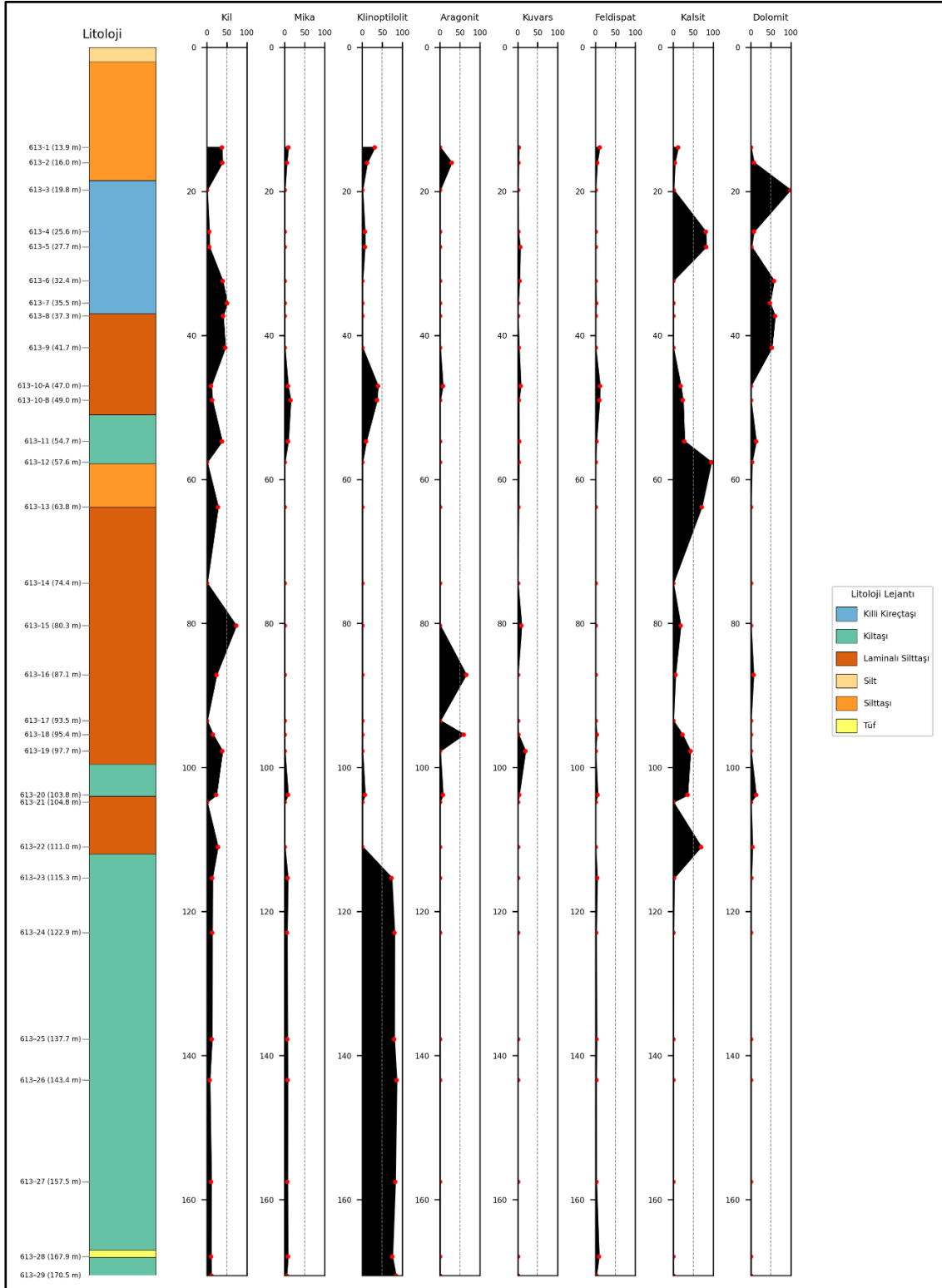
Çizelge 5. 19. İskele Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
KİL	83.33	5.17	72.62	24.8
İLLİT/MİKA	43.33	4.62	14.43	7.45
KLİNOPTİLOLİT / HÖYLANDİT	50	5.66	85.18	46.71
ARAGONİT	16.67	6.51	64.9	33.12
KUVARS	56.67	0.55	18.84	3.88
FELDİSPAT	50	1.52	10.81	4.51
KALSİT	60	0.63	94.88	34.07
DOLOMİT	46.67	0.76	98.4	26.41

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%83,33) olan kil minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%16,67) olan aragonit mineralidir. Kil

mineralinin ardından, bulunuş frekanslarına göre en sık rastlanan mineraller sırasıyla kalsit (%60), kuvars (%56,67), klinoptilolit/höylandit ve feldispat (%50), dolomit (%46,67) ve illit/mika (%56,67) olduğu tespit edilmiştir. Ortalama değeri açısından klinoptilolit/höylandit minerali en yüksek (%46,71) iken, kuvars minerali en düşük ortalamayı (%3,88) temsil etmektedir. Klinoptilolit/höylandit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla kalsit (%34,07), aragonit (%33,12), dolomit (%26,41), kil (%24,8), illit/mika (%7,45) ve feldispat (%4,51) olarak saptanmıştır. Şekil 5.24' te minerallerin dikey dağılımı verilmiştir.

Dikey dağılımı incelendiğinde, kil ve kalsit mineralleri ağırlıklıdır. İstifin genelinde mika, aragonit, kuvars ve feldispat mineralleri istif boyunca heterojen bir dağılım göstermektedir. İstifin en alt kısmında (170 – 105 m) aragonit ve kuvars dışında tüm mineraller gözlenirken, ortalama yüzdesi en yüksek olan mineral klinoptilolit/höylandit. İstifin üst kesiminde (100 – 0 m) kil, kuvars ve kalsit mineralleri egemendir. Kalsit, dolomit ve kil mineralinin yüksek oranda bulunduğu gözlenmektedir. Aragonit minerali bu seviyenin alt kesiminde yüksek oranda bulunmaktadır. Şekil 5.25'te 613 – 14 ve Şekil 5.26'da 613 – 20 numaralı örneğin XRD – TK difraktogramları yer almaktadır.



Şekil 5. 24. İskele Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait minerallerin dikey dağılımı.

5.2. XRD – Kil Fraksiyonu (XRD – KF) Çözümlenmeleri

Mineralojik olarak tanımlanması ve yarı – kantitatif olarak yüzdelerinin belirlenmesi için XRD – Kil fraksiyonu çözümlenmeleri yapılmıştır. Kil minerallerinin mineralojik incelenmesi amacıyla, 363 adet örnek içinde XRD – TK analizleri sonucunda kil minerali saptanan örnekler içerisinde 128 adet örnek seçilmiştir. Kil örneklerinin üyelere göre dağılımı Çizelge 5.20’ de verilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda simektit, illit, klorit, kaolinit ve serpantin minerallerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanında bulunan Bigadiç Formasyonuna ait üyelerin kil minerali içerikleri Çizelge 5.21’de yer almaktadır.

Çizelge 5. 20. Kil örneklerin sondajlara göre sayısal dağılımı.

SONDAJ NO	20BM – 613	20BM – 619	20BM – 632	20BM – 644
KİL FRAKSİYONU YAPILAN ÖRNEKLER	19	36	37	36

Çizelge 5. 21. Çalışma alanında bulunan Bigadiç Formasyonuna ait üyelerin kil minerali içerikleri.

ÜYELER / MİNERALLER	DEĞİRMENLİ TÜF	UZUN TEPE	EMİRLER TÜF	İSKELE
SİMEKTİT	+	+	+	+
KLORİT	+	+	+	+
İLLİT	+	+	+	+
KAOLİNİT	+	+	+	+
SERPANTİN	+	+		

XRD – kil fraksiyonu analiz sonuçları detaylı bir şekilde EK Çizelge 10, 11, 12, 13 14’te verilmiştir. Tez çalışması kapsamında, analiz edilen birimlere ait kil örneklerinde saptanan minerallerin, yarı – kantitatif mineral bolluk dağılımı (en az, en çok ve ortalama yüzde) ve dikey dağılımı tayin edilmiştir. Kil fraksiyonu analizi sonucunda elde edilen mineralojik veriler, Bigadiç Formasyonun üyelerinin yaşlıdan gence doğru yaş sırasına göre aşağıda sunulmaktadır.

5.2.1. Değirmenli Tüf Üyesi

Değirmenli Tüf üyesi kapsamında 20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 632 sondajlarından örnekler alınmıştır. Bu üyede yapılan mineralojik analizler sonucunda, simektit, klorit, illit, kaolinit ve serpantin minerali tespit edilmiştir. Bu minerallerden illit minerali tüm sondajlarda gözlenmiştir. Çizelge 5.22’ de Değirmenli Tüf üyesinde gözlenen kil minerallerinin sondajlara göre dağılımı verilmiştir.

Çizelge 5. 22. Değirmenli Tüf Üyesi’nde saptanan kil minerallerin sondajlara göre dağılımı.

SONDAJ NO / MİNERALLER	20BM – 613 SONDAJI	20BM – 619 SONDAJI	20BM – 632 SONDAJI	20BM – 644 SONDAJI
SİMEKTİT	+		+	Bu üye mevcut değil
KLORİT		+		
İLLİT	+	+	+	
KAOLİNİT		+		
SERPANTİN		+		

5.2.1.1. 20BM – 613 sondajı

20BM – 613 sondajından alınan örneklerde simektit ve illit mineralleri saptanmıştır. 20BM – 613 sondajına ait kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.23’ te verilmiştir. Değirmenli Tüf üyesinde gözlenen klorit, kaolinit ve serpantin mineraline bu sondajda rastlanmamıştır. 613 – 93 ve 613 – 95 numaralı örnekler üzerinde analiz yapılmıştır.

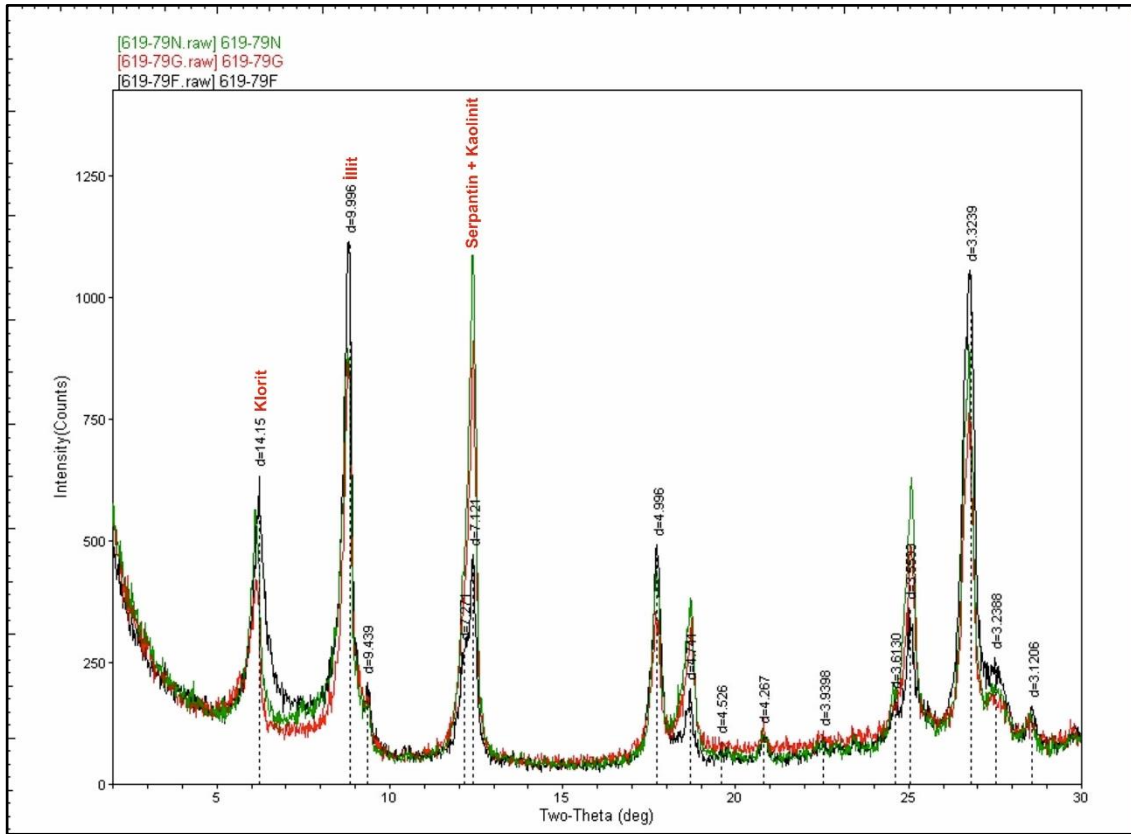
Çizelge 5. 23. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki kil minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
SİMEKTİT	100	84.96	88.81	86.89
İLLİT	100	11.19	15.04	13.11

Mineral dağılımı incelendiğinde, simektit ve illit mineralinin bulunuş frekansı (%100) aynıdır. Ortalama değeri açısından simektit minerali en yüksek (%86,89) iken, illit minerali en düşük ortalamayı (%13,11) temsil etmektedir.

5.2.1.2. 20BM – 619 sondajı

20BM – 619 sondajından alınan örnekte klorit, illit, kaolinit ve serpantin mineralleri tayin edilmiştir. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 79 numaralı örneğin mineral yüzdeleri; klorit (%16,20), illit (%41,6), kaolinit (%30,09) ve serpantin (%12,04) olarak saptanmıştır. Değirmenli Tüf üyesinde gözlenen simektit mineraline bu sondajda rastlanmamıştır. Şekil 5.27’de 617 – 79 numaralı örneğin XRD – KF difraktogramı verilmiştir.



Şekil 5. 27. Değirmenli Tüf Üyesi'ne ait 617 – 79 numaralı örneğin XRD – KF difraktogramı (N: Normal, E.G: Etilen Glikol, F: Fırınlanmış).

5.2.1.3. 20BM – 632 sondajı

20BM – 632 sondajından alınan 632 – 95 numaralı örnekte simektit ve illit mineralleri tayin edilmiştir. 20BM – 632 sondajından alınan örneğin mineral yüzdeleri; simektit (%55,22) ve illit (%44,78) olarak saptanmıştır. Değirmenli Tüf üyesinde gözlenen kaolinit, klorit ve serpantin mineraline bu sondajda rastlanmamıştır.

5.2.2. Uzun Tepe Üyesi

Uzun Tepe üyesi bütün sondaj örneklerinde gözlenmiş ve bu üyeye ait örnekler 20BM – 613, 20BM – 619, 20BM – 632 ve 20 BM – 644 sondajlarından alınmıştır. Bu üyede yapılan mineralojik analizler sonucunda simektit, illit, klorit, kaolinit ve serpantin mineralleri tespit edilmiştir. Bu minerallerden illit, simektit, klorit ve kaolinit minerali tüm sondajlarda gözlenmiştir. Serpantin minerali, 20BM – 619 ve 20BM – 644 sondajlarında gözlenmiştir. Çizelge 5.24' te Uzun Tepe üyesinde gözlenen minerallerin sondajlara göre dağılımı verilmiştir. Çizelge 5.25'te Uzun Tepe Üyesi' ne ait yer alan sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 644) göre kil minerallerin istatistiksel değerlendirmesi yer almaktadır.

Çizelge 5. 24. Uzun Tepe Üyesi'nde saptanan kil minerallerinin sondajlara göre dağılımı.

SONDAJ NO / MİNERALLER	20BM – 613 SONDAJI	20BM – 619 SONDAJI	20BM – 632 SONDAJI	20BM – 644 SONDAJI
SİMEKTİT	+	+	+	+
KLORİT	+	+	+	+
İLLİT	+	+	+	+
KAOLİNİT	+	+	+	+
SERPANTİN		+		+

Çizelge 5. 25. Uzun Tepe Üyesi' ne ait yer alan sondajlara (20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 644) göre kil minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
SİMEKTİT	98.22	8.24	100.00	77.51
KLORİT	50.89	0.4	18.42	8.46
İLLİT	75	0.42	100.00	20.21
KAOLİNİT	75	0.4	40.12	5.76
SERPANTİN	3.57	3.74	14.74	7.19

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%98,22) olan simektit minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%3,57) olan serpantin mineralidir. Ortalama değeri açısından simektit minerali en yüksek (%77,51) iken, kaolinit minerali en düşük ortalamayı (%5,76) temsil etmektedir. Simektit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla illit (%20,21), klorit (%8,46) ve serpantin (%7,19) olarak tayin edilmiştir.

5.2.2.1. 20BM – 613 sondajı

20BM – 613 sondajından alınan örneklerde simektit, klorit, illit ve kaolinit mineralleri saptanmıştır. 20BM – 613 sondajına ait kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.26'da yer almaktadır. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD – KF sonuçları (%) EK – 12'de verilmiştir.

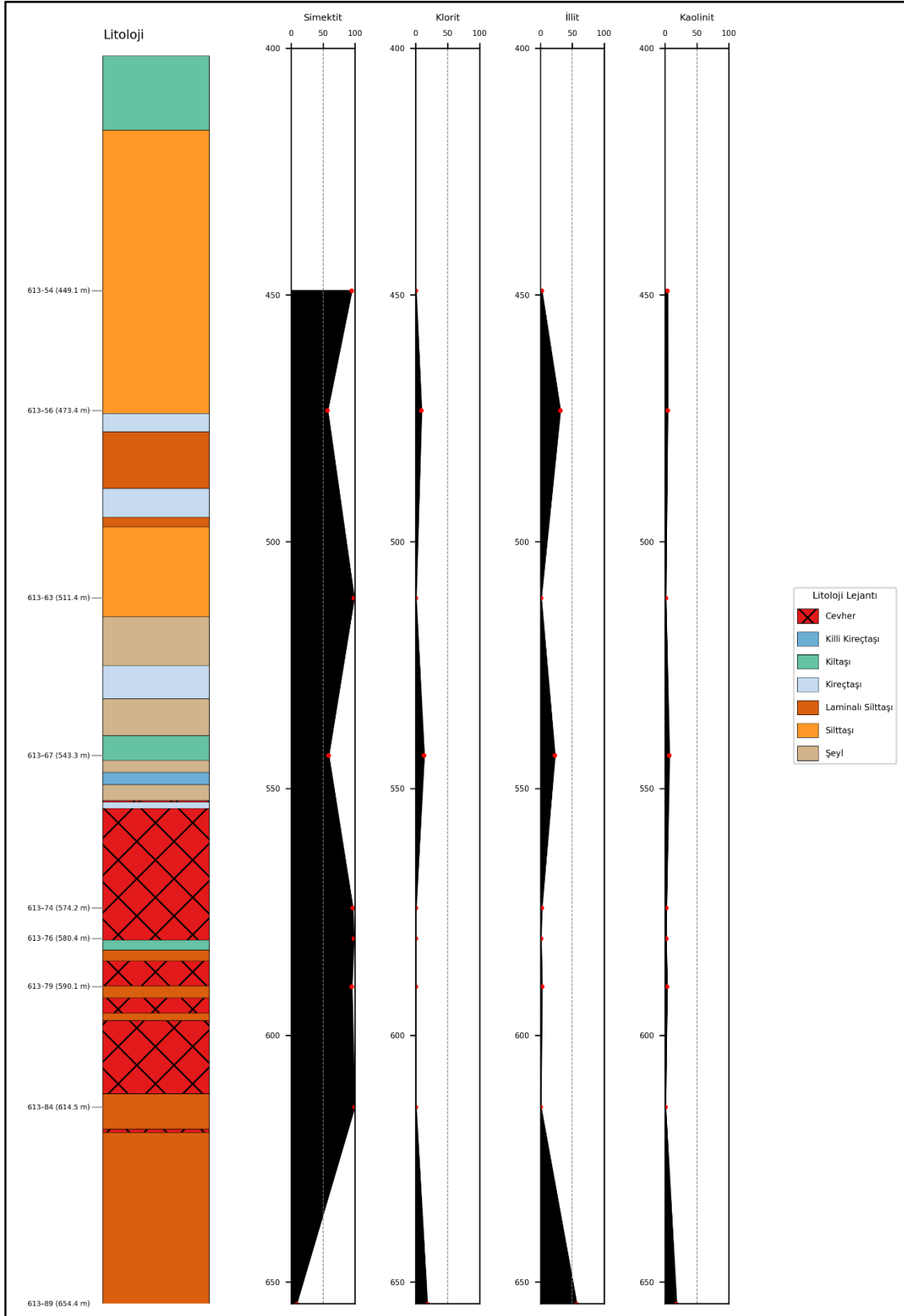
Çizelge 5. 26. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
SİMEKTİT	100	8.24	99.17	78.29
KLORİT	33.33	8.64	17.65	13.02
İLLİT	100	0.42	56.47	13.06
KAOLİNİT	100	0.42	17.65	4.31

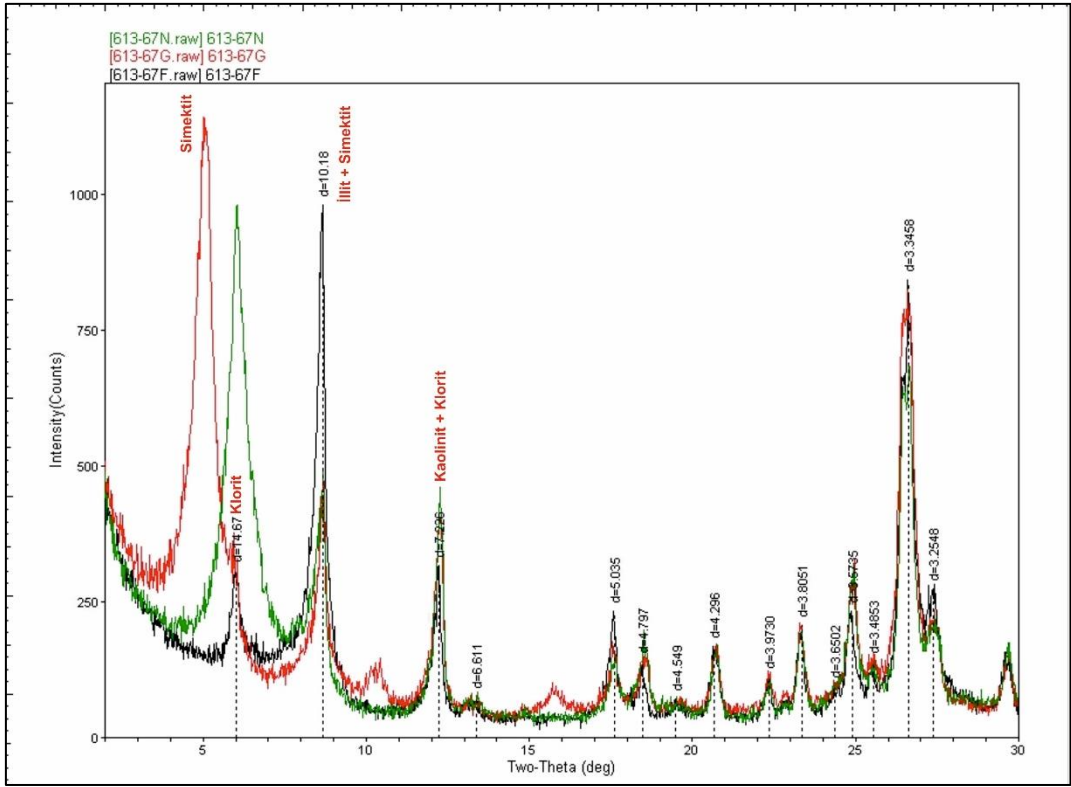
Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%100) olan simektit, illit ve kaolinit minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%33,33) olan klorit mineralidir. Uzun Tepe üyesinde gözlenen serpantin minerali bu sondajda

rastlanmamıştır. Ortalama değeri açısından simektit minerali en yüksek (%78,29) iken, kaolinit minerali en düşük ortalamayı (%4,31) temsil etmektedir. Simektit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla klorit (%13,06) ve illit (%13,02) olarak tayin edilmiştir. Şekil 5.28' de kil minerallerinin dikey dağılımı verilmiştir.

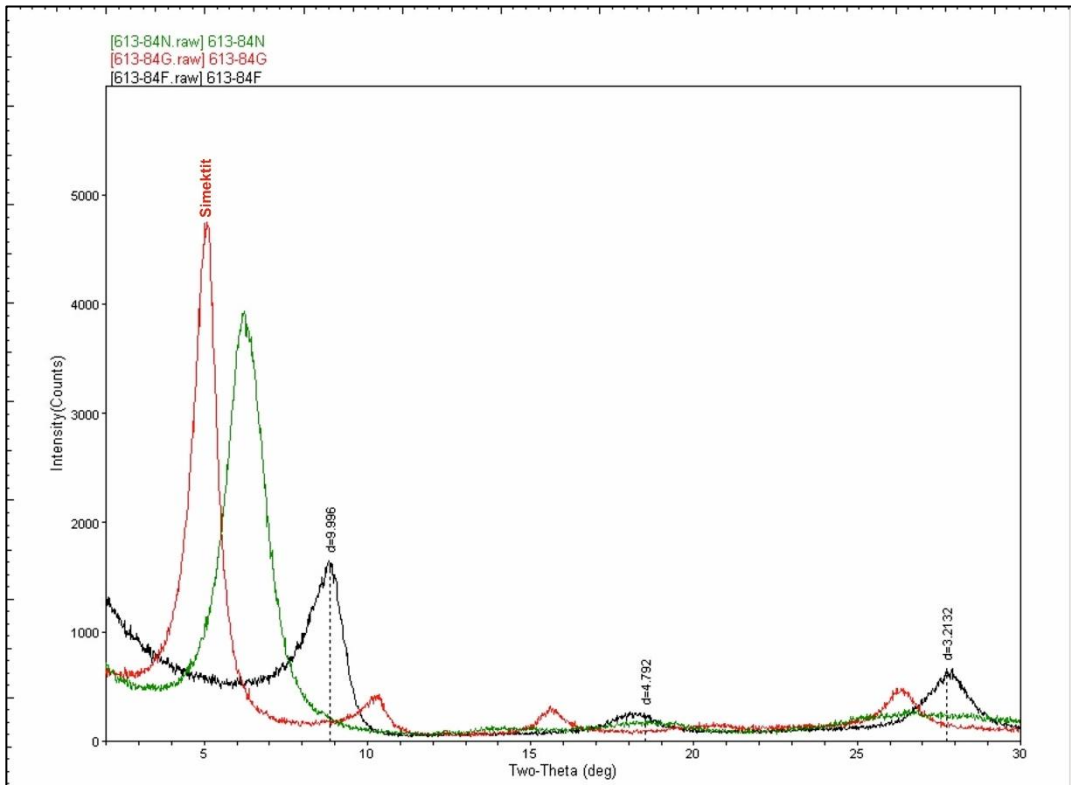
Dikey dağılımı incelendiğinde, tüm örneklerde gözlenen simektit mineralinin ortalama yüzdesi yüksektir. Aynı şekilde tüm örneklerde gözlenen illit ve kaolinit minerallerinin ortalama yüzdeleri düşüktür. Sadece üç örnekte gözlenen kloritin ortalama yüzdesi düşüktür. İstif detaylı incelendiğinde, istifin alt kısmında (650 – 550 m), simektit mineralleri yaygın ve yüksek oranda gözlenmektedir. Simektit minerali ile karşılaştırıldığında, illit ve kaolinit minerallerinin belirgin şekilde daha düşük orana sahip olduğu tespit edilmiştir. Klorit minerali sadece bir örnekte tespit edilmiş olup, en yüksek bolluğuna bu kısımda ulaşmaktadır. İstifin üst kısmında (550 – 450 m), simektit mineralleri egemen ve yüksek konsantrasyonlarda izlenmektedir. İki örnekte illit in oranı yüksektir. Şekil 5.29'da 613 – 67 ve Şekil 613 – 84 numaralı örneklerin XRD – KF difraktogramları yer almaktadır.



Şekil 5. 28. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait kil minerallerin dikey dağılımı.



Şekil 5. 29. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 613 – 67 numaralı örneğin XRD – KF difraktogramı (N: Normal, E.G: Etilen Glikol, F: Fırınlanmış).



Şekil 5. 30. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 613 – 84 numaralı örneğin XRD – KF difraktogramı (N: Normal, E.G: Etilen Glikol, F: Fırınlanmış).

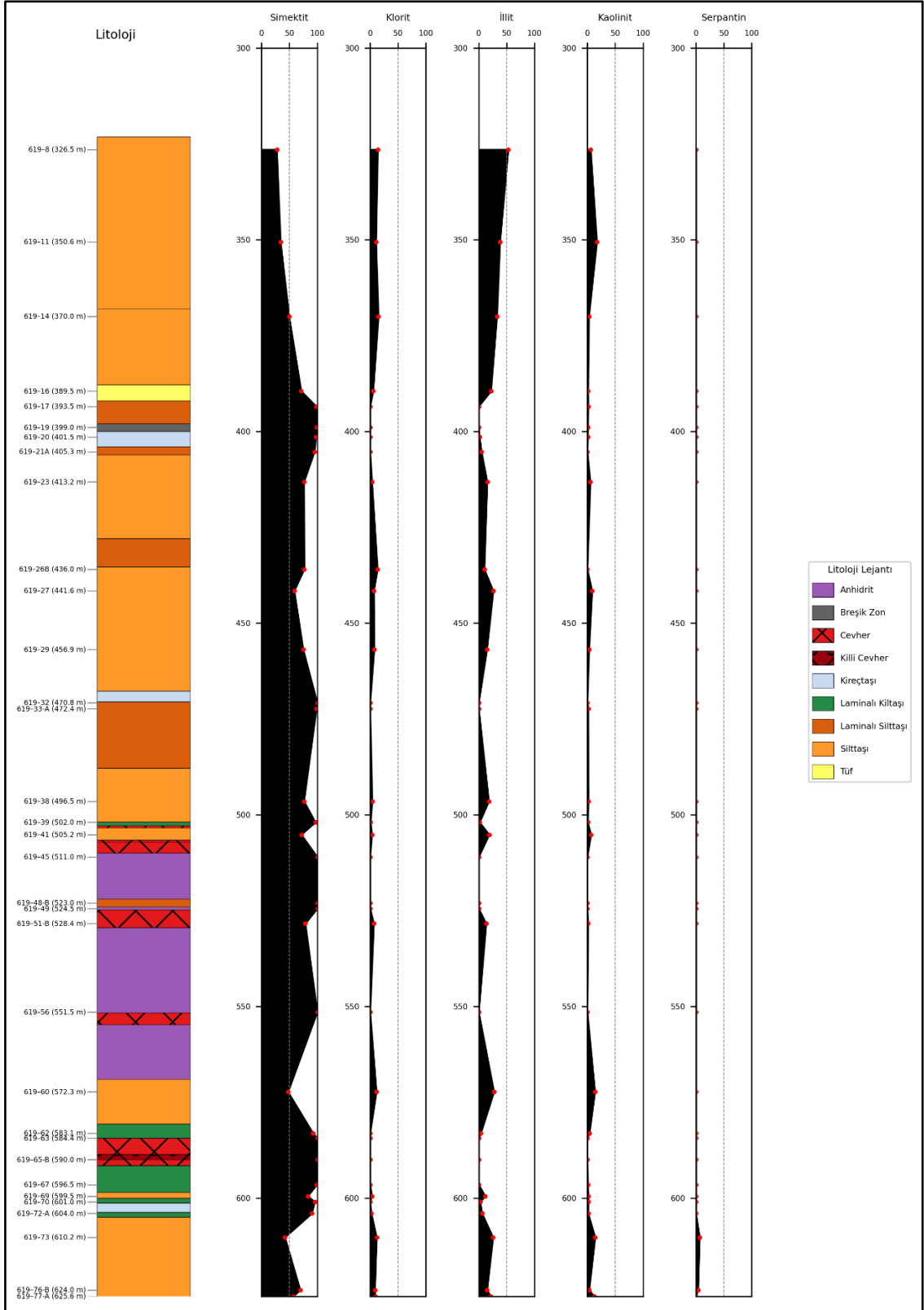
5.2.2.2. 20BM – 619 sondajı

20BM – 619 sondajından alınan örneklerde simektit, klorit, illit, serpantin ve kaolinit mineralleri saptanmıştır. 20BM – 619 sondajına ait kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.27’de verilmiştir. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD – KF sonuçları (%) EK – 13’te verilmiştir.

Çizelge 5. 27. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajındaki kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
SİMEKTİT	100	27.45	100.00	80.54
KLORİT	54.55	0.82	14.95	7.55
İLLİT	66.67	1.50	52.94	17.43
KAOLİNİT	72.73	0.75	17.11	4.68
SERPANTİN	6.06	3.74	6.54	5.14

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%100) olan simektit minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%6,06) olan serpantin mineralidir. Simektit mineralinin ardından, bulunuş frekanslarına göre en sık rastlanan mineraller sırasıyla kaolinit (%72,73), illit (%66,67) ve klorit (%54,55) olduğu tespit edilmiştir. Ortalama değeri açısından simektit minerali en yüksek (%80,54) iken, kaolinit minerali en düşük ortalamayı (%4,68) temsil etmektedir. Simektit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla illit (%17,43), klorit (%7,55) ve serpantin (%5,14) olarak tayin edilmiştir. Şekil 5.31’ de kil minerallerinin dikey dağılımı verilmiştir.



Şekil 5. 31. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait kil minerallerin dikey dağılımı.

Dikey dağılımı genel olarak incelendiğinde, simektit minerali baskındır. İllit, klorit ve kaolinit minerallerinin yaygın olduğu ve simektit mineraline kıyasla düşük konsantrasyonda olduğu gözlenmektedir. İstif detaylı incelendiğinde, istifin alt kısmında (620 – 550 m), simektit mineralleri yaygın ve yüksek konsantrasyonlarda gözlenmektedir. İllit, klorit, kaolinit ve sadece bu seviyede iki örnekte gözlenen serpantin hem bulunuş frekansları hem de ortalama yüzdeleri düşüktür. 550 – 450 m aralığında, simektit minerali egemen ve yüksek konsantrasyonlarda izlenmektedir. Bulunuş frekansları düşük olan İllit, klorit ve kaolinit minerallerinin ortalama yüzdeleri de düşüktür. İstifin üst kısmında (450 – 320 m), Simektit minerali yaygındır. Simektit mineralinin ortalama yüzdesi üst seviyele doğru azalırken, illit minerali ise bu seviyede artma eğilimi göstermektedir.

5.2.2.4. 20BM – 632 sondajı

20BM – 632 sondajından alınan örneklerde simektit, klorit, illit ve kaolinit mineralleri saptanmıştır. 20BM – 632 sondajına ait kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.28’ de verilmiştir. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait örneklerin XRD – KF sonuçları (%) EK – 14’te verilmiştir.

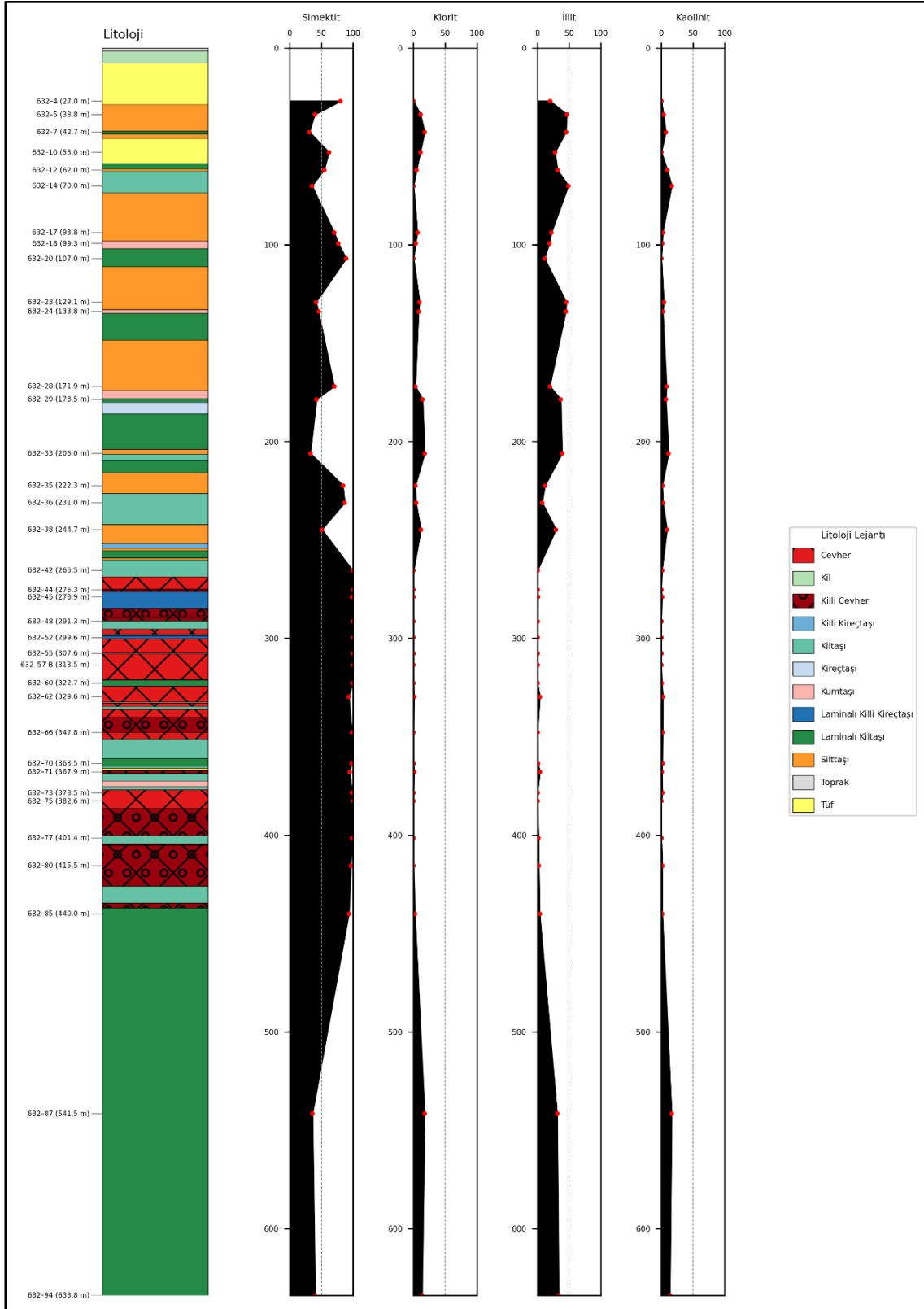
Çizelge 5. 28. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajındaki kil minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
SİMEKTİT	100	31.03	100.00	75.92
KLORİT	52.78	0.76	17.5	8.23
İLLİT	72.22	0.74	48.65	22.46
KAOLİNİT	72.22	0.74	16.22	4.87

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%100) olan simektit minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%52,78) olan klorit mineralidir. Simektit mineralinin ardından, bulunuş frekanslarına göre en sık rastlanan mineraller illit ve kaolinit (%77,22) olduğu tespit edilmiştir. Uzun Tepe üyesinde gözlenen serpantin minerali bu sondajda rastlanmamıştır. Ortalama değeri açısından simektit minerali en yüksek (%75,92) iken, kaolinit minerali en düşük ortalamayı (%4,87) temsil etmektedir. Simektit mineralinden sonra, diğer minerallerin

ortalama yüzdeleri sırasıyla illit (%22,46) ve klorit (%4,87) olarak tayin edilmiştir. Şekil 5.32' de kil minerallerinin dikey dağılımı verilmiştir.

Dikey dağılımı genel olarak incelendiğinde, simektit ve illit minerali ağırlıklı olmakla birlikte, simektit tüm örneklerde gözlenirken, illit gözlenmemektedir. Klorit ve kaolinit minerallerinin yaygın olmakla birlikte ortalama yüzdeleri düşüktür. İstif detaylı incelendiğinde, istifin alt kısmında (630 – 300 m), simektit mineralleri yaygın ve yüksek oranlarda gözlenmektedir. Simektit minerali en yüksek bolluğuna bu kesimde ulaşmaktadır. Klorit, illit ve kaolinit mineralleri tüm örneklerde gözlenmemektedir. Bu minerallerin simektit mineraline oranla daha düşük oranlarda bulunduğu tespit edilmiştir. 300 – 100 m aralığında, simektit ve minerali egemen ve yüksek oranda görülmektedir. Klorit ve kaolinit tüm örneklerde gözlememekle birlikte, ortalama yüzdeleri değişkendir. İstifin üst kısmında (100 – 20 m), Simektit ve illit mineralleri tüm örneklerde gözlenirken, bulunuş oranları değişkendir.



Şekil 5. 32. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait kil minerallerin dikey dağılımı.

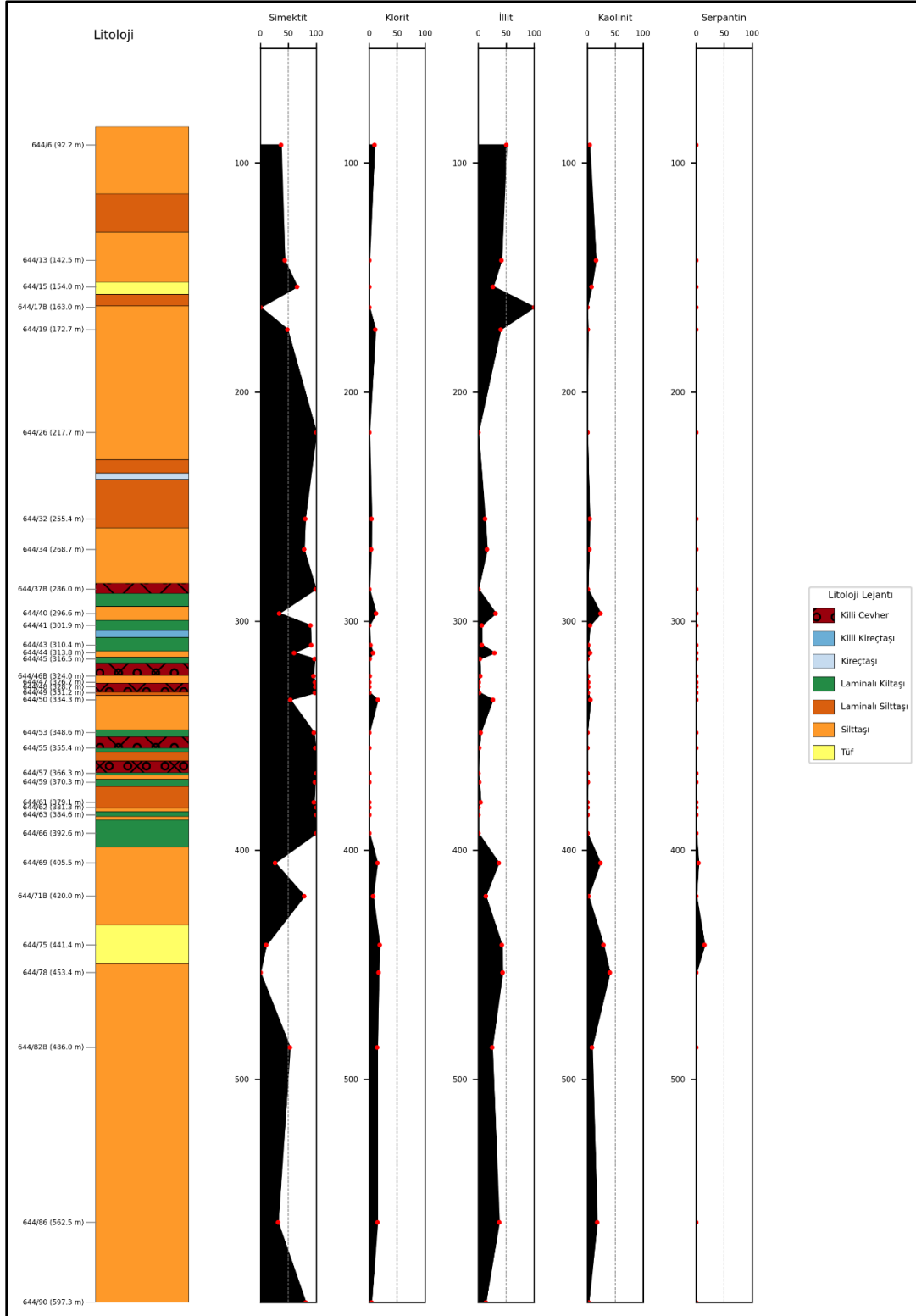
5.2.2.4. 20BM – 644 sondajı

20BM – 644 sondajından alınan örneklerde simektit, klorit, serpantin, illit ve kaolinit mineralleri saptanmıştır. 20BM – 632 sondajına ait kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.29’da verilmiştir. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait örneklerin XRD – KF sonuçları (%) EK – 15’te verilmiştir.

Çizelge 5. 29. Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajındaki kil minerallerin istatistiksel değerlendirmesi.

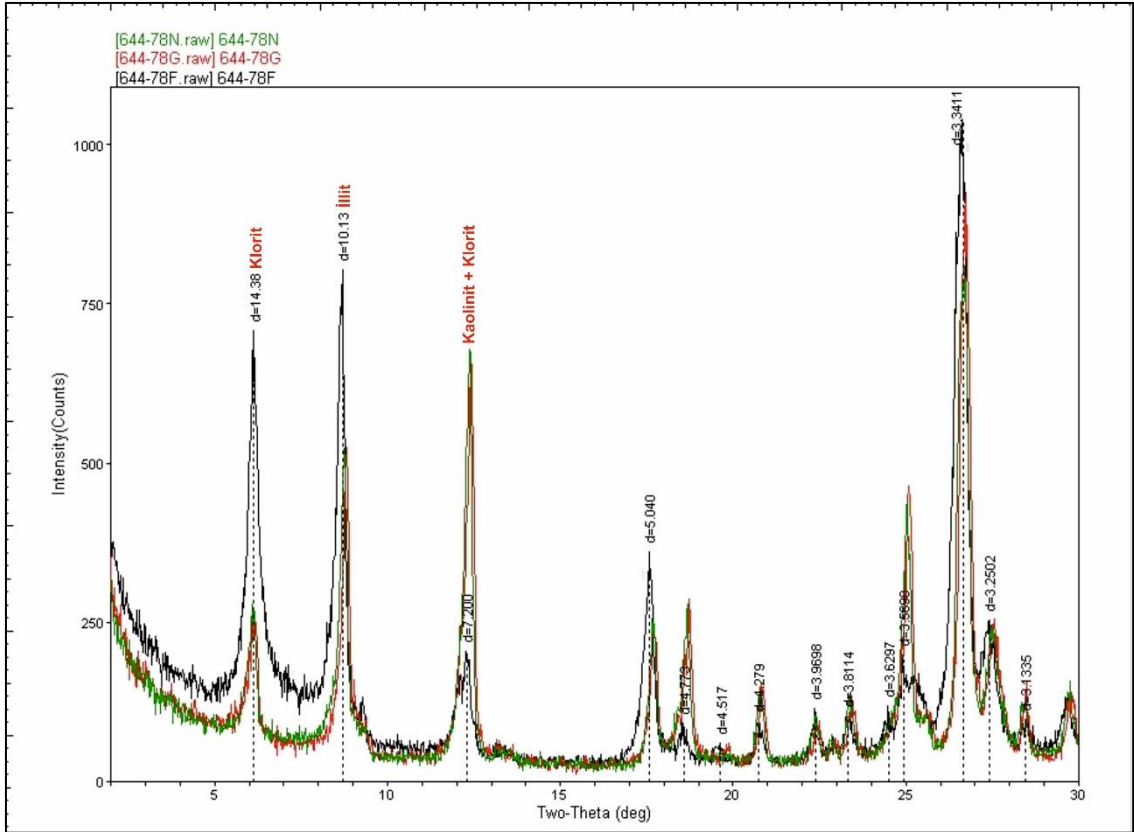
MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
SİMEKTİT	94.12	10.53	100.00	75.97
KLORİT	50	0.4	18.42	8.88
İLLİT	79.41	0.80	100.00	22.68
KAOLİNİT	73.53	0.4	40.12	8.23
SERPANTİN	5.88	3.75	14.74	9.24

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%94,12) olan simektit minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%5,88) olan serpantin mineralidir. Simektit mineralinin ardından, bulunuş frekanslarına göre en sık rastlanan mineraller illit (%79,41), kaolinit (%73,53) ve klorit (%50) olduğu tayin edilmiştir. Ortalama değeri açısından simektit minerali en yüksek (%75,97) iken, kaolinit minerali en düşük ortalamayı (%8,23) temsil etmektedir. Simektit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla illit (%22,68), serpantin (%9,24) ve klorit (%8,88) olarak tayin edilmiştir. Şekil 5.33’ te kil minerallerinin dikey dağılımı verilmiştir.



Şekil 5. 33. Uzun Tepe Üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait kil minerallerin dikey dağılımı.

Dikey dağılımı genel olarak incelendiğinde, simektit ve illit minerali baskındır. Klorit ve kaolinit minerallerinin yaygın olmakla birlikte, simektit mineraline göre düşük oranlarda olduğu görülmektedir. İstif detaylı incelendiğinde, istifin alt kısmında (590 – 400 m), simektit, kaolinit ve illit mineralleri yaygın ve yüksek oranlarda gözlenmektedir. Serpantin minerali istifin sadece bu kesiminde iki örnekte gözlenmiştir. 400 – 200 m aralığında, tüm örneklerde gözlenen simektit mineralinin ortalama yüzdesi yüksektir. Klorit, illit ve kaolinit minerallerinin ortalama yüzdeleri ve bulunuş frekansları değişiklik göstermektedir. İstifin üst kısmında (200 – 90 m), Simektit ve illit mineralleri baskındır. İstif genelinde illit mineralinin miktarsal oranı, bu seviyeye bağlı olarak artma eğilimi sunmaktadır. Şekil 5.34'te 644 – 78 numaralı örneğin XRD – KF difraktogramı yer almaktadır.



Şekil 5. 34. Uzun Tepe Üyesi'ne ait 644 – 78 numaralı örneğin XRD – KF difraktogramı (N: Normal, E.G: Etilen Glikol, F: Fırınlanmış).

5.2.3. Emirler Tüf Üyesi

Emirler Tüf üyesi 20BM – 613, 20BM – 619 ve 20 BM – 644 sondajlarından alınmıştır. Bu üyede yapılan mineralojik analizler sonucunda, kaolinit, simektit, klorit ve illit mineralleri saptanmıştır. Bu minerallerden simektit, kaolinit ve illit minerali tüm sondajlarda gözlenmiştir. Klorit minerali, 20BM – 619 ve 20BM – 644 sondajlarında gözlenmiştir. Çizelge 5.30'da Emirler Tüf üyesinde gözlenen minerallerin sondajlara göre dağılımı verilmiştir.

Çizelge 5. 30. Emirler Tüf üyesinde saptanan kil minerallerin sondajlara göre dağılımı.

SONDAJ NO / MİNERALLER	20BM – 613 SONDAJI	20BM – 619 SONDAJI	20BM – 632 SONDAJI	20BM – 644 SONDAJI
SİMEKTİT	+	+	Bu üye mevcut değil	+
KLORİT		+		+
İLLİT	+	+		+
KAOLİNİT	+	+		+

5.2.3.1. 20BM – 613 sondajı

20BM – 613 sondajından alınan örneklerde simektit, illit ve kaolinit mineralleri saptanmıştır. 613 – 4 ve 613 – 48 numaralı örnekler üzerinde analiz yapılmıştır. 613 – 4 numaralı örneğin mineral yüzdeleri; illit (%76,92) ve kaolinit (%23,08) olarak saptanmıştır. 613 – 48 numaralı örneğin mineral yüzdesi simektit (%100) olarak tayin edilmiştir. Emirler Tüf üyesinde gözlenen klorit mineraline bu sondajda rastlanmamıştır.

5.2.1.2. 20BM – 619 sondajı

20BM – 619 sondajından alınan örnekte klorit, illit, kaolinit ve serpantin mineralleri tayin edilmiştir. 619 – 2 numaralı örneğin mineral yüzdeleri; simektit (%68,18), illit (%12,50) ve kaolinit (%19,32) olarak saptanmıştır. 619 – 6 numaralı örneğin mineral yüzdeleri; simektit (%75,22), klorit (%8,85) ve illit (%15,93) olarak tayin edilmiştir.

5.2.1.3. 20BM – 644 sondajı

20BM – 644 sondajından alınan örnekte klorit, illit, kaolinit ve serpantin mineralleri tayin edilmiştir. 644 –2 numaralı örneğin mineral yüzdeleri; simektit (%58,62), illit (%24,14) ve kaolinit (%17,24) olarak saptanmıştır. 644 – 5 numaralı örneğin mineral yüzdeleri; simektit (%34,88), klorit (%20,93), illit (%20,93) ve kaolinit (%23,26) olarak tayin edilmiştir.

5.2.4. İskele Üyesi

İskele üyesi yalnızca 20BM – 613 sondajında gözlenmiş ve kil örnekleri alınmıştır. Bu üyede yapılan mineralojik analizler sonucunda simektit, klorit, illit ve kaolinit mineralleri tespit edilmiştir. Çizelge 5.31’de İskele üyesinde gözlenen minerallerin sondajlara göre dağılımı verilmiştir. İskele üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD – KF sonuçları (%) EK – 16’da verilmiştir.

Çizelge 5. 31. İskele üyesinde saptanan kil minerallerin sondajlara göre dağılımı.

SONDAJ NO / MİNERALLER	20BM – 613 SONDAJI	20BM – 619 SONDAJI	20BM – 632 SONDAJI	20BM – 644 SONDAJI
SİMEKTİT	+	Bu üye mevcut değil	Bu üye mevcut değil	Bu üye mevcut değil
KLORİT	+			
İLLİT	+			
KAOLİNİT	+			

5.1.4.1. 20BM – 613 sondajı

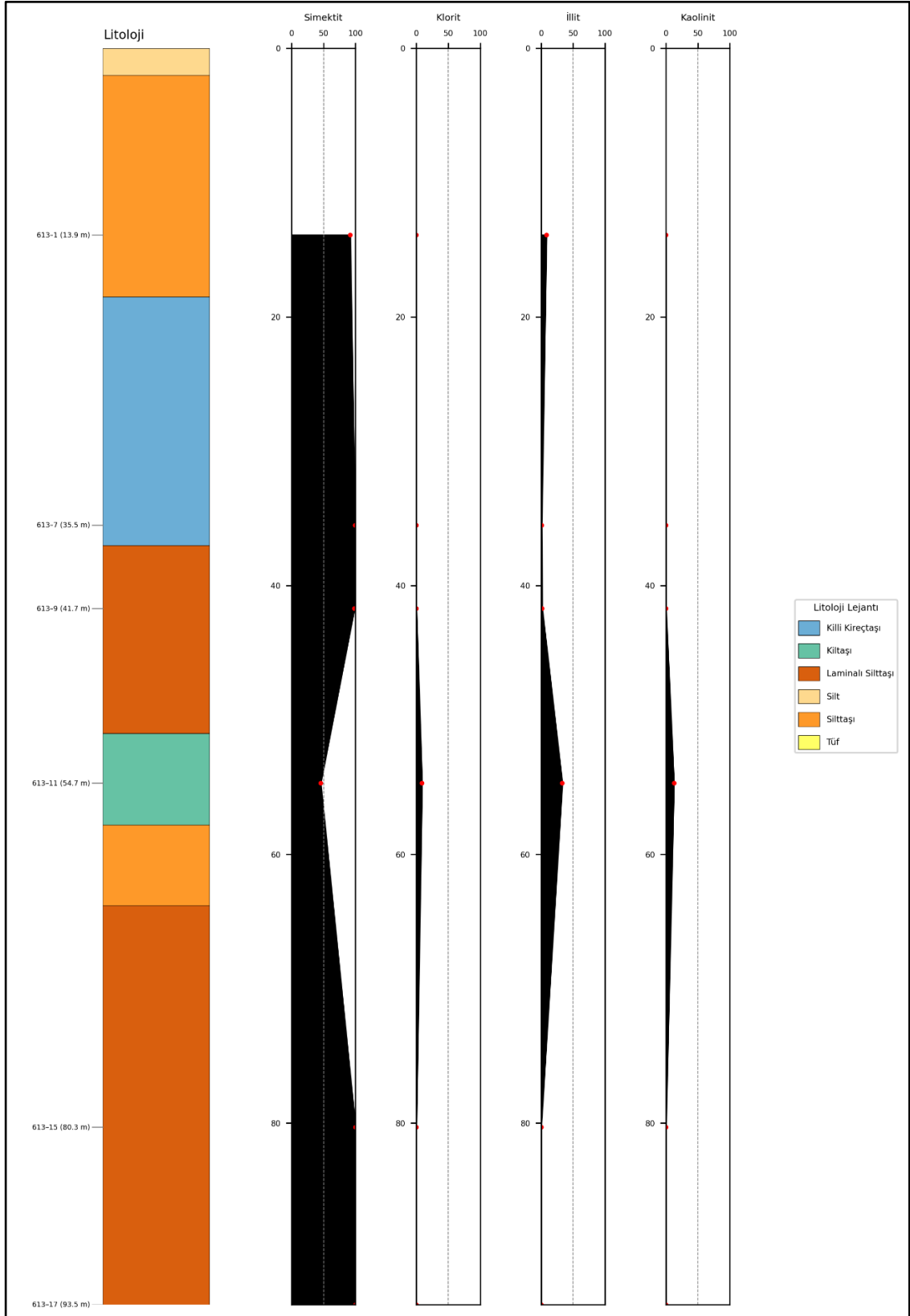
20BM – 613 sondajından alınan örneklerde simektit, klorit, illit ve kaolinit mineralleri saptanmıştır. 20BM – 613 sondajına ait kil minerallerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 5.32’ de gösterilmektedir.

Çizelge 5. 32. İskele üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajındaki kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmesi.

MİNERAL	BULUNUŞ FREKANSI (%)	EN AZ (%)	EN ÇOK (%)	ORTALAMA (%)
SİMEKTİT	100	31.03	100.00	75.92
KLORİT	52.78	0.76	17.5	8.23
İLLİT	72.22	0.74	48.65	22.46
KAOLİNİT	72.22	0.74	16.22	4.87

Mineral dağılımı incelendiğinde, bulunuş frekansı en yüksek (%100) olan simektit minerali iken, bulunuş frekansı en düşük (%16,67) olan klorit ve kaolinit mineralidir. İllit minerali bulunuş frekansı (%66,67) olarak tespit edilmiştir. Ortalama değeri açısından simektit minerali en yüksek (%89,16) iken, klorit minerali en düşük ortalamayı (%8,82) temsil etmektedir. Simektit mineralinden sonra, diğer minerallerin ortalama yüzdeleri sırasıyla kaolinit (%12,5) ve illit (%10,93) olarak saptanmıştır. Şekil 5.35'te minerallerin dikey dağılımı verilmiştir.

Dikey dağılımı genel olarak incelendiğinde, simektit minerali egemendir. Klorit ve kaolinit mineralleri sadece bir örnekte gözlenirken, ortalama yüzdeleri de düşüktür.



Şekil 5. 35. İskele Üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait kil minerallerin dikey dağılımı.

5.3. Optik Mikroskop Görüntü ve Petrografik İnceleme Sonuçları

Tez çalışması kapsamında, 55 adet kayaç örneğinden hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskop altında incelenmiştir. Bu incelemeler neticesinde, kayaçların tanımlanması, mineralojik bileşimlerinin saptanması ve alterasyon ile ikincil mineral oluşumları saptanarak petrografik özellikleri ortaya konmuştur. Elde edilen veriler, aşağıda üyeler bazında verilmiştir. Tüflü örnekler üzerinde kristal parçası, volkanik cam – pomza ile kayaç parçası oranları yüzde olarak belirlenmiş ve Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılmıştır.

5.3.1. Değirmenli Tüf Üyesi

Bigadiç Formasyonuna ait en yaşlı üye olan Değirmenli Tüf Üyesi örnekleri 20BM – 619 ve 20BM – 632 sondaj karotlarına aittir. Alınan tüf örneklerinin modal mineralojik bileşimi belirlenmiştir. Kristal parçası, volkanik cam – pomza ile kayaç parçası oranları yüzde olarak belirlenmiş ve Schmid (1981) tüf sınıflandırması diyagramına göre adlandırılmıştır.

5.3.1.1. 20BM – 619 sondaj

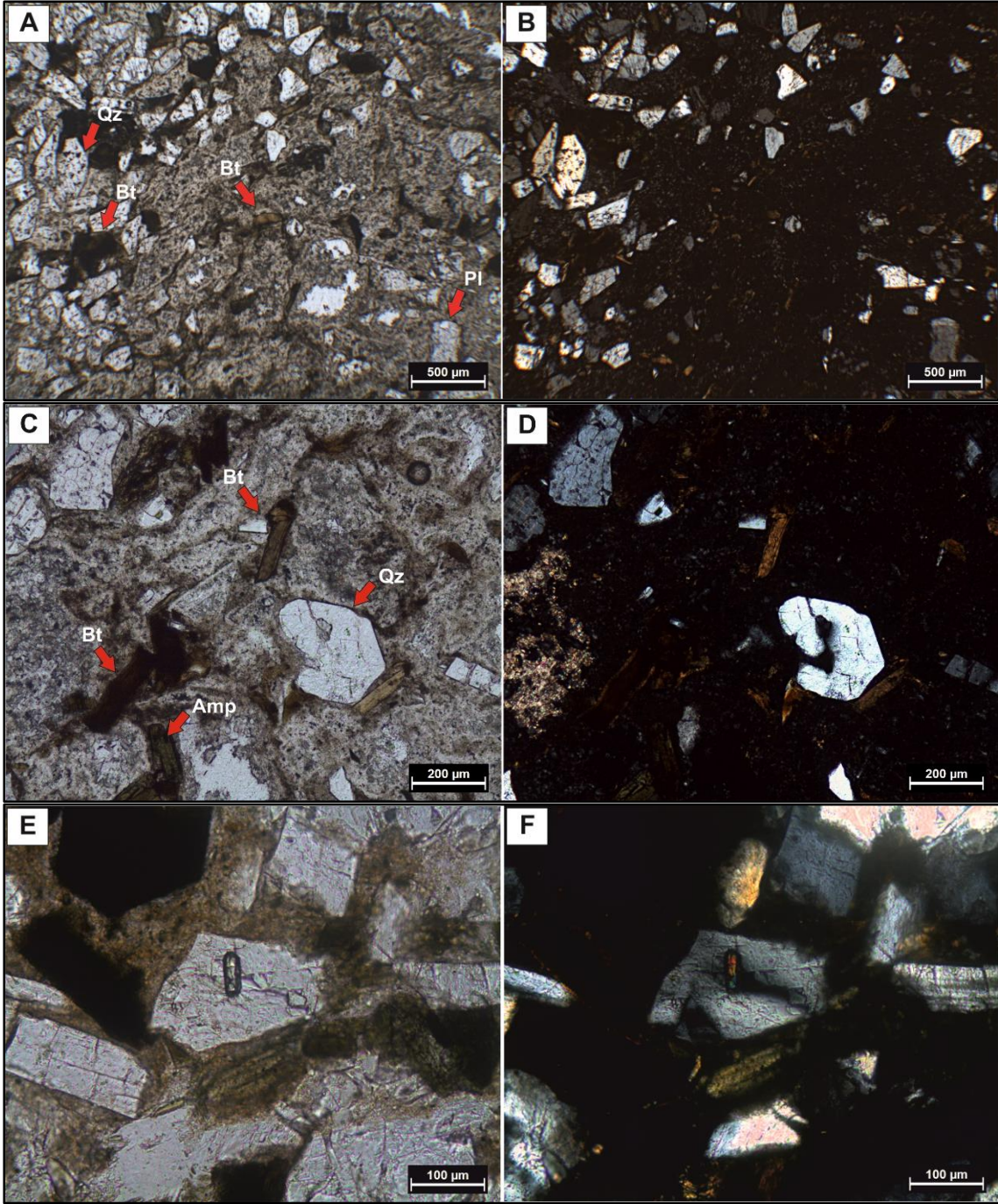
20BM – 619 sondajından alınan 619 – 79 numaralı örneğin ince kesitinde, kuvars, kil minerali, biyotit ve volkanik cam (kıymık) saptanmıştır. Volkanik camda killeşme mevcuttur. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme gözükmetedir. Tüf sınıflandırmasına göre kayaç "Vitrifik Tüf" olarak isimlendirilmiştir.

5.3.1.1. 20BM – 632 sondaj

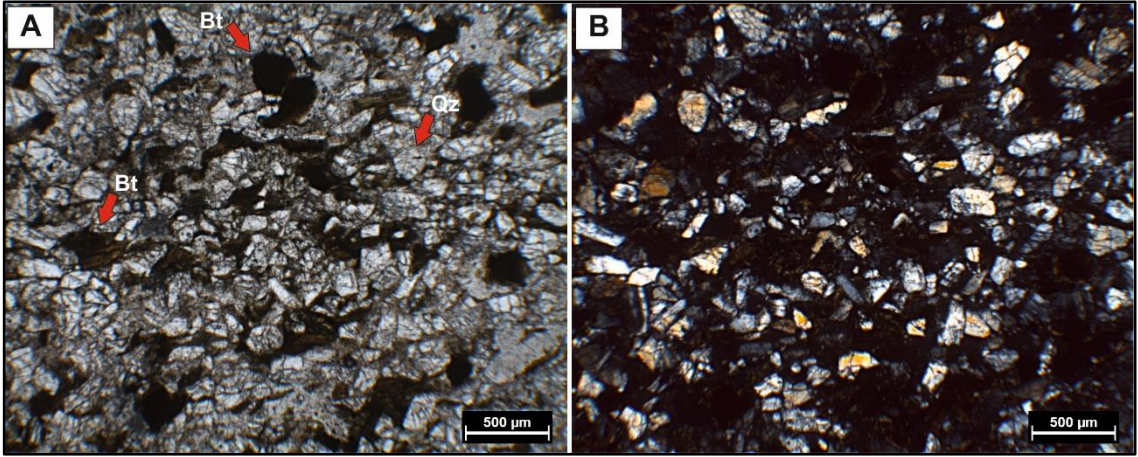
20BM – 632 sondajından 632 – 96, 632 – 97 ve 632 – 98 numaralı örneklerden üç adet ince kesit yapılmış ve mikroskopta incelenmiştir.

632 – 96 numaralı örnekte biyotit, plajiyoklaz, kuvars, amfibol, zirkon ve volkanik cam saptanmıştır. Kristaller fenokristalleri şeklinde gözlenmektedir. Kuvars minerallerinde kemirilme dokusu gözlenmektedir (Şekil 5.36). Volkanik cam bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma mevcuttur. Biyotit ve amfibol minerallerinde opasitleşme mevcuttur. Zirkon minerali öz şekilli olarak

gözükmektedir. Tüf sınıflandırmasına göre "Kristal Tüf" olarak isimlendirilmektedir. 632 – 97 numaralı örnekte biyotit, plajiyoklaz, kuvars, amfibol ve volkanik cam tespit edilmiştir (Şekil 5.37). Volkanik cam bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma gözlenmektedir. Biyotit ve amfibol minerallerinde opasitleşme mevcuttur. Tüf sınıflandırmasına göre "Kristal Tüf" olarak isimlendirilmektedir. 632 – 98 numaralı örnekte biyotit, plajiyoklaz, kuvars, amfibol ve volkanik cam gözlenmiştir. Volkanik camın bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma gözlenmektedir. Biyotit ve amfibol minerallerinde opasitleşme mevcuttur. Tüf sınıflandırmasına göre "Kristal Tüf" olarak isimlendirilmektedir.

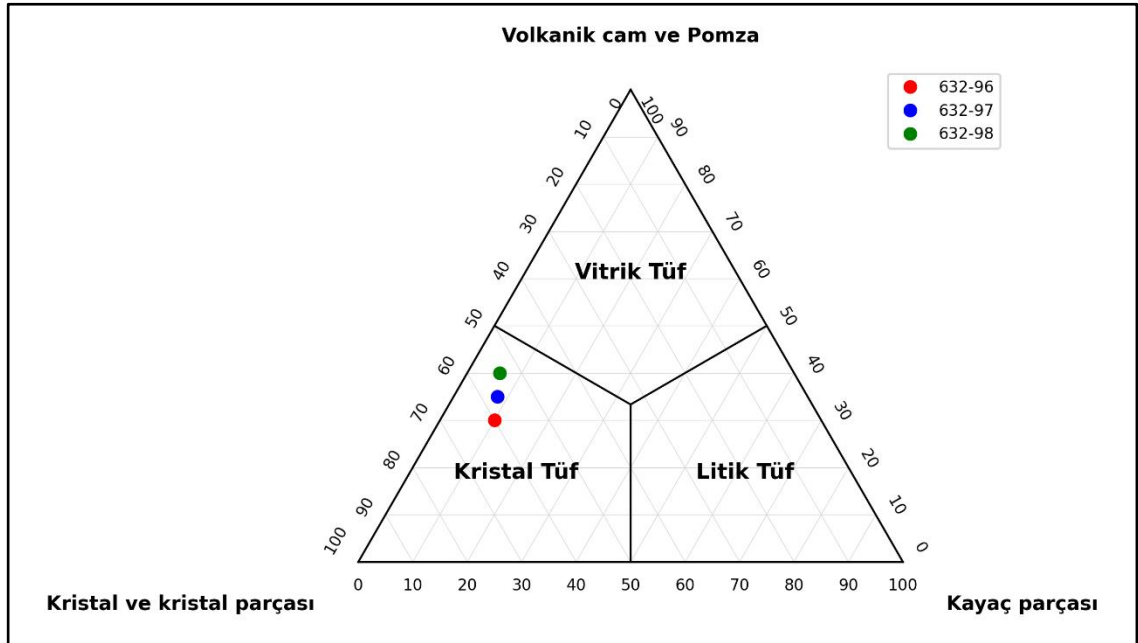


Şekil 5. 36. 20BM – 632 sondajından alınan 632 – 96 numaralı kristal tuf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam içerisinde yer alan kuvars (Qz), biyotit ve opasitleşmiş biyotit (Bt) ile plajiyoklaz (Pl) fenokristalleri (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Volkanik cam içerisinde yer alan kemirilmiş kuvars (Qz), biyotit ve opasitleşmiş biyotit (Bt), amfibol (Amp) ile plajiyoklaz (Pl) mineralleri, C – D) Öz şekilli zirkon minerali (E – tek nikol ve F – çift nikol).



Şekil 5. 37. 20BM – 632 sondajından alınan 632 – 97 numaralı Kristal Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam içerisinde yer alan kuvars (Qz) ve opasitleşme gösteren biyotit (Bt) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).

Şekil 5.38’de 20BM – 632 sondajından alınan Değirmenli Tüf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre sınıflandırılması ve adlandırılması yer almaktadır.



Şekil 5. 38. 20BM – 632 sondajından alınan Değirmenli Tüf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.

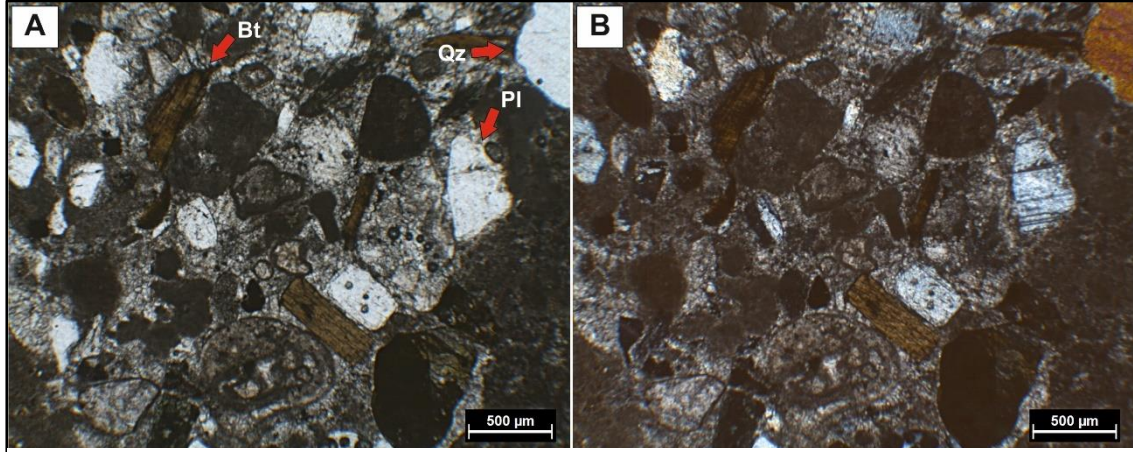
5.3.2. Uzun Tepe Üyesi

Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe üyesi 20BM – 619, 20BM – 632 ve 20BM – 644 sondajlarından örnekler alınmıştır. Alınan tüf örneklerinin modal mineralojik bileşimi belirlenmiştir. Kristal parçası, volkanik cam – pomza ile kayaç parçası oranları yüzde olarak belirlenmiş ve Schmid (1981) diyagramına göre tüflerin adlandırılması yapılmıştır.

5.3.2.1. 20BM – 619 Sondajı

20BM – 619 sondajından 619 – 12, 619 – 16, 619 – 21, 619 – 26, 619 – 30, 619 – 33, 619 – 44, 619 – 47, 619 – 49, 619 – 53, 619 – 59, 619 – 64 ve 619 – 76 numaralı örneklerden ince kesit yapılmış ve mikroskopta incelenmiştir.

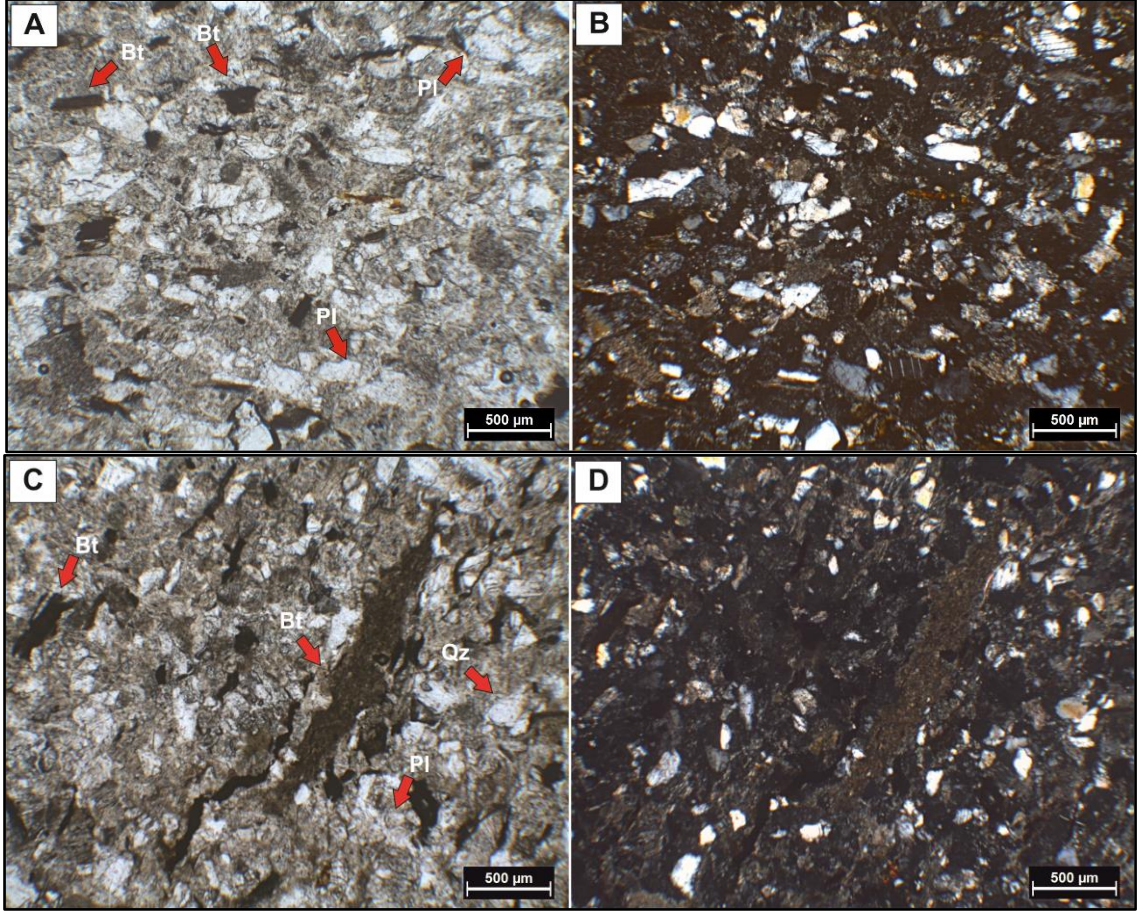
619 – 12 numaralı örnekte kuvars, biyotit, plajiyoklaz, rutil mineralleri saptanmış olup, çimento karbonattan oluşmaktadır. Feldispatlarda yer yer karbonatlaşmalar gözlenmektedir. Kesit içerisinde gastropod fosili gözlenmiştir. Mineraller köşelidir (Şekil 5.39).



Şekil 5. 39. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 12 numaralı silttaşı örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Karbonat çimento içerisinde yer alan kuvars (Qz), plajiyoklaz (Pl) ve biyotit (Bt) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).

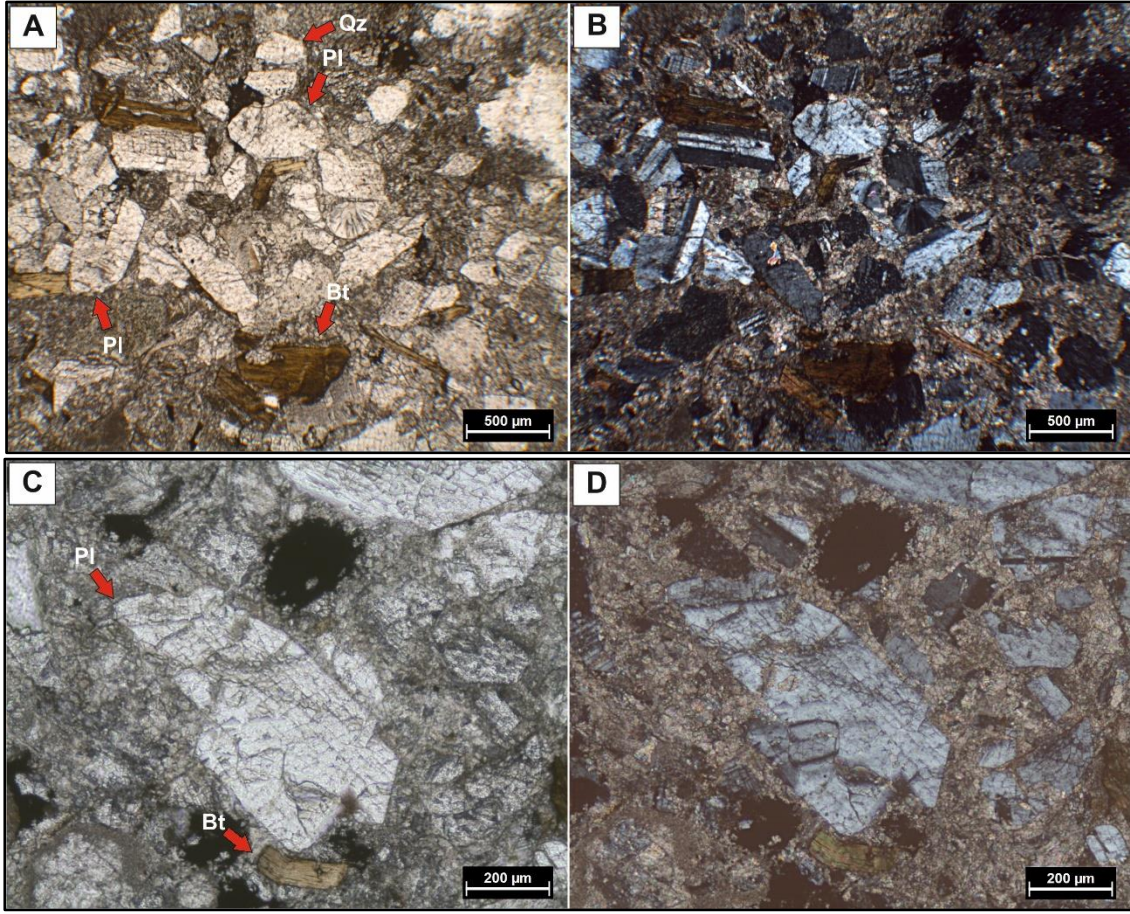
619 – 16 numaralı Tüf örneğinde kuvars, biyotit, plajiyoklaz ve volkanik cam saptanmıştır. Volkanik camın bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma

mevcuttur. Schmid (1981) tuf sınıflandırmasına göre "Vitrik Tuf" olarak isimlendirilmiştir (Şekil 5. 40).



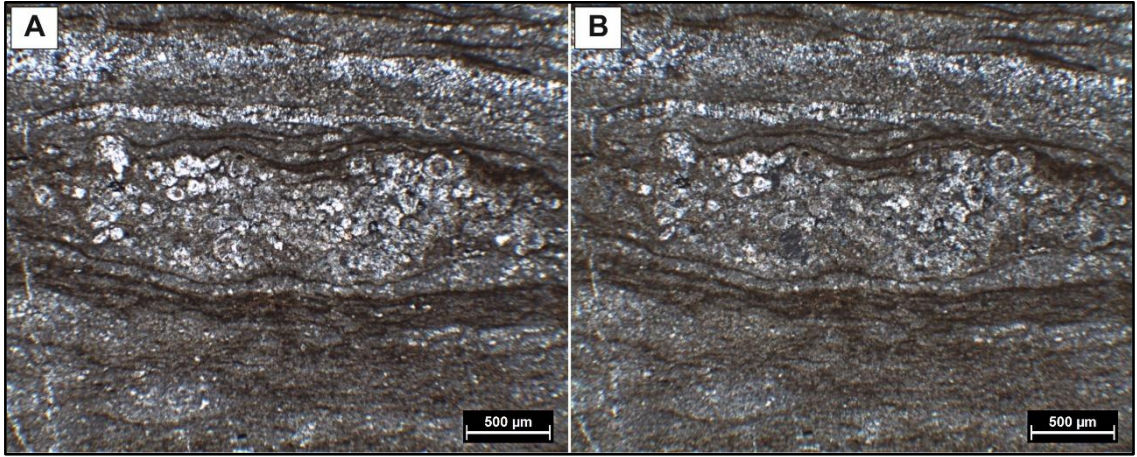
Şekil 5. 40. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 16 numaralı Vitrik Tuf örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam içerisinde yer alan plajiyoklaz (Pl) ve opasitleşmiş biyotit ve biyotit (Bt) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Volkanik cam içerisinde yer alan kuvars (Qz), plajiyoklaz (Pl) ve opasitleşmiş biyotit ve biyotit (Bt) mineralleri (C – tek nikol ve D – çift nikol).

619 – 21 Tüflü kesimi temsil eden ince kesitte, plajiyoklaz, biyotit, amfibol ve kuvars mineralleri bulunmakta olup, amfibol ve biyotit minerallerde yer yer opasitleşmeler gözlenmektedir. Plajiyoklazlarda karbonatlaşma mevcuttur. Schmid (1981) tuf sınıflandırmasına göre "Kristal Tuf" olarak adlandırılmıştır (Şekil 5.41).



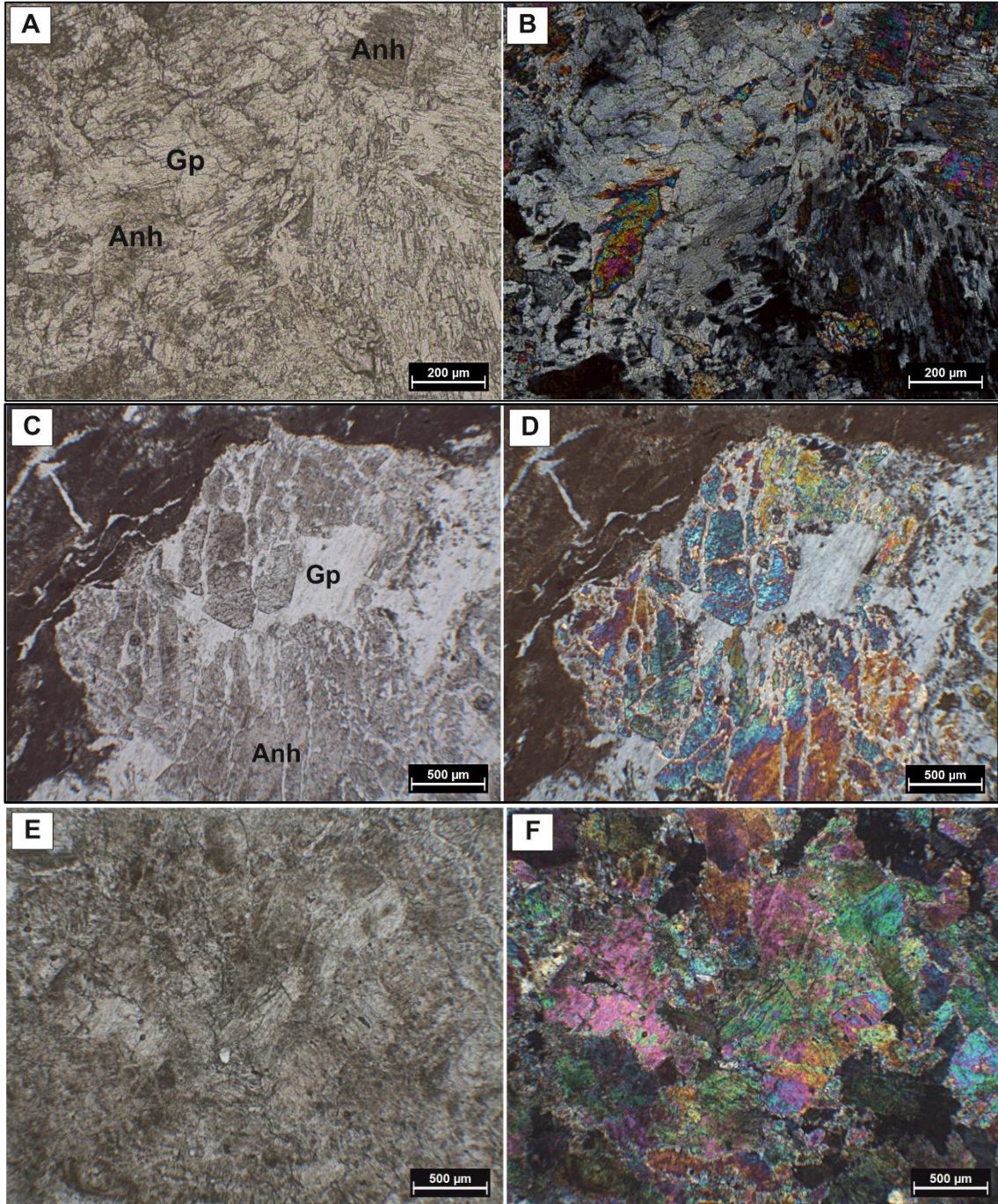
Şekil 5. 41. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 21 numaralı Kristal Tuf örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam içerisinde yer alan kuvars (Qz), plajiyoklaz (Pl) ve biyotit (Bt) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol). C – D) Volkanik cam hamuru içerisinde yer alan karbonatlaşma gösteren plajiyoklaz (Pl) ve biyotit (Bt) minerali (C – tek nikol ve D – çift nikol).

619 – 26 (Laminalı Silttaş) numaralı kil minerali, kuvars ve karbonat minerali saptanmıştır. XRD-TK analizine göre bu örnekte, kil, kuvars, feldispat, illit/mika, klinoptilolit/höylandit, kalsit mineralleri saptanmıştır. Temel ve Gündoğdu (1988) çalışmasına göre, koyu renkli laminasyonlar olasılıkla volkanik aktiviteyi göstermektedir (Şekil 5.42). 619 – 30 (Silttaş) numaralı örnekte kuvars, kil ve karbonat minerali saptanmıştır. 619 – 33 (Laminalı Silttaş) numaralı biyotit, kuvars ve kil minerali saptanmıştır.

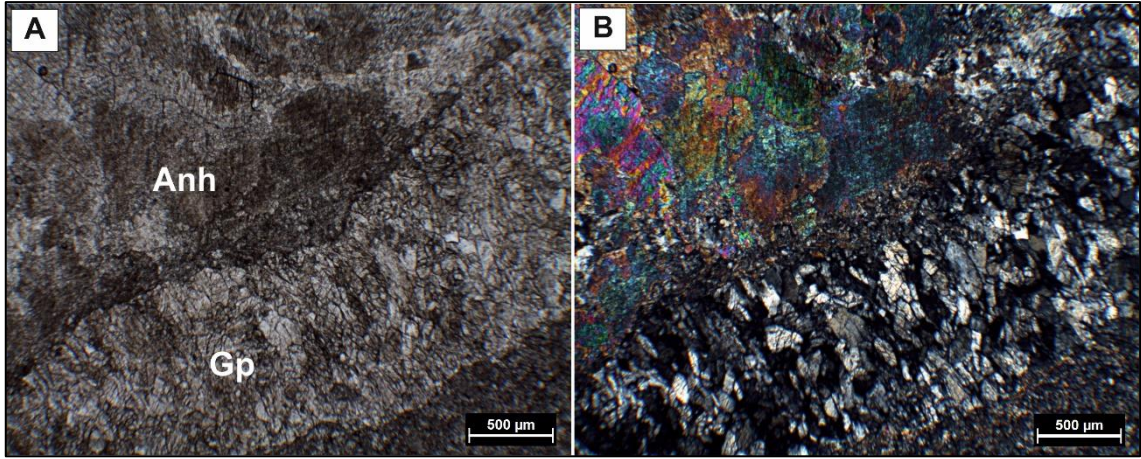


Şekil 5. 42. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 16 numaralı Laminallı silttaşı örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).

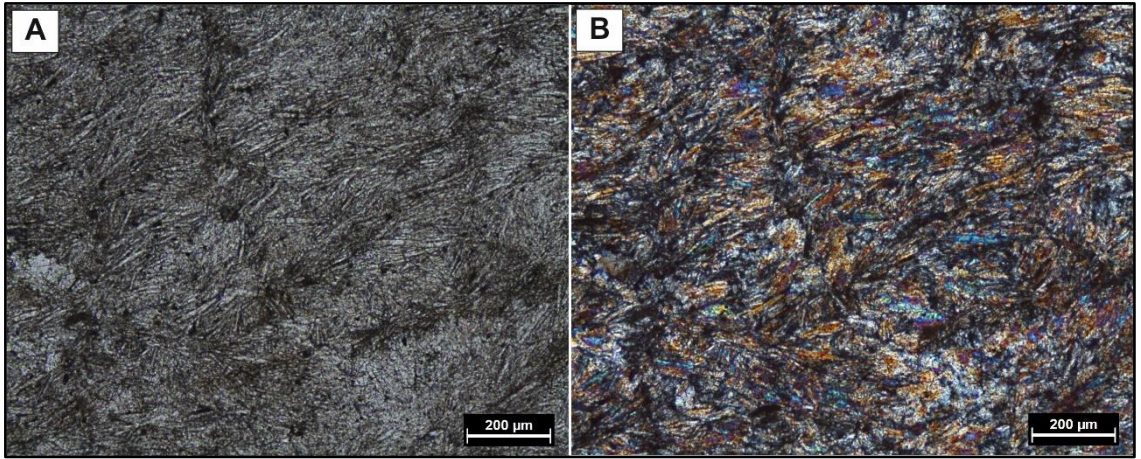
619 – 44 numaralı örnekte jips ve anhidrit minerali saptanmıştır. Jips minerali ağırlıklı olarak gözlenmekte olup, jips mineralinden anhidrit mineraline dönüşüm mevcuttur. 619 – 47 ve 619 – 49 numaralı örneklerde jips ve anhidrit minerali gözlenmektedir. Jips mineralinden anhidrit mineraline dönüşüm mevcuttur. 619 – 53 numaralı örnekte jips ve anhidrit minerali gözlenmektedir. Anhidrit ağırlıklı olarak gözlenmektedir (Şekil 5.43). 619 – 59 numaralı örnekte jips ve anhidrit minerali gözlenmektedir. Jips mineralinden anhidrit mineraline dönüşüm mevcuttur. Jips minerali damar olarak gözlenmektedir (Şekil 5.44). 619 – 64 numaralı Cevher örneğinde kil ve havlit minerali saptanmıştır. Havlit mineralleri ışınsal olarak gözlenmektedir (Şekil 5.45). 619 – 76 numaralı Silttaşı örneğinde, kuvars, plajiyoklaz, karbonat ve kil minerali gözlenmektedir (Şekil 5.46). Şekil 5.47’de 20BM – 619 sondajından alınan Uzun Tepe Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması verilmiştir.



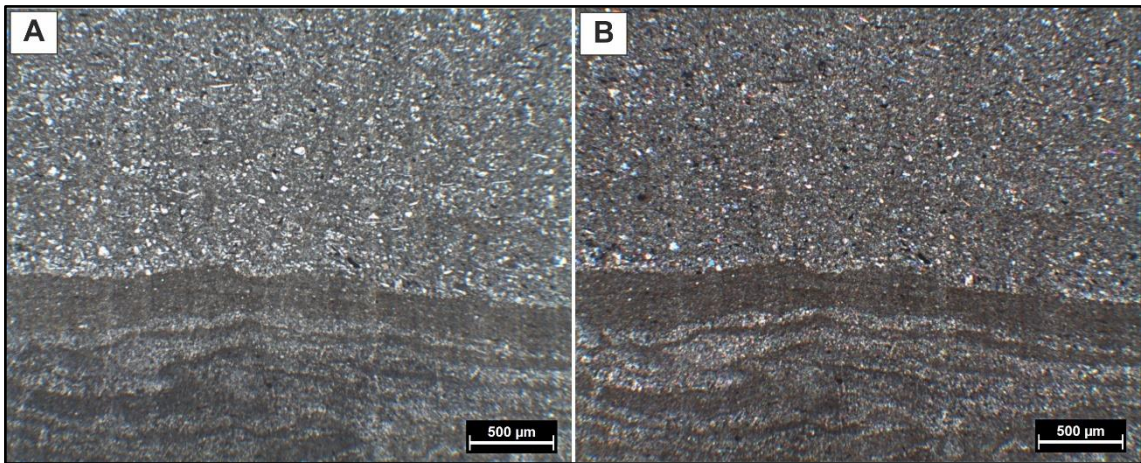
Şekil 5. 43. 20BM – 619 sondajından alınan kayaçta jips ve anhidrit mineralinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Jips (Gp) mineralinden anhidrit (Anh) mineraline dönüşüm (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Jips (Gp) mineralinden anhidrit (Anh) mineraline dönüşüm (A – tek nikol ve B – çift nikol), E– F) Anhidrit mineralinin genel görüntüsü (E – tek nikol ve F – çift nikol).



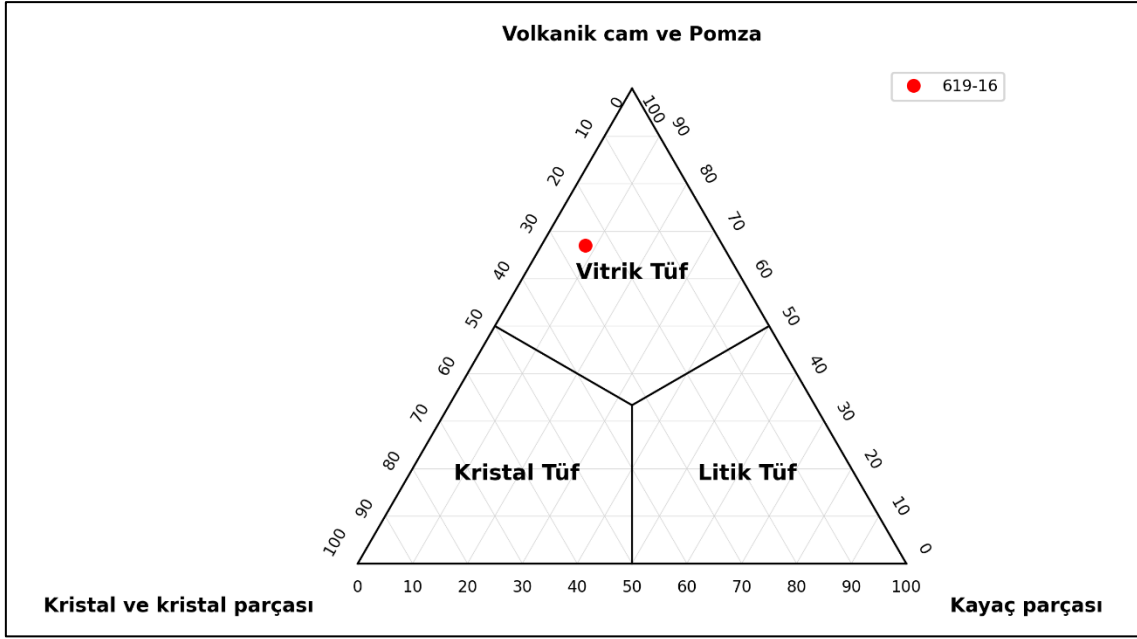
Şekil 5. 45. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 59 numaralı örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Jips (Gp) ve Anhidrit (Anh) minerali görüntüsü (A – tek nikol ve B – çift nikol).



Şekil 5. 46. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 64 numaralı örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Havlit minerali görüntüsü (A – tek nikol ve B – çift nikol).



Şekil 5. 44. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 76 numaralı örneğin polarizan mikroskop altındaki genel görüntüsü (A – tek nikol ve B – çift nikol).



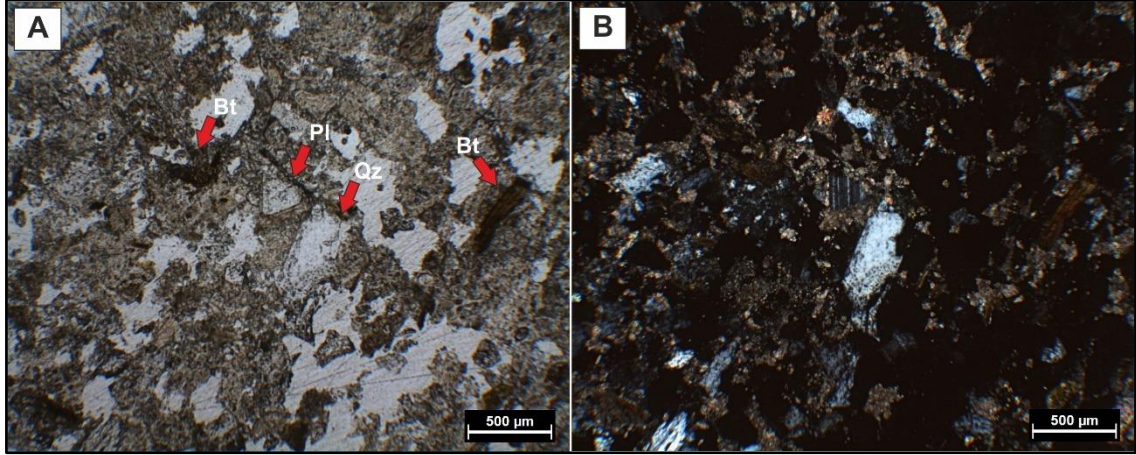
Şekil 5. 47. 20BM – 619 sondajından alınan Uzun Tepe Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.

5.3.2.2. 20BM – 632 Sondajı

20BM – 632 sondajından 632 – 2, 632 – 3, 632 – 4, 632 – 10, 632 – 14, 632 – 18, 632 – 24, 632 – 65, 632 – 67, 632 – 76, 632 – 86 ve 632 – 90 numaralı örneklerden ince kesit yapılmıştır.

632 – 2 ve 632 – 3 numaralı tuf örneklerinde, biyotit, plajiyoklaz, kuvars, kayaç parçası, amfibol ve volkanik cam kıymıkları– pomza saptanmıştır. Amfibol veya biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme mevcuttur. Volkanik cam bozunmasıyla killeşme gözlenmektedir. Tuf sınıflandırmasına göre "Vitrik Tuf" olarak isimlendirilmiştir. 632 – 4 numaralı tuf örneğinde, biyotit, plajiyoklaz, kuvars, kayaç parçası ve volkanik cam kıymıkları – pomza saptanmıştır. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme gözlenmektedir. Opak mineraller mevcuttur. Volkanik cam bozunmasıyla killeşme meydana gelmiştir. Tuf sınıflandırmasına göre "Vitrik Tuf" olarak isimlendirmektedir. 632 – 10 numaralı tuf örneğinde biyotit, plajiyoklaz, kuvars, volkanik cam kıymıkları– pomza, kayaç parçası ve amfibol saptanmıştır. Minerallerde ve volkanik camda alterasyon gözlenmektedir. Volkanik cam bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma, biyotit minerallerinde

opasitleşme mevcuttur. Tüf sınıflandırmasına göre "Virik Tüf" olarak isimlendirmektedir (Şekil 5.48).



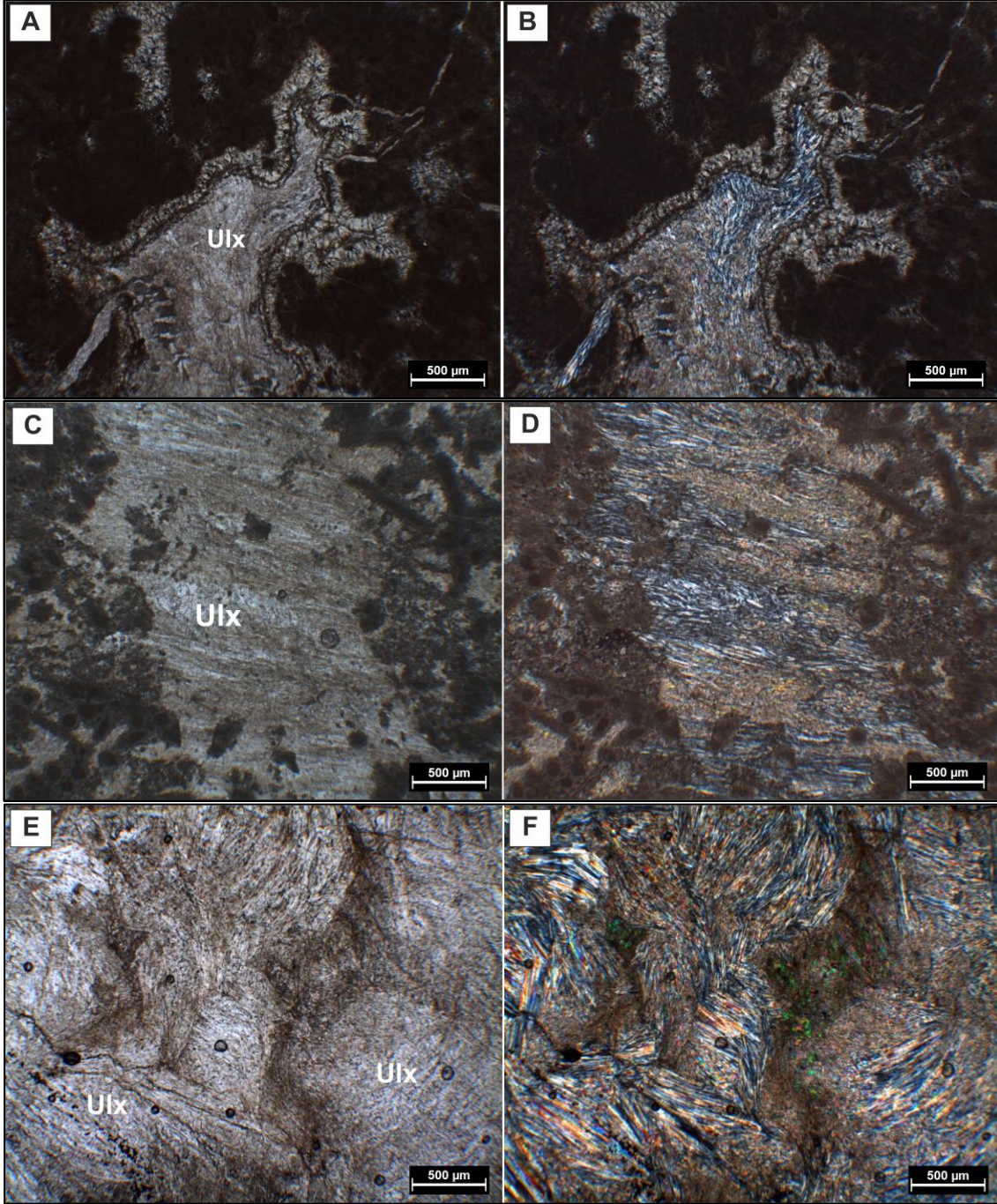
Şekil 5. 48. 20BM – 632 sondajından alınan 632 – 10 numaralı tüf örneğinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Alterasyona uğrayan volkanik cam içerisinde yer alan kuvars (Qz), plajiyoklaz (Pl) ve biyotit (Bt) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).

632 – 14 numaralı kiltası örneğinde biyotit, plajiyoklaz ve kuvars minerali saptanmıştır. Yoğun karbonatlaşma mevcuttur. 632 – 18 ve 632 – 24 numaralı Kumtaşı örneklerinde kuvars, biyotit ve kayaç parçası saptanmıştır. Karbonat – kil çimento gözlenmektedir. Yoğun killeşme mevcuttur. Dott (1964) sınıflandırmasına göre Kuvars Vake olarak isimlendirilmektedir.

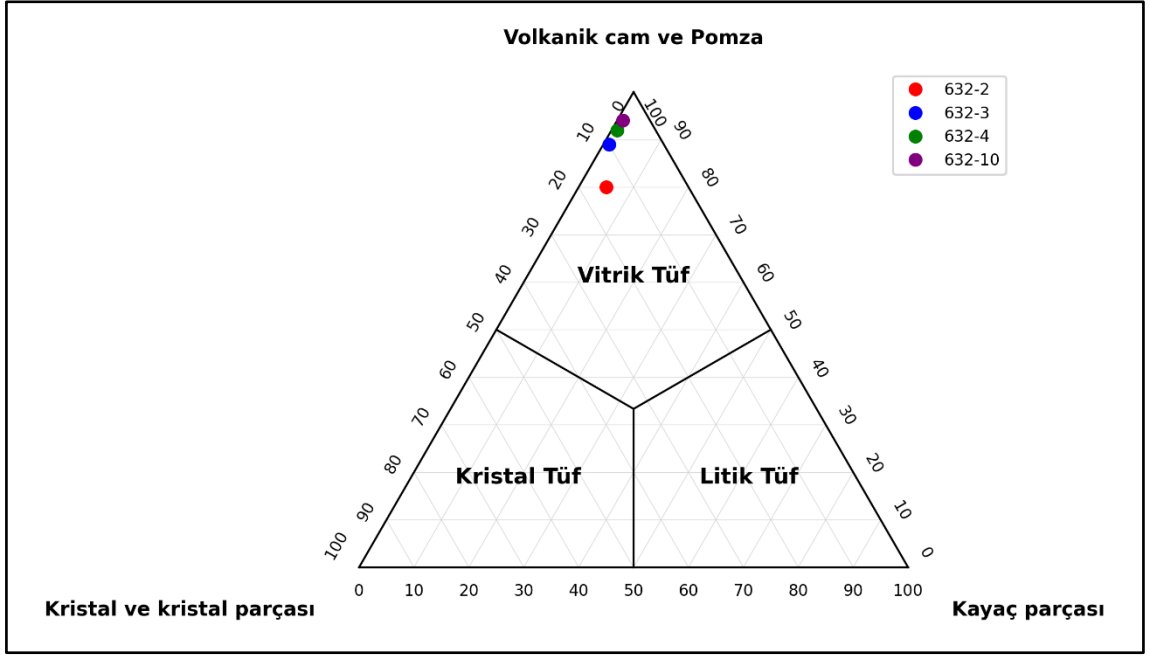
632 – 65 numaralı killi cevher örneğinde üleksit, kil ve karbonat minerali saptanmıştır. 619 – 67 numaralı killi cevher örneğinde üleksit, karbonat ve kil minerali saptanmıştır. 632 – 76 numaralı killi cevher örneğinde üleksit ve kil minerali saptanmıştır (Şekil 5.49).

632 – 86 numaralı laminalı kiltası örneğinde, kuvars ve karbonat minerali saptanmıştır. Kalsiyum karbonat kavrılı fosiller mevcuttur. 632 – 90 numaralı laminalı kiltası örneğinde, biyotit, plajiyoklaz, kuvars ve kil minerali saptanmıştır.

Şekil 5.50'de 20BM – 632 sondajından alınan Uzun Tepe Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre sınıflandırılması ve adlandırılması.



Şekil 5. 49. 20BM – 632 sondajından alınan killi cevher örneklerindeki üleksit mineralinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) 632 – 65 numaralı örnekteki üleksit minerali (Ulx) (A – tek nikol ve B – çift nikol). C – D) 632 – 67 numaralı örnekteki Üleksit minerali (Ulx) (C – tek nikol ve D – çift nikol). E – F) 632 – 76 numaralı örnekteki Üleksit minerali (Ulx) (E – tek nikol ve F – çift nikol).

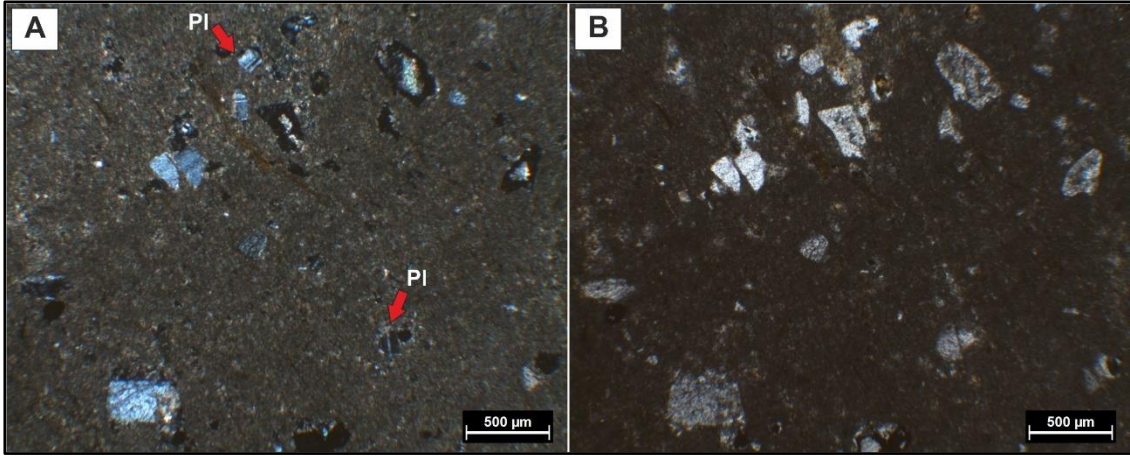


Şekil 5. 50. 20BM – 632 sondajından alınan Uzun Tepe Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.

5.3.2.3. 20BM – 644 Sondajı

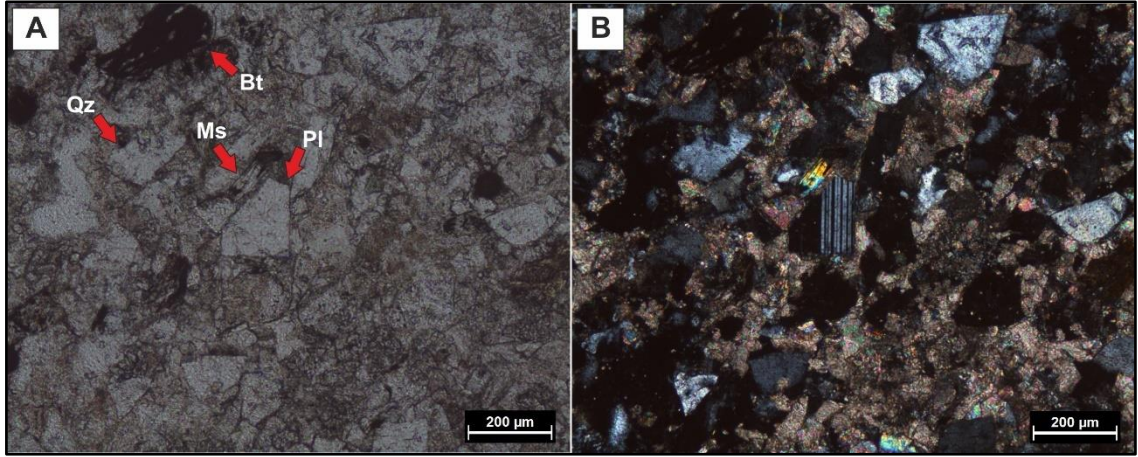
20BM – 644 sondajından 644 – 7, 644 – 8, 644 – 13, 644 – 15, 644 – 17, 644 – 21, 644 – 25, 644 – 29, 644 – 46, 644 – 47, 644 – 52, 644 – 68, 644 – 74 ve 644 – 79 numaralı örneklerden ince kesit yapılmış ve mikroskopta incelenmiştir.

644 – 7 numaralı silttaşı ve 644 – 8 numaralı laminalı silttaşı örneklerinde biyotit, plajiyoklaz ve kuvars fenokristalleri saptanmıştır. Karbonat çimento mevcuttur. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme gözlenmektedir (Şekil 5.51). 644 – 13 numaralı silttaşı örneğinde biyotit, kuvars ve karbonat minerali saptanmıştır.



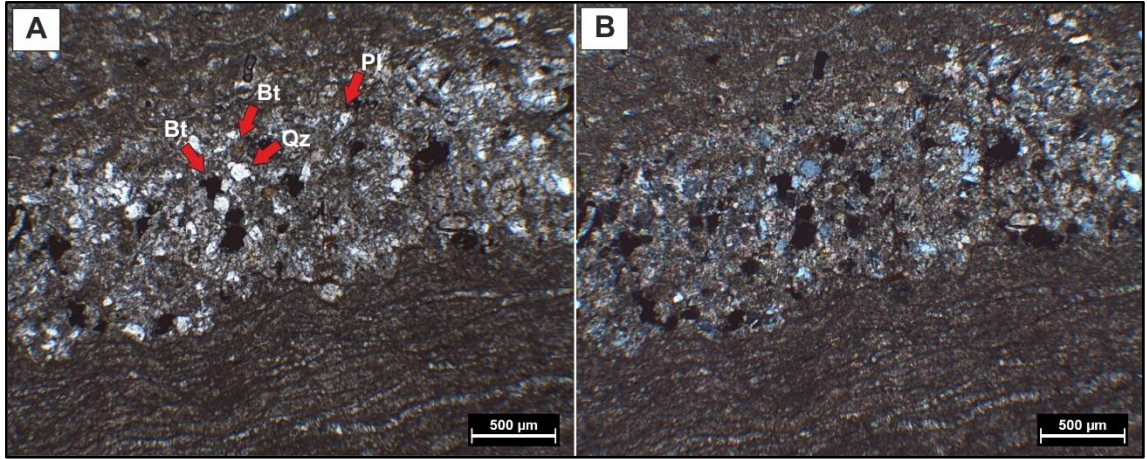
Şekil 5. 51. 20BM – 644 sondajından alınan 644 – 8 numaralı laminalı silttaşı olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Karbonat – kil çimento içindeki plajiyoklaz (Pl) minerali (A – tek nikol ve B – çift nikol).

644 – 15 numaralı tuf örneğinde biyotit, muskovit, plajiyoklaz, kuvars, volkanik cam – pomza ve kayaç parçası saptanmıştır. Biyotit mineralleri bol olarak gözlenmektedir. Volkanik cam ve pomza bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma mevcuttur. Biyotit minerallerinde opasitleşme mevcuttur. Schmid (1981) tuf sınıflandırmasına göre "Kristal Tuf" olarak isimlendirmektedir. 644 – 17 numaralı laminalı silttaşı örneğinde biyotit, muskovit, plajiyoklaz ve kuvars saptanmıştır. 644 – 21 ve 644 – 25 numaralı tuf örneklerinde biyotit, muskovit, plajiyoklaz, kuvars, volkanik cam – pomza ve kayaç parçası saptanmıştır. Minerallerde ve volkanik camda alterasyon gözlenmiştir. Volkanik cam ve pomzalarda killeşme ve karbonatlaşma, biyotit minerallerinde opasitleşme mevcuttur. Schmid (1981) tuf sınıflandırmasına göre "Vitrifik Tuf" olarak isimlendirilmiştir. Karbonatlaşma çok fazla olup, volkanik patlama ürünlerinin görsel ortama düştüğünü göstermektedir (Şekil 5.52).



Şekil 5. 52. 20BM – 644 sondajından alınan 644 – 21 numaralı Vitrik Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam – pomza bozunmasıyla oluşan karbonat çimento içerisinde yer alan kemirilmiş kuvars (Qz), biyotit (Bt), plajiyoklaz (Pl) ve muskovit (Ms) fenokristalleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).

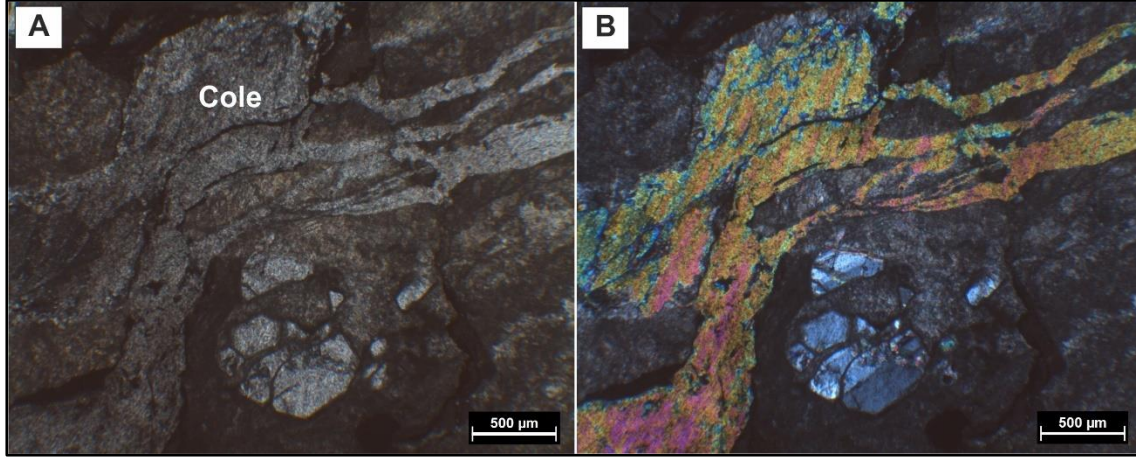
644 – 29 numaralı laminalı silttaşı örneğinde, biyotit, plajiyoklaz, kuvars ve karbonat minerali saptanmıştır. Çimentosu karbonattır. Laminalar kil- karbonat ardalanmasından oluşmaktadır (Şekil 5.53).



Şekil 5. 53. 20BM – 644 sondajından alınan 644 – 29 numaralı laminalı silttaşı olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Karbonat – kil çimento içerisinde yer alan kuvars (Qz), opasitleşmiş biyotit ve biyotit (Bt) ve plajiyoklaz (Pl) minerali (A – tek nikol ve B – çift nikol).

644 – 46 numaralı killi cevher örneğinde, kuvars, kolemanit, kil ve karbonat minerali saptanmıştır. Kolemanit damarı mevcut. Karbonat klastları çok fazla

gözlenmektedir. Pelloidal kireçtaşı parçaları fazlasıdır. Boylanması kötü, taneler köşelidir (Şekil 5.54).

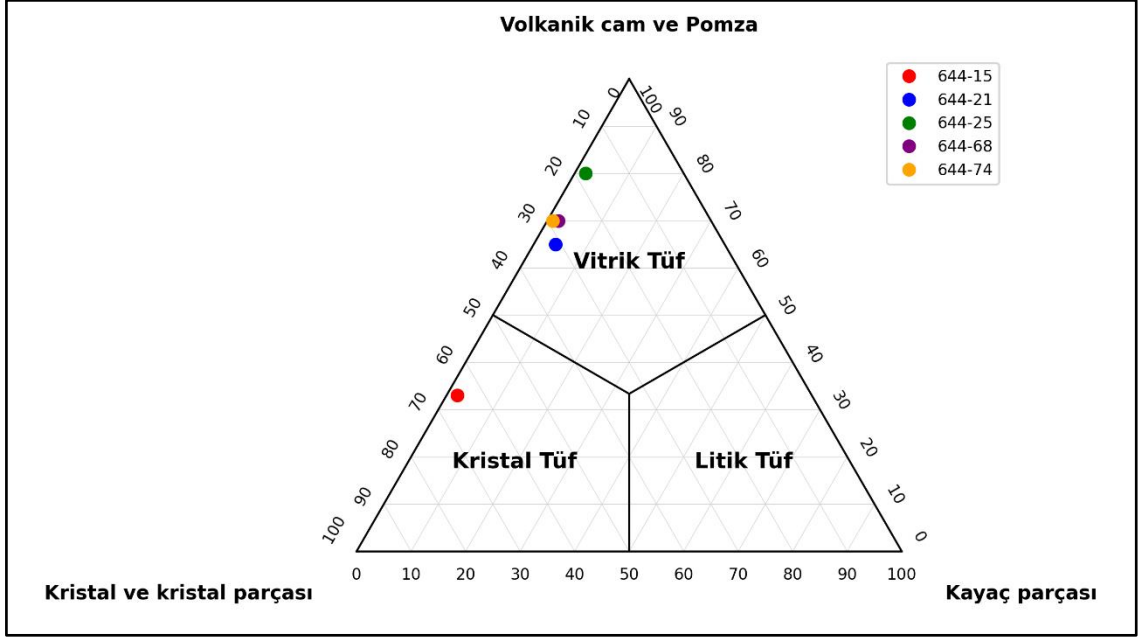


Şekil 5. 54. 20BM – 644 sondajından alınan 644 – 46 numaralı killi cevher olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Kolemanit (Cole) minerali damar şeklinde gözlenmektedir (A – tek nikol ve B – çift nikol).

644 – 47 numaralı silttaşı örneğinde kil tane boyu mineraller gözlenmektedir. Tamamında killeşme görülmektedir. 644 – 52 numaralı silttaşı örneğinde biyotit, kuvars, karbonat ve kil minerali saptanmıştır. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme mevcuttur. Çimento karbonattan oluşmaktadır.

644 – 68 numaralı tuf örneğinde, biyotit, muskovit, kuvars, plajiyoklaz, volkanik cam – pomza, kayaç parçası, kil ve karbonat minerali saptanmıştır. Volkanik camın bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma mevcuttur. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme gözlenmektedir. 644 – 74 numaralı tuf örneğinde biyotit, muskovit, kuvars, plajiyoklaz, volkanik cam – pomza, kayaç parçası, kil ve karbonat minerali saptanmıştır. Volkanik cam bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma mevcuttur. Schmid (1981) tuf sınıflandırmasına göre "Vitrifik Tuf" olarak isimlendirmektedir. 644 – 79 numaralı silttaşı -tuf örneğinde, biyotit, kuvars, plajiyoklaz ve kil minerali saptanmıştır. Tuf içinde plajiyoklaz, biyotit ve kuvars; silttaşı içinde kil tane boyu malzeme içermektedir. Kil ve karbonat çimento gözükmemektedir.

Şekil 5.55'te 20BM – 644 sondajından alınan Uzun Tepe Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre sınıflandırılması ve adlandırılması.



Şekil 5. 55. 20BM – 644 sondajından alınan Uzun Tepe Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.

5.3.3. Emirler Tuf Üyesi

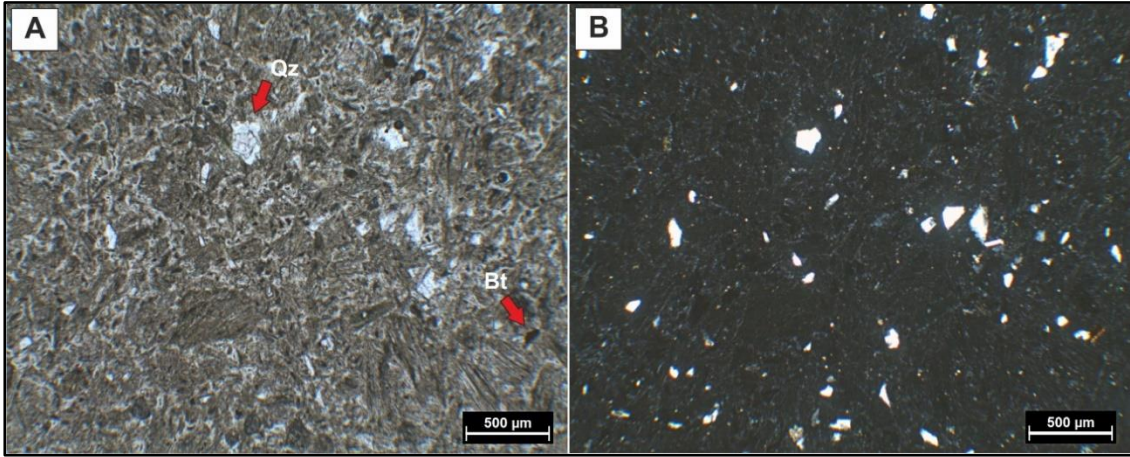
Emirler Tuf üyesi örnekleri, 20BM – 613, 20BM – 619 ve 20BM – 644 sondajlarından alınmıştır. Alınan tuf örnekleri üzerinde mineralojik bileşim modal olarak belirlenmiştir. Kristal parçası, volkanik cam – pomza ile kayaç parçası oranları yüzde olarak belirlenmiş ve Schmid (1981) diyagramına göre tüflerin adlandırılması yapılmıştır.

5.3.3.1. 20BM – 613 Sondajı

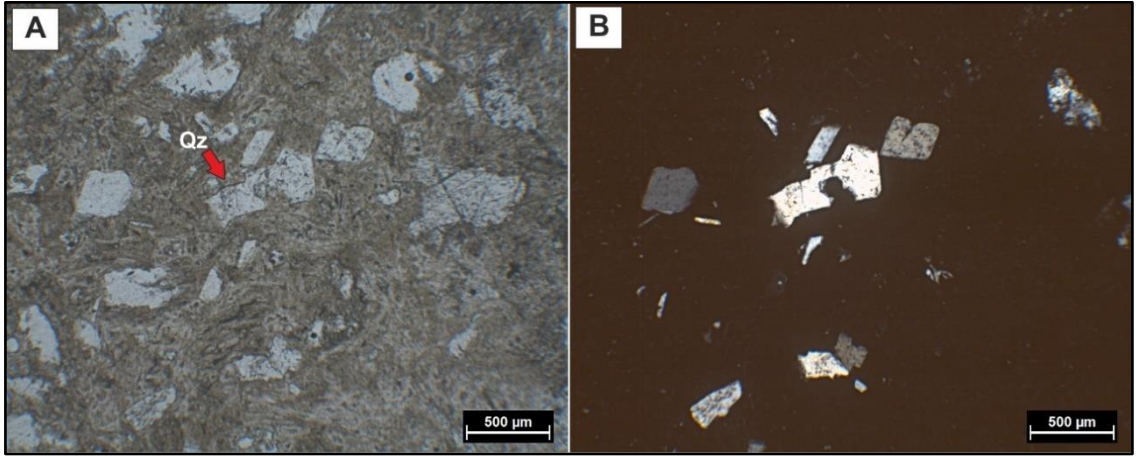
20BM – 613 sondajından 613 – 10, 613 – 36, 613 – 42, 613 – 45 ve 613 – 48 numaralı örneklerden ince kesit yapılmış ve mikroskohta incelenmiştir.

613 – 36 numaralı tuf örneğinde, kuvars, biyotit, plajiyoklaz, kayaç parçası ve volkanik cam kıymıkları– pomza saptanmıştır. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme mevcuttur. Volkanik cam bozunmasıyla yer yer killeşme ve karbonatlaşma mevcuttur. Schmid (1981) tuf sınıflandırmasına göre "Vitrifik Tuf"

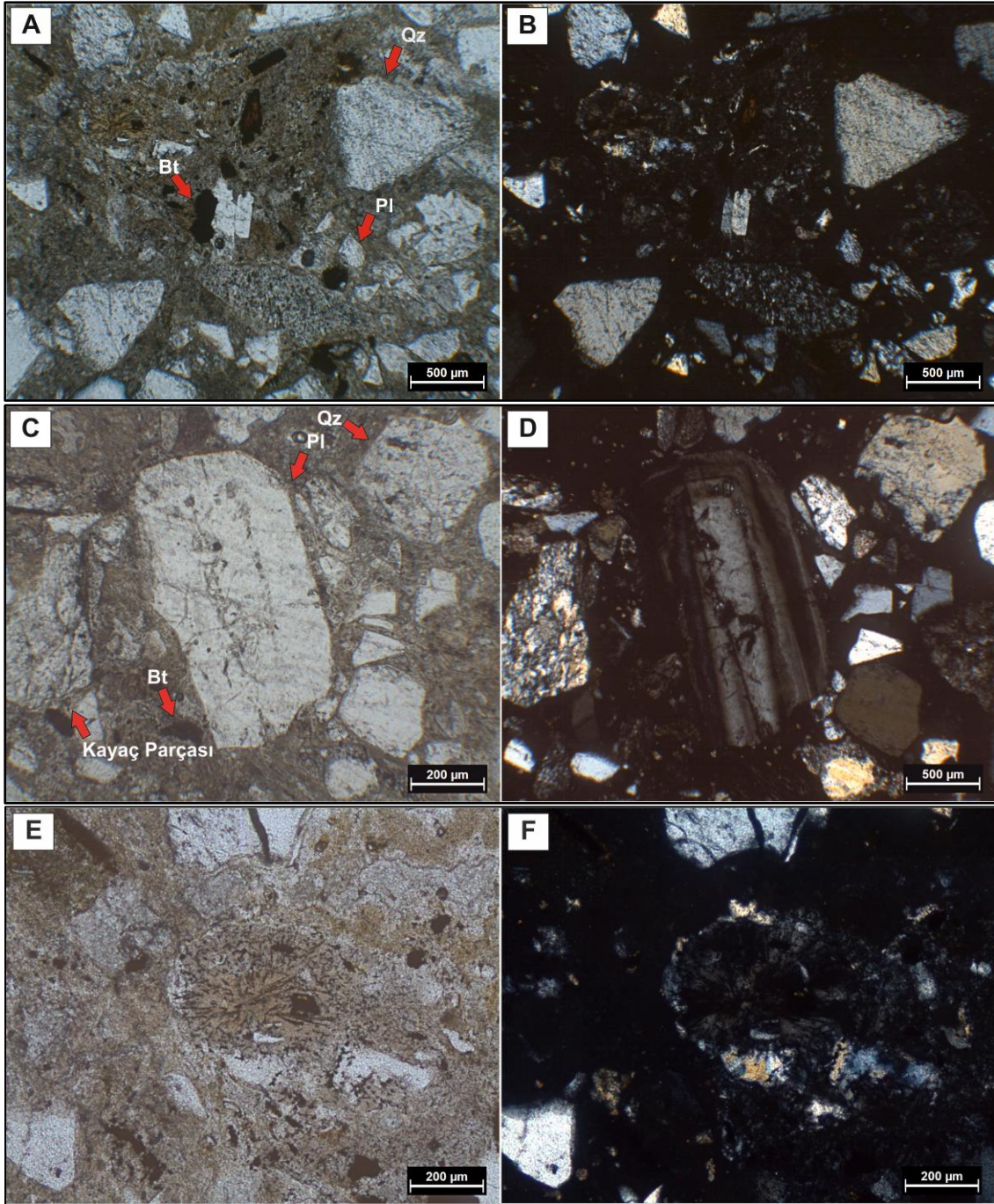
olarak isimlendirmektedir (Şekil 5.56). 613 – 42 numaralı tuf örneğinde, kuvars, biyotit, plajiyoklaz ve volkanik cam kıymıkları – pomza saptanmıştır. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme mevcuttur. Volkanik camın bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma mevcuttur. Temiz yüzeyli ve kenarları kemirilmiş körfez yapısı sunan kuvars minerali mevcuttur. Schmid (1981) tuf sınıflandırmasına göre "Vitrik Tuf" olarak isimlendirmektedir (Şekil 5.57). 613 – 45 numaralı tuf örneğinde, kuvars, biyotit, muskovit, plajiyoklaz, kayaç parçası, karbonat minerali ve volkanik cam kıymıkları – pomza saptanmıştır. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme mevcuttur. Volkanik cam bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma gözlenmiştir. Detritik muskovit minerali mevcuttur. Plajiyoklaz minerali zonlu doku göstermektedir. Schmid (1981) sınıflandırmasına göre "Vitrik Tuf" olarak isimlendirmektedir (Şekil 5.58). 613 – 48 numaralı tuf örneğinde, kuvars, biyotit, plajiyoklaz, kayaç parçası ve volkanik cam kıymıkları – pomza saptanmıştır. Volkanik camın bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma mevcuttur. Schmid (1981) tuf sınıflandırmasına göre "Vitrik Tuf" olarak isimlendirmektedir (Şekil 5.59).



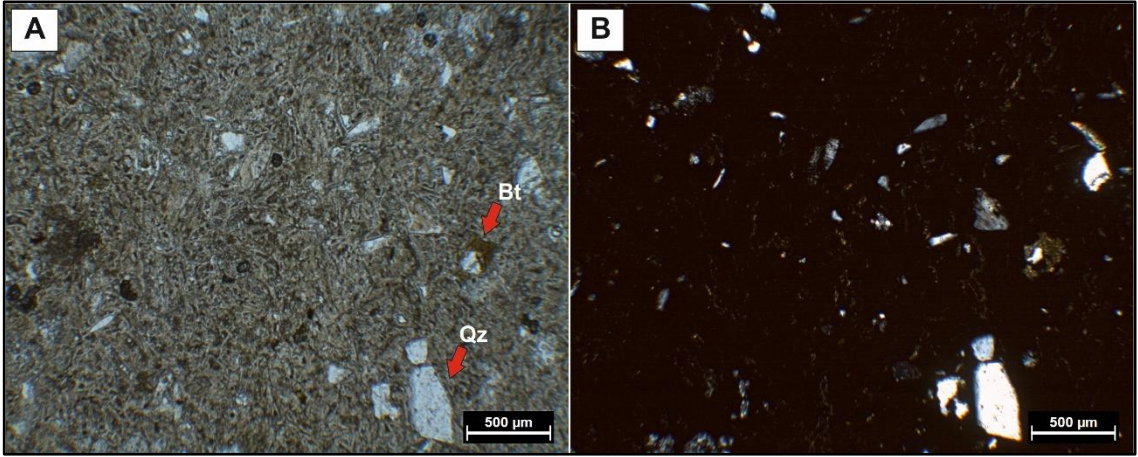
Şekil 5. 56. 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 36 numaralı Vitrik Tuf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza içerisinde, opasitleşme gösteren biyotit (Bt) ve kuvars (Qz) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).



Şekil 5. 57. 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 42 numaralı Vitrik Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza içerisinde yer alan kemirilmiş kuvars (Qz) minerali (A – tek nikol ve B – çift nikol).

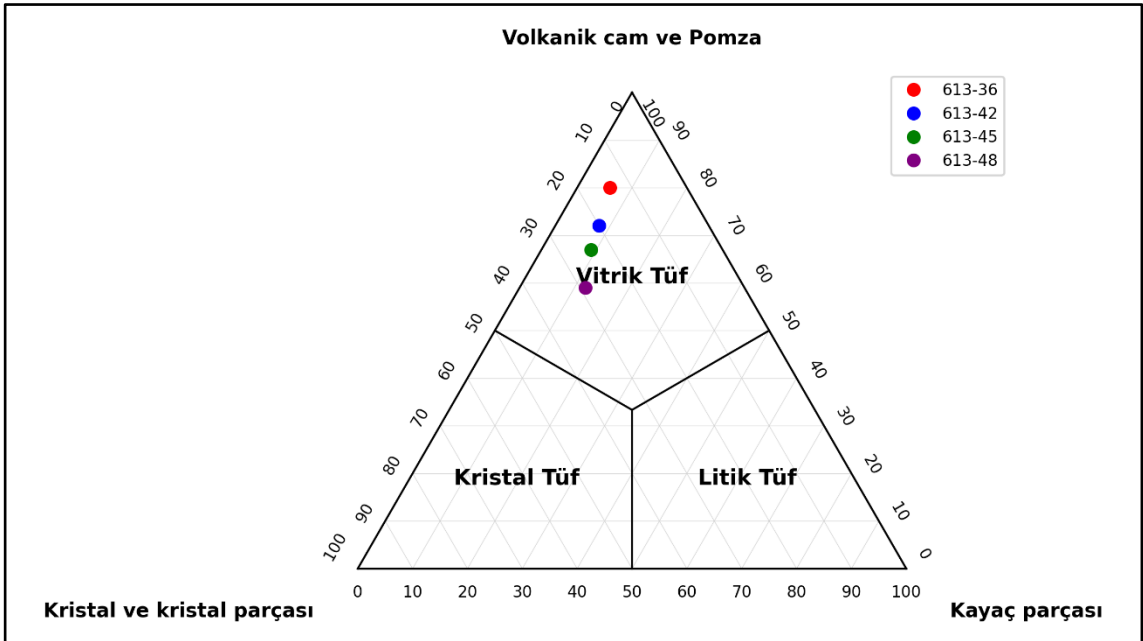


Şekil 5. 58. 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 45 numaralı Vitrik Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza içerisinde yer alan Biotit (Bt) minerali (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Volkanik cam kıymığı – pomza hamuru içerisinde yer alan zonlanma gösteren plajiyoklaz (Pl), Biotit (Bt), Kuvars (Qz) ve Kayaç parçası (C – tek nikol ve D – çift nikol), E – F) Sferulit Doku (E – tek nikol ve F – çift nikol),



Şekil 5. 59. 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 48 numaralı Vitrik Tuf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza içerisinde yer alan Biotit (Bt) ve Kuvars (Qz) fenokristalleri (A – tek nikol ve B – çift nikol).

Şekil 5.60'ta 20BM – 613 sondajından alınan Emirler Tuf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre sınıflandırılması ve adlandırılması yer almaktadır.

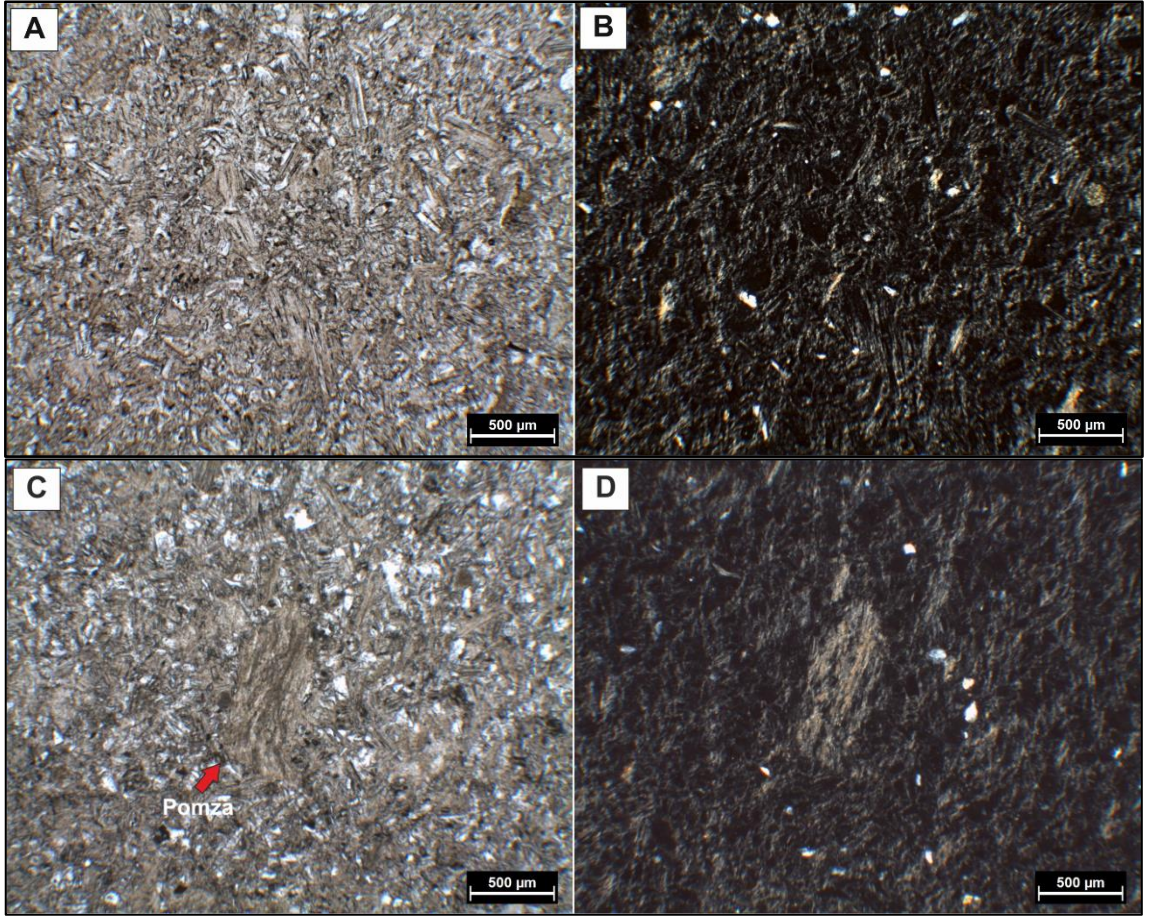


Şekil 5. 60. 20BM – 613 sondajından alınan Emirler Tuf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.

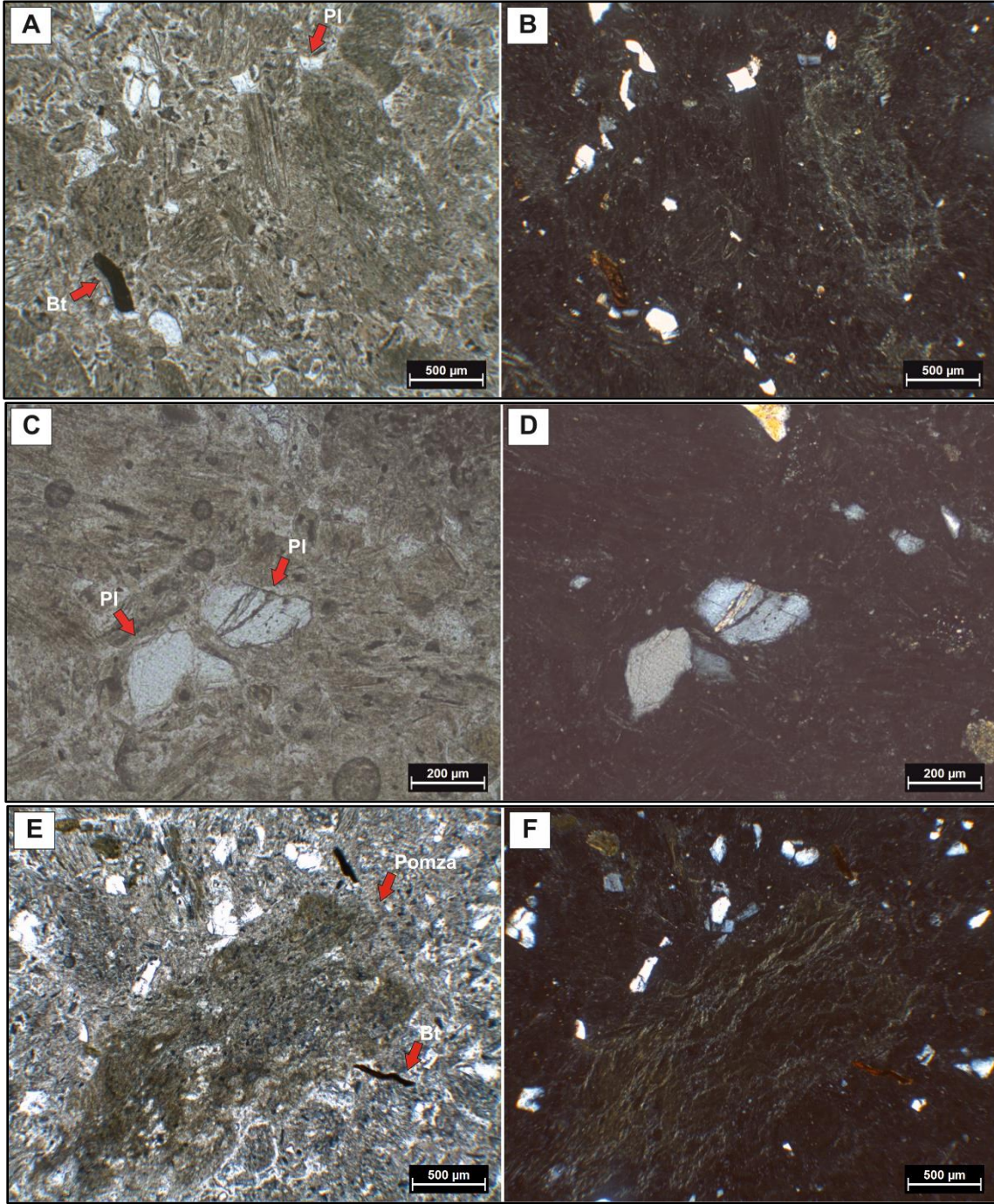
5.3.3.2. 20BM – 619 Sondajı

20BM – 619 sondajından 619 – 2, 619 – 3 ve 619 – 6 numaralı örneklerden ince kesit yapılmış ve mikroskopta incelenmiştir.

619 – 2 numaralı tuf örneğinde, kuvars, biyotit, plajiyoklaz ve volkanik cam kıymığı – pomza saptanmıştır. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme mevcuttur. Opak mineraller gözlenmektedir. Rutil minerali aksesuar olarak mevcuttur. Schmid (1981) tuf sınıflandırmasına göre "Vitrik Tuf" olarak isimlendirmektedir (Şekil 5.61). 619 – 3 numaralı tuf örneğinde, kuvars, biyotit, muskovit, plajiyoklaz, rutil ve volkanik cam kıymıkları – pomza saptanmıştır. Aksesuar olarak rutil minerali mevcuttur. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme mevcuttur. Volkanik camın bozunmasıyla killeşme mevcuttur. Plajiyoklaz mineralinde serisitleşme mevcuttur. Schmid (1981) tuf sınıflandırmasına göre "Vitrik Tuf" olarak isimlendirmektedir (Şekil 5.62). 619 – 6 numaralı tuf örneğinde, kuvars, biyotit, muskovit, plajiyoklaz, kayaç parçası ve volkanik cam – pomza saptanmıştır. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme mevcuttur. Volkanik camın bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma gözlenmiştir. Temiz yüzeyli ve kenarları kemirilmiş körfez yapısı sunan kuvars minerali mevcuttur. Schmid (1981) tuf sınıflandırmasına göre "Vitrik Tuf" olarak isimlendirilmiştir.

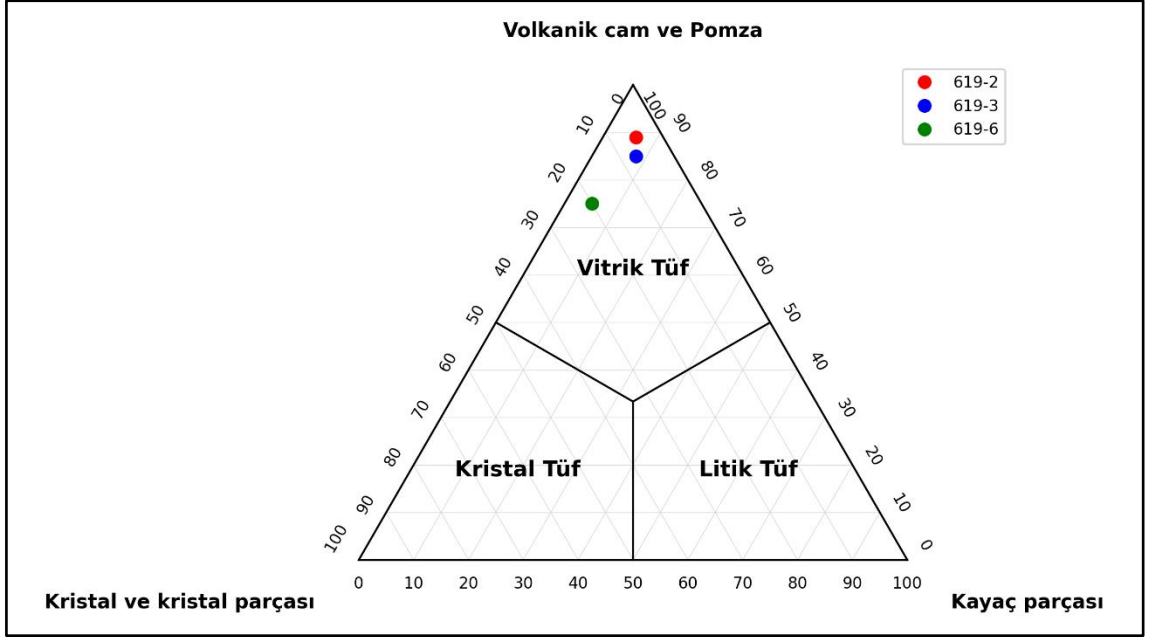


Şekil 5. 61. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 2 numaralı Vitrik Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza genel görüntüsü (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Pomza görüntüsü (C – tek nikol ve D – çift nikol)



Şekil 5. 62. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 3 numaralı Vitrik Tüf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymığı – pomza içerisinde yer alan opasitleşme gösteren biyotit (Bt) ve plajiyoklaz (Pl) mineralleri (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Serisitleşme gösteren plajiyoklaz (Pl) minerali (C – tek nikol ve B – çift nikol), E – F) Pomza görüntüsü (E – tek nikol ve F – çift nikol)

Şekil 5.63'te 20BM – 619 sondajından alınan Emirler Tüf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre sınıflandırılması ve adlandırılması yer almaktadır.



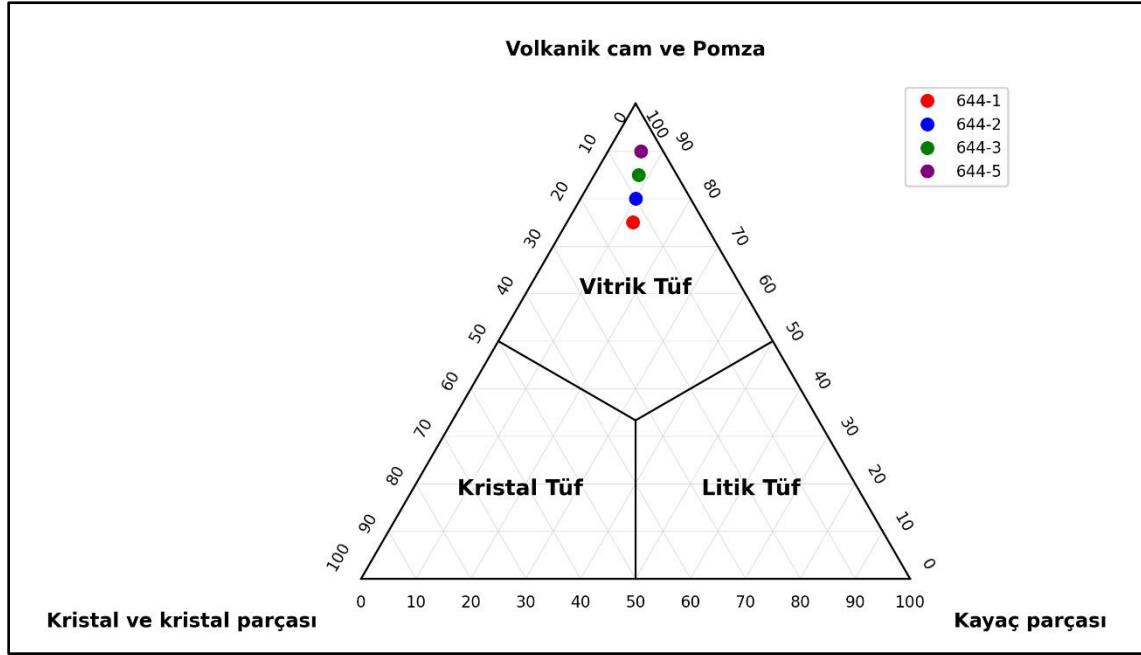
Şekil 5. 63. 20BM – 619 sondajından alınan Emirler Tüf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.

5.3.3.3. 20BM – 644 Sondajı

20BM – 644 sondajından 644 – 1, 644 – 2, 644 – 3 ve 644 – 5 numaralı örneklerden ince kesit yapılmış ve mikroskopta incelenmiştir.

644 – 1, 644 – 2 ve 644 – 3 numaralı tüf örneklerinde, kuvars, biyotit, plajiyoklaz, kayaç parçası ve volkanik cam – pomza saptanmıştır. Volkanik cam ve pomza bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma mevcuttur. Biyotit minerallerinde opasitleşme mevcuttur. Schmid (1981) tüf sınıflandırmasına göre "Vitrik Tüf" olarak isimlendirilmiştir. 644 – 5 numaralı tüf örneğinde, kuvars, biyotit, amfibol, plajiyoklaz, kayaç parçası ve volkanik cam – pomza saptanmıştır. Volkanik cam ve pomza bozunmasıyla killeşme ve karbonatlaşma mevcuttur. Biyotit ve amfibol minerallerinde opasitleşme mevcuttur. Schmid (1981) tüf sınıflandırmasına göre "Vitrik Tüf" olarak isimlendirmektedir.

20BM – 644 sondajından alınan Emirler Tüf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre sınıflandırılması Şekil 5.64'te verilmiştir.

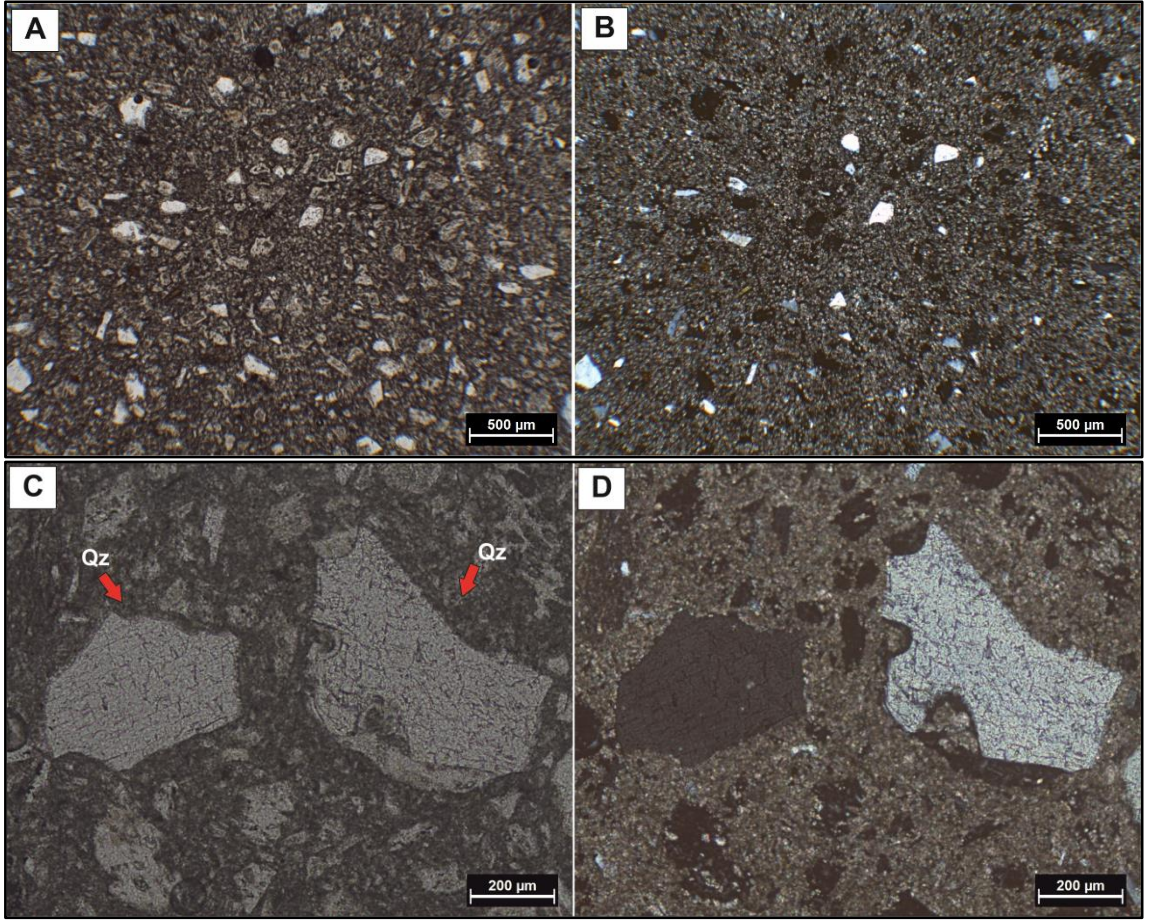


Şekil 5. 64. 20BM – 644 sondajından alınan Emirler Tüf Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.

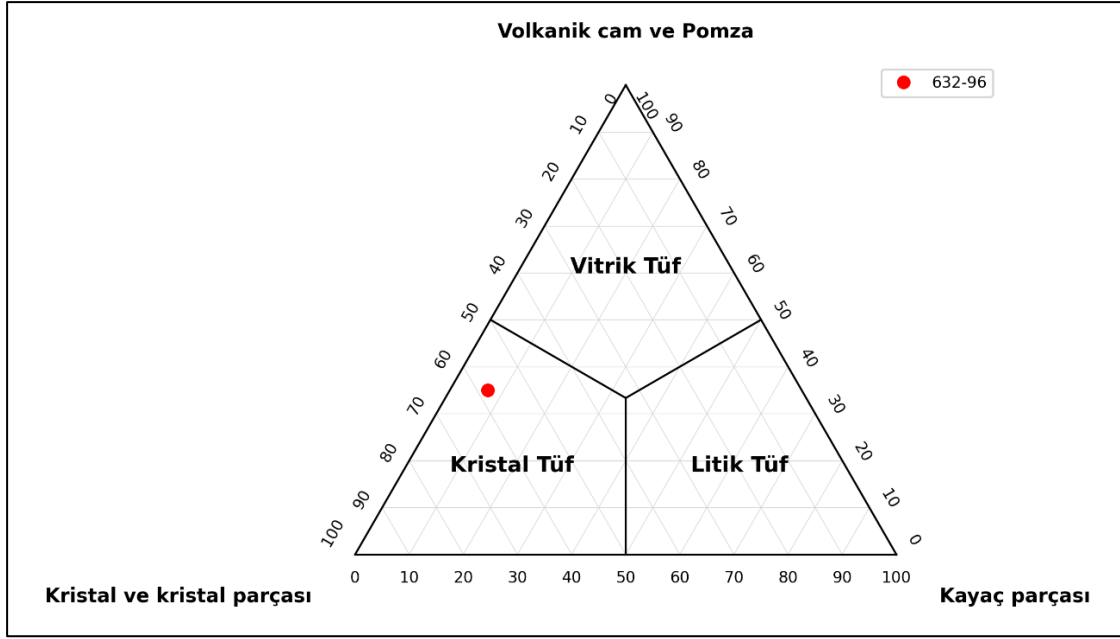
5.3.4. İskele Üyesi

İskele Üyesi 20BM – 613 sondajından örnek alınmıştır. Tüf örnekleri üzerinde mineralojik bileşim yarı – kantitatif olarak belirlenmiştir. Kristal parçası, volkanik cam – pomza ile kayaç parçası oranları yüzde olarak belirlenmiş ve Schmid (1981) diyagramına göre tüflerin adlandırılması yapılmıştır.

613 – 10 numaralı tüf örneğinde, kuvars, biyotit, plajiyoklaz, volkanik cam kıymıkları – pomza, karbonat ve kil minerali saptanmıştır. Biyotit minerallerinde yer yer opasitleşme mevcuttur. Temiz yüzeyli ve kenarları kemirilmiş körfez yapısı sunan kuvars minerali mevcuttur. Tüf sınıflandırmasına göre "Kristal Tüf" olarak isimlendirmektedir (Şekil 5.65). Şekil 5.66'da 20BM – 613 sondajından alınan İskele Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre sınıflandırılması yapılmıştır.



Şekil 5. 65. 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 10 numaralı kristal tuf olarak isimlendirilen örneğin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri. A – B) Volkanik cam kıymıkları genel görüntüsü (A – tek nikol ve B – çift nikol), C – D) Volkanik cam kıymığı hamuru içerisinde yer alan kemirilmiş kuvars (Qz) minerali.



Şekil 5. 66. 20BM – 613 sondajından alınan İskele Üyesi örneklerinin Schmid (1981) diyagramına göre adlandırılması.

5.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektrometre (EDS) Analiz Sonuçları

Minerallerin mikromorfolojik özellikleri, bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkileri ve yarı – nicel kimyasal bileşimlerinin saptanması amacıyla SEM-EDS analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, morfolojik olarak mineralleri tanımlamak için SE ve minerallerin kimyası için BSE çekimleri yapılmıştır.

SEM – EDS analizleri çalışması, 8 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Analiz için 20BM – 613 sondajından 613 – 18, 20BM – 619 sondajından 619 – 5 ve 619 – 69, 20BM – 632 sondajından 632 – 8 ve 632 – 10, 20BM – 644 sondajından 644 – 26, 644 – 51 ve 644 – 69 numaralı örnekler seçilmiştir. Bu örnekler, Uzun Tepe, Emirler Tuf ve İskele Üyelerine aittir.

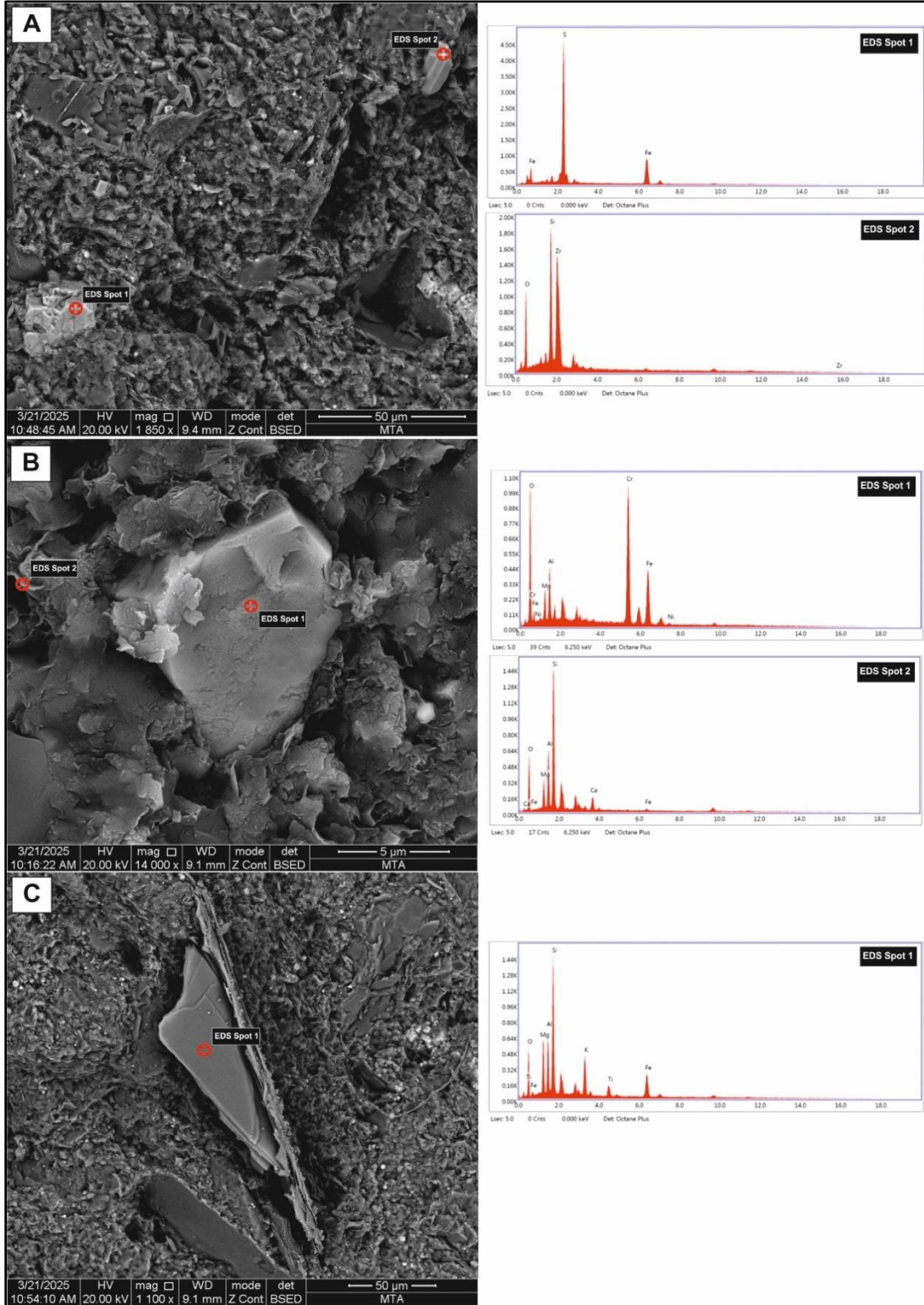
5.4.1. Uzun Tepe Üyesi

SEM-EDS analizleri, Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe üyesinden alınan 6 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, 20BM – 619 sondajından 619 – 69, 20BM – 632 sondajından 632 – 8 ve 632 – 10, 20BM – 644 sondajından 644 – 26, 644 – 51 ve 644 – 69 numaralı örnekler seçilmiştir. Bu üyede, yapılan XRD-TK analizleri sonucunda, kil, kuvars, mika, feldispat, aragonit, dolomit, kalsit, klinoptilolit/höylandit ve pirit minerali saptanmıştır.

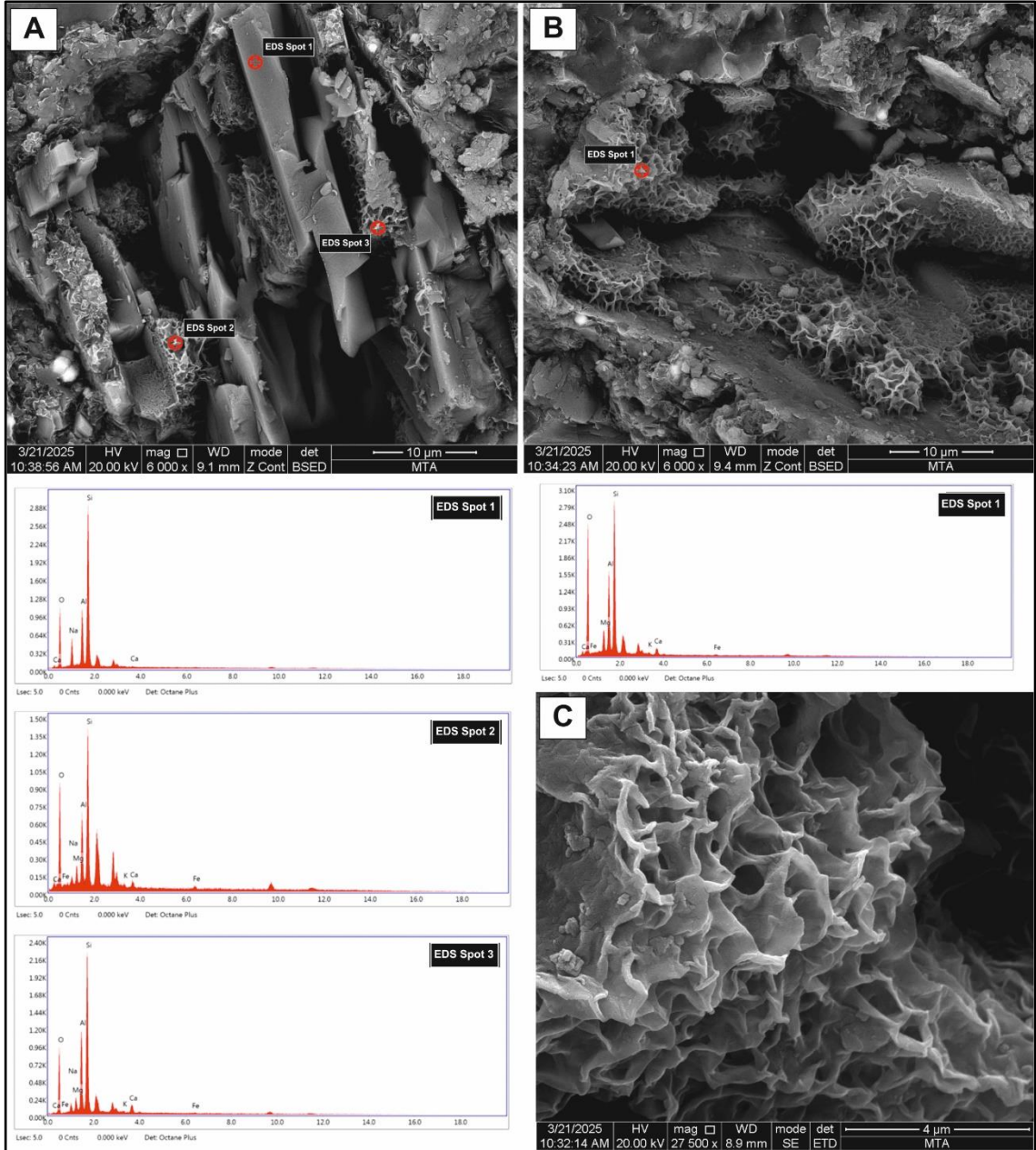
20BM – 619 sondajından alınan 619 – 69 numaralı silttaşı örneği üzerinde gerçekleştirilen XRD – TK analizleri, mineralojik bileşiminin kil (%36,69), illit/mika (%24,36), klinoptilolit/höylandit (%7,46), kuvars (%8,55), feldispat (%9,61), kalsit (%2,89) ve dolomit (%1,87) minerali olduğunu göstermiştir. XRD – KF analizleri, simektit (%83,12), klorit (%3,25), illit (%11,69) ve kaolinit (%1,95) minerali olarak detaylı kil analizi gerçekleştirilmiştir. SEM – EDS incelemeleri ise bu temel minerallere ek olarak apatit, kromit, pirit, zirkon, simektit, mika ve plajiyoklaz minerali varlığını ortaya koymuştur.

Pirit minerali ile öz şekilli zirkon mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonuçları verilmiştir. Pirit minerali indirgen ortamı göstermektedir. Detritik kökenli kromit minerali ve simektit minerali birlikteliğinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonuçları verilmiştir. Yapraksı mikromorfolojik yapıya sahip mika mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonuçları verilmiştir (Şekil 5.67).

Bal peteği görüntüsü sunan simektit mineralinin SE görüntüsü ve simektit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonuçları verilmiştir. Plajiyoklaz ve simektit minerali birlikteliğinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonuçları verilmiştir (Şekil 5.68).



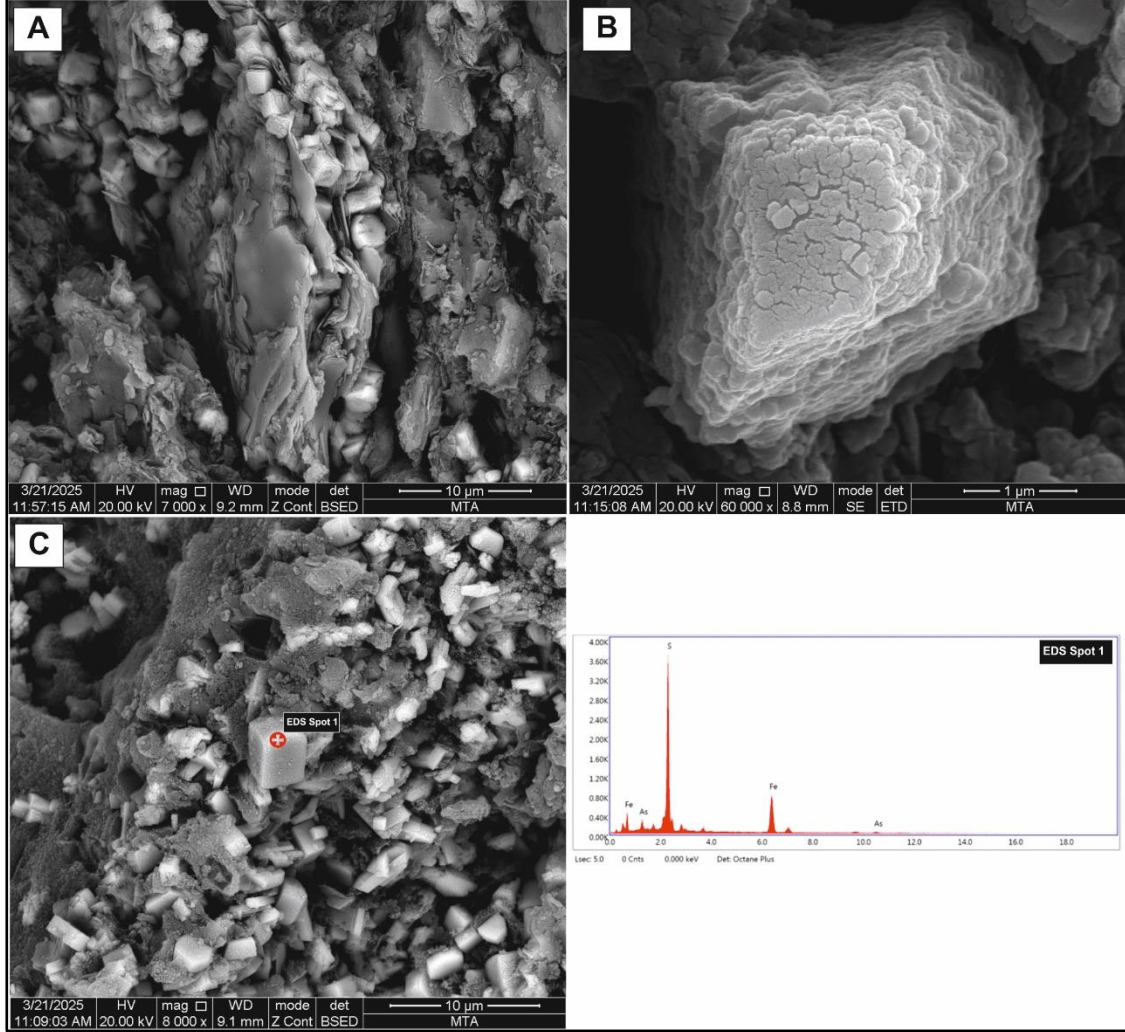
Şekil 5. 67. Uzun Tepe üyesi ait 619 – 69 numaralı örneğe ait pirit, zirkon, kromit, simektit ve mika minerallerinin BSE görüntüsü ve EDS analizi sonucu. A) Pirit ve öz şekilli zirkon minerali (EDS Spot 1: Pirit ve EDS Spot 2: Zirkon); B) Detritik kökenli kromit minerali ve simektit minerali (EDS Spot 1: Kromit ve EDS Spot 2: Simektit); C) Yapraksı mikromorfolojik yapıya sahip mika (EDS Spot 1: Mika).



Şekil 5. 68. Uzun Tepe üyesi ait 619 – 69 numaralı örnekte bulunan simektit minerali ve ilişkileri BSE görüntüsü ve EDS analizi sonucu. A) Plajiyoklaz ve simektit minerali (EDS Spot 1: Plajiyoklaz, EDS Spot 2: Simektit ve EDS Spot 3: Simektit), B) Simektit minerali (EDS Spot 1: Simektit), C) Bal peteği görünümü simektit mineralinin SE görüntüsü.

20BM – 632 sondajından alınan 632 – 8 numaralı laminalı kiltası örneği üzerinde gerçekleştirilen XRD – TK analizleri, mineralojik bileşiminin opal – CT (%22,11), aragonit (%60,16), kuvars (%2,68), feldispat (%1,99) ve kalsit (%13,05) mineralinden oluştuğu tespit edilmiştir. SEM – EDS incelemeleri ise bu minerallere ek olarak pirit, apatit ve mika varlığını ortaya koymuştur.

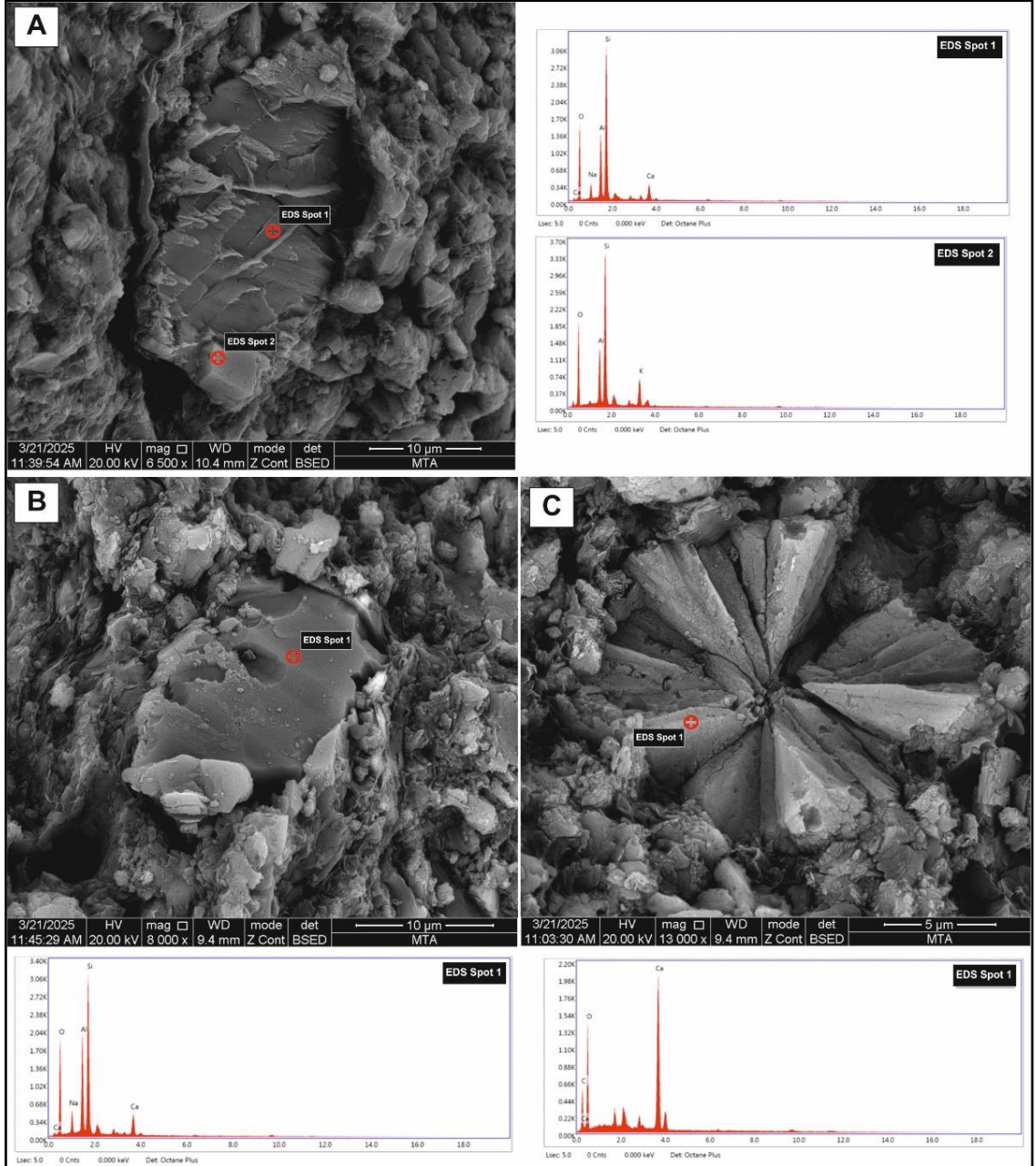
Öz şekilli kalsit mineralinin SE görüntüsü, yapraksı yapıya sahip mika mineralinin arasında gözlenen pirit mineralinin SE görüntüsü, öz şekilli ve arsenik içeren pirit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu verilmiştir Şekil 5.69'da verilmiştir.



Şekil 5. 69. Uzun Tepe üyesi ait 632 – 8 numaralı örnekte bulunan kalsit ve yapraksı yapıya sahip mika mineralinin arasında yer alan pirit mineralinin SE görüntüsü ile arsenik içeren pirit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu. A) Yapraksı yapıya sahip mika mineralinin arasında yer alan pirit minerali, B) Kalsit minerali, C) arsenik içeren pirit minerali (EDS Spot 1: Arsenikli Pirit)

Prizmatik ve otijenik kökenli K – feldispat minerali ve prizmatik plajiyoklaz mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz, Ca – Na elementleri içeren plajiyoklaz mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu, Işınsal şekilde aragonit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu verilmiştir. Kristal morfolojisi

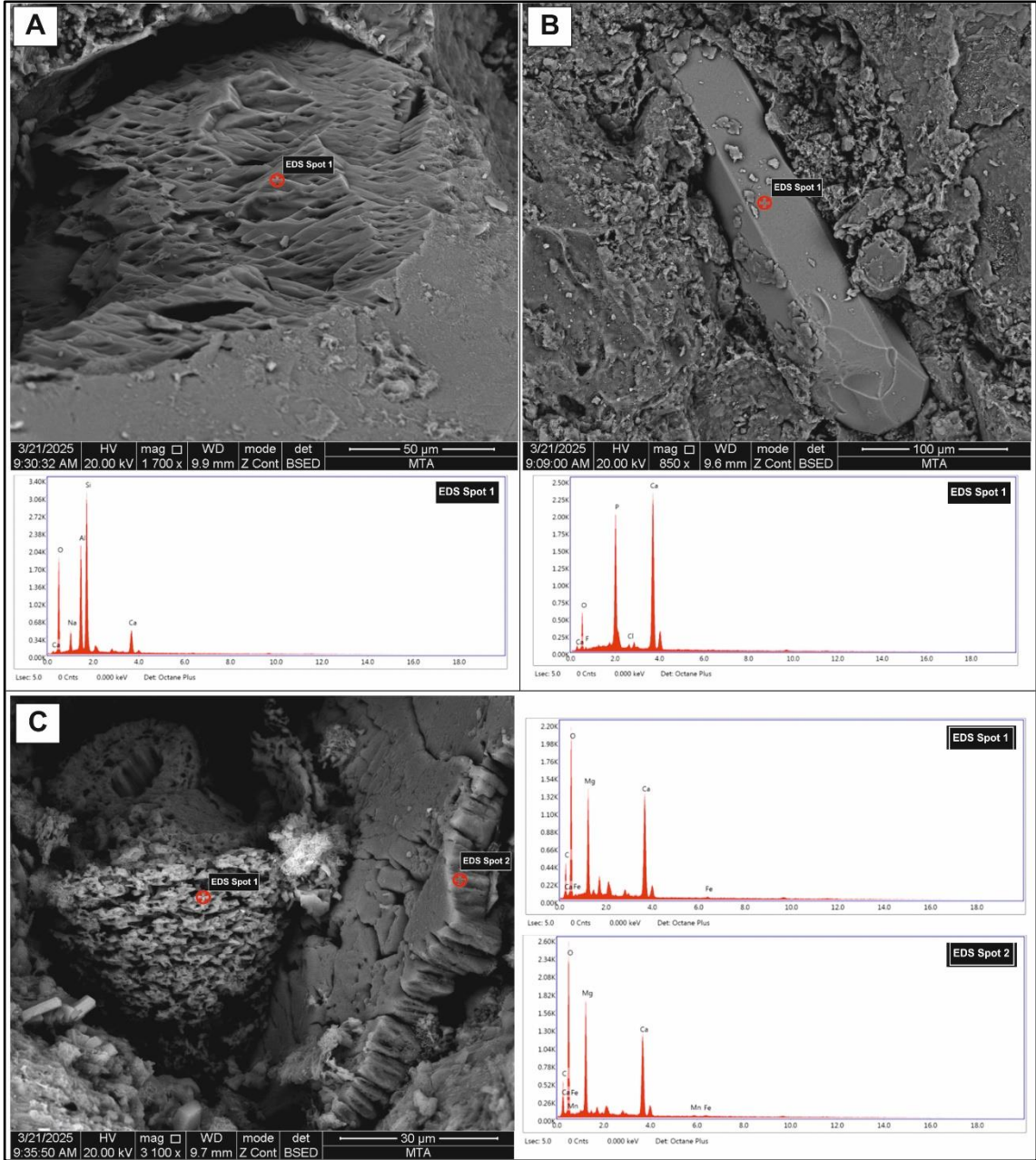
bakımından, merkezden radyal olarak yayılan ince kristaller şeklinde gözükmetedir (Şekil 5.70).



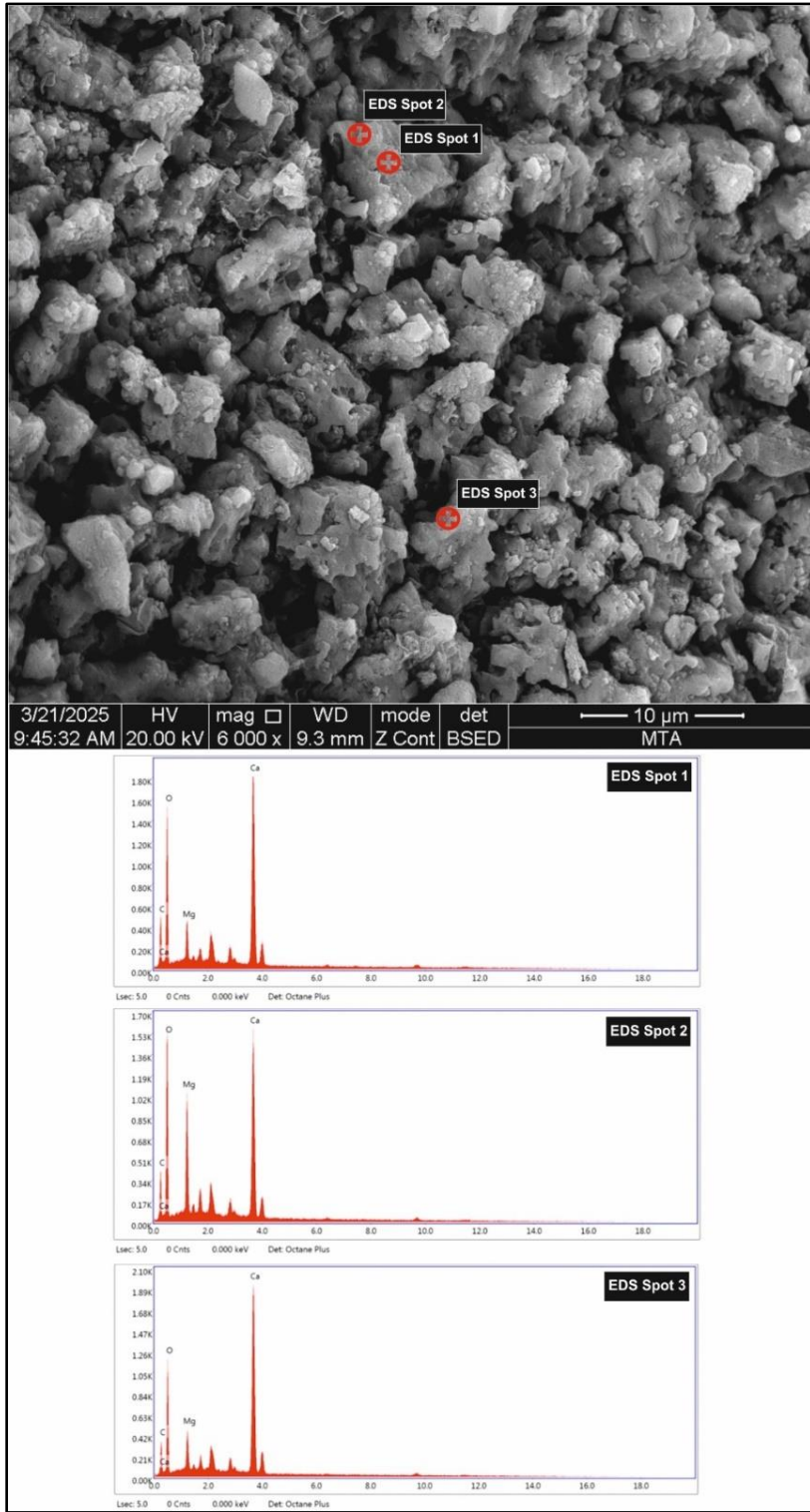
Şekil 5. 70. Uzun Tepe üyesi ait 632 – 8 numaralı örnekte bulunan K-feldispat, plajiyoklaz ve aragonit minerallerinin BSE görüntüsü ve EDS analizi sonucu. A) K – feldispat ve Plajiyoklaz minerali (EDS Spot 1: Plajiyoklaz ve EDS Spot 2: K – Feldispat), B) Ca – Na içeren plajiyoklaz minerali (EDS Spot 1: Plajiyoklaz), C) Aragonit minerali (EDS Spot 1: Aragonit).

632 – 10 numaralı tf rneği üzerinde gerçekleştirilen XRD – TK analizleri, mineralojik bileşiminin kil (%14,35), illit/mika (%23,80), klinoptilolit/höylandit (%30,84), kuvars (%5,05), feldispat (%11,13) ve kalsit (%14,83) minerallerinde oluştuğu tespit edilmiştir. XRD – KF analizleri, simektit (%61,70), klorit (%10,64) ve illit (%27,66) mineralinin varlığını ortaya koymuştur. SEM – EDS incelemeleri ise bu minerallere ek olarak apatit ve dolomit minerali varlığını ortaya koymuştur.

Plajiyoklaz mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu, Plajiyoklaz mineralinin morfolojik şekli, meydana gelen alterasyon belirtilerini ortaya koymaktadır. z şekilli ve prizmatik görünüm sunan apatit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu verilmiştir. Dolomit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu verilmiştir. Kristal morfolojisi bakımından gözenekli bir yapıya sahip olduğu gözükmektedir (şekil 5.71). Mg içeriği yüksek granüler ve düzensiz kristal şeklindeki kalsit minerali BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu yer almaktadır (şekil 5.72).



Şekil 5. 71. Uzun Tepe üyesi ait 632 – 10 numaralı örnekte bulunan apatit, dolomit ve plajiyoklaz mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu. A) Apatit minerali (EDS Spot 1: Apatit), B) Plajiyoklaz minerali (EDS Spot 1: Plajiyoklaz), C) Dolomit minerali (EDS Spot 1: Dolomit ve EDS Spot 2: Dolomit).

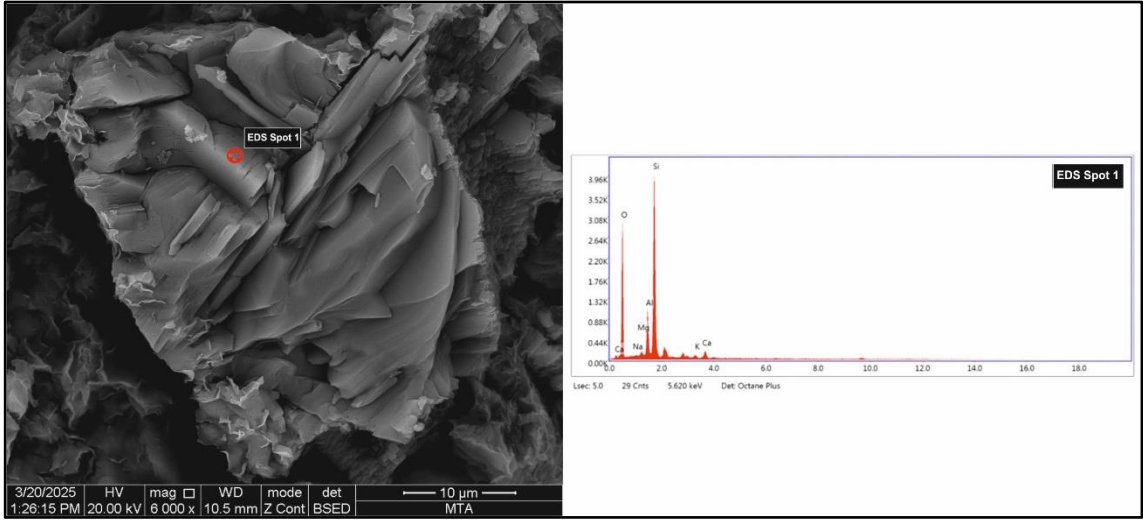


Şekil 5. 72. Uzun Tepe üyesi ait 632 – 10 numaralı örnekte bulunan Mg içeriği yüksek kalsit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1, EDS Spot 2 ve EDS Spot 3: Magnezyan kalsit).

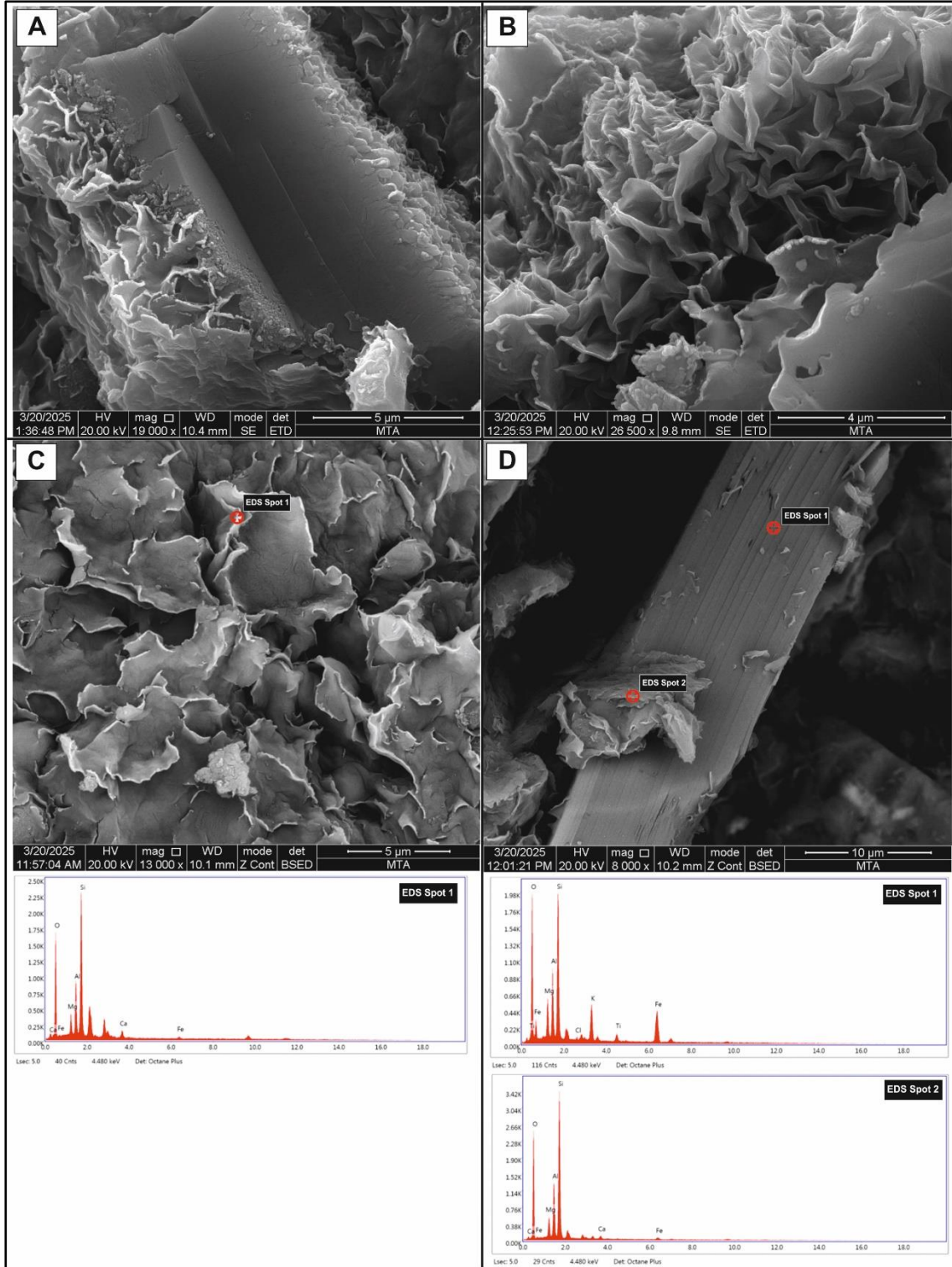
20BM – 644 sondajından alınan 644 – 26 numaralı silttaşı örneği üzerinde gerçekleştirilen XRD – TK analizleri, mineralojik bileşiminin kil (%51,92), illit/mika

(%5,19), opal – CT (%16,81), klinoptilolit/höylandit (%17,62), kuvars (%1,54), feldispat (%1,49) ve kalsit (%5,43) mineralinden oluştuğu saptanmıştır. XRD – KF analizleri sonucunda, sadece simektit (%100) ‘minerali tespit edilmiştir. SEM – EDS incelemeleri ise bu minerallere ek olarak zirkon, pirit ve apatit mineralinin varlığını ortaya koymuştur.

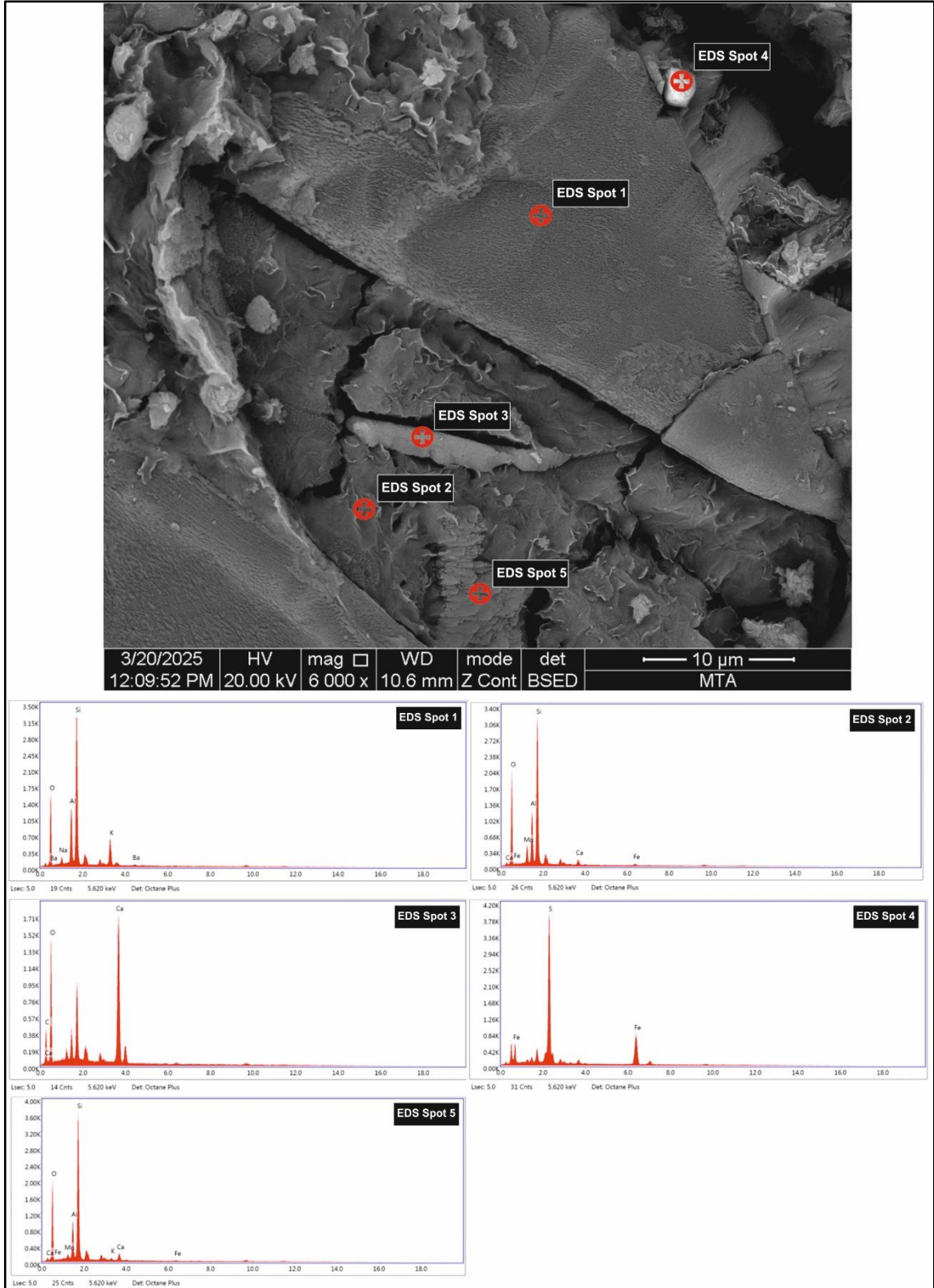
Klinoptilolit minerali BSE görüntüsü ve EDS sonuçları Şekil 5.73’te verilmiştir. Simektit mineralinin oluşumunu gösteren SE görüntüsü gösterilmektedir. Bal peteği görünümü sunan simektit mineralinin SE görüntüsü ile BSE görüntüsü ve EDS sonuçları verilmiştir. Mika – simektit birlikteliğinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu yer almaktadır (Şekil 5.74). K – feldispat – simektit – kalsit – pirit – volkanik cam birlikteliğinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu Şekil 5.75’te gösterilmektedir.



Şekil 5. 73. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 26 numaralı örnekte klinoptilolit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Klinoptilolit).



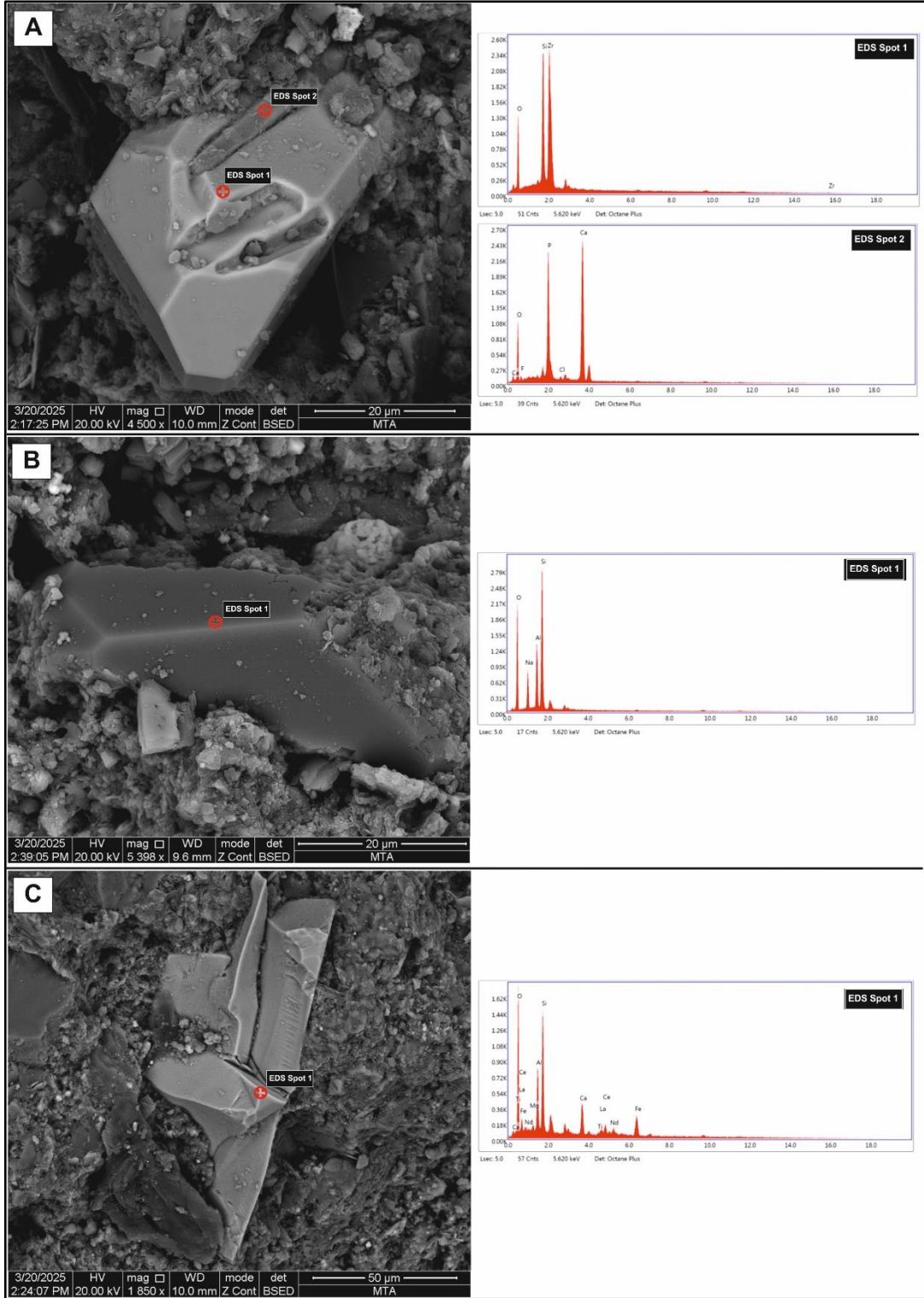
Şekil 5. 74. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 26 numaralı örnekte simektit ve birlikteliklerinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu A) simektit mineralinin oluşumunu gösteren SE görüntüsü, B) Bal peteği görünümü sunan simektit minerali SE görüntüsü, C) saf simektit minerali (EDS Spot 1: Simektit), D) simektit – mika minerali birliktelliği (EDS Spot 1: Mika ve EDS Spot 2: Simektit).



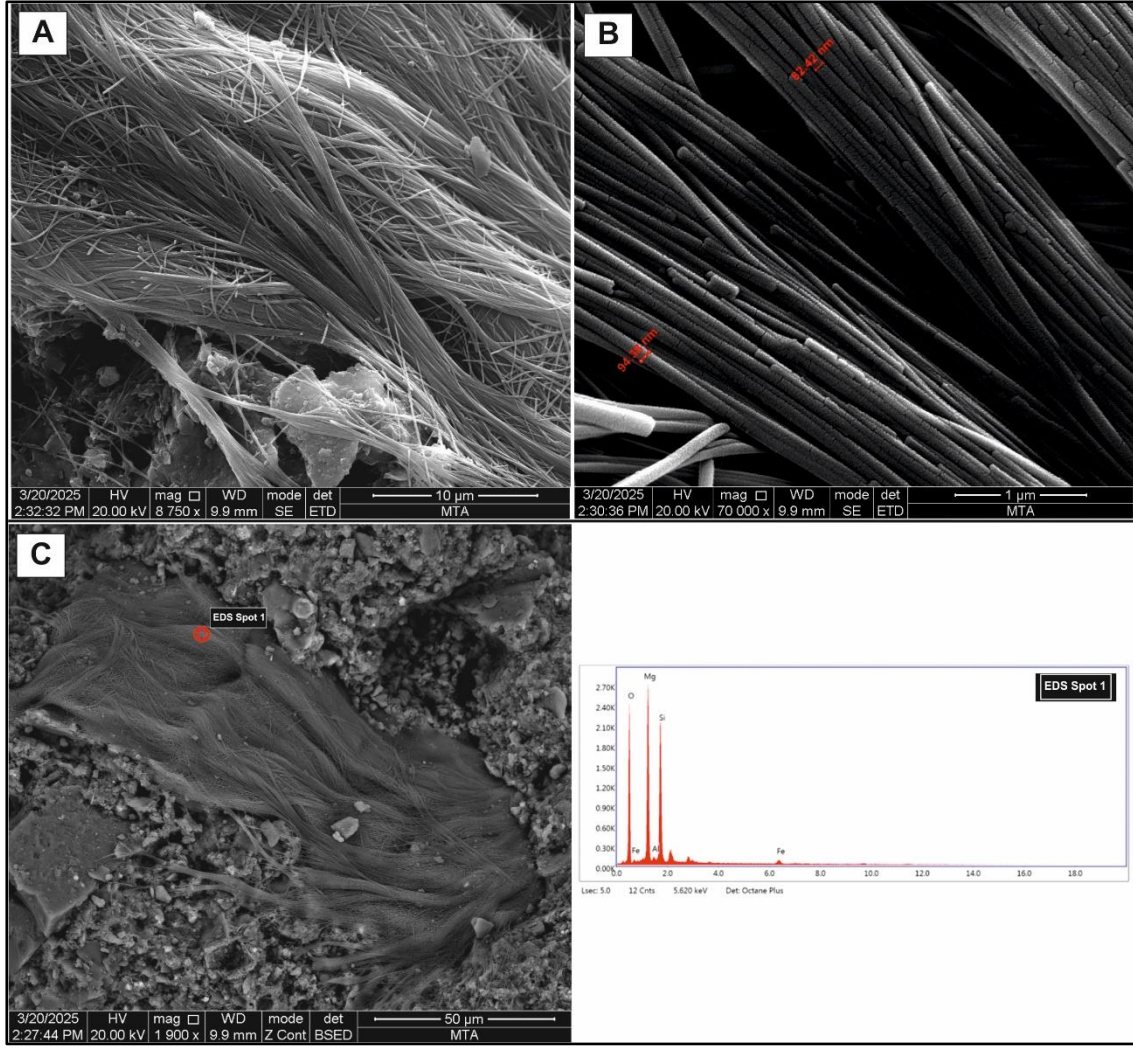
Şekil 5. 75. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 26 numaralı örnekte K – feldispat – simektit – kalsit – pirit – volkanik camı birlikteliğinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: K – feldispat, EDS Spot 2: Simektit, EDS Spot 3: Kalsit, EDS Spot 4: Pirit ve EDS Spot 5: Volkanik cam).

644 – 51 numaralı silttaşı örneği üzerinde gerçekleştirilen XRD – TK analizleri, mineralojik bileşiminin kil (%13,91), illit/mika (%51,73), analsim (%9,11), kuvars (%7,98), feldispat (%15,40) ve kalsit (%1,88) olarak tespit edilmiştir. SEM – EDS incelemeleri ise bu minerallere ek olarak serpantin, zirkon ve apatit mineralinin varlığını ortaya koymuştur.

Zirkon ve apatit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu verilmiştir. Zirkon minerali içiçe gözüken apatiti minerali yer almaktadır. Analsim mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu verilmiştir. Allanit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu verilmiştir (Şekil 5.76). Serpantin mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu verilmiştir. Serpantin mineralinin yakın SE görüntüsü ve serpantin mineralinin çapının ölçüldüğü yakın SE görüntüsü verilmiştir (Şekil 5.77).



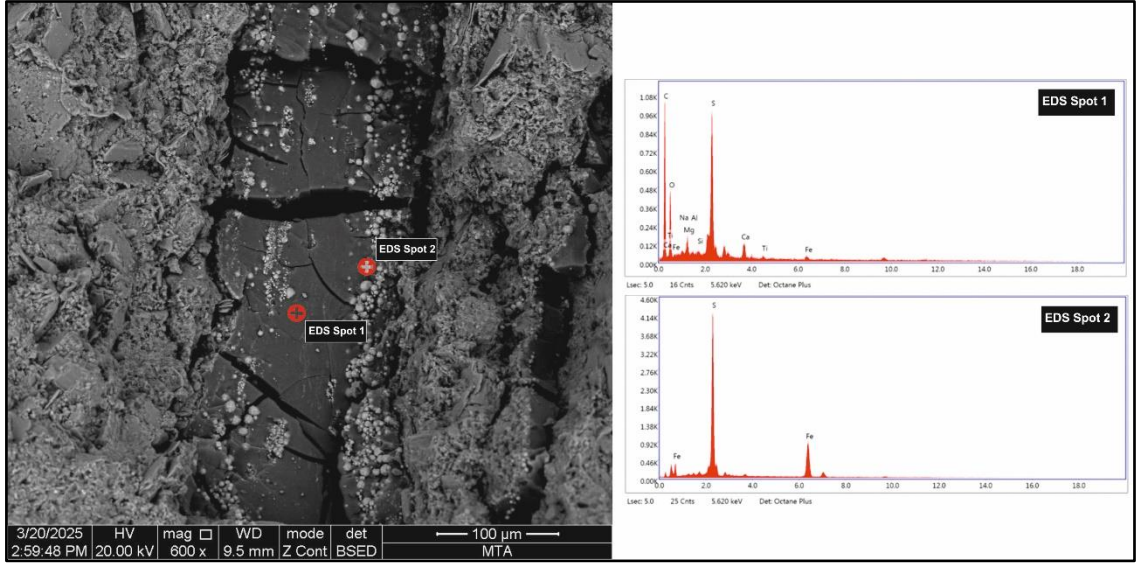
Şekil 5. 76. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 51 numaralı örnekte apatit, zirkon, analsim ve allanit minerali BSE görüntüsü ve EDS sonucu. A) Zirkon ve apatit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Zirkon ve EDS Spot 2: Apatit). B) Analsim minerali BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Analsim), C) Allanit minerali (EDS Spot 1: Allanit).



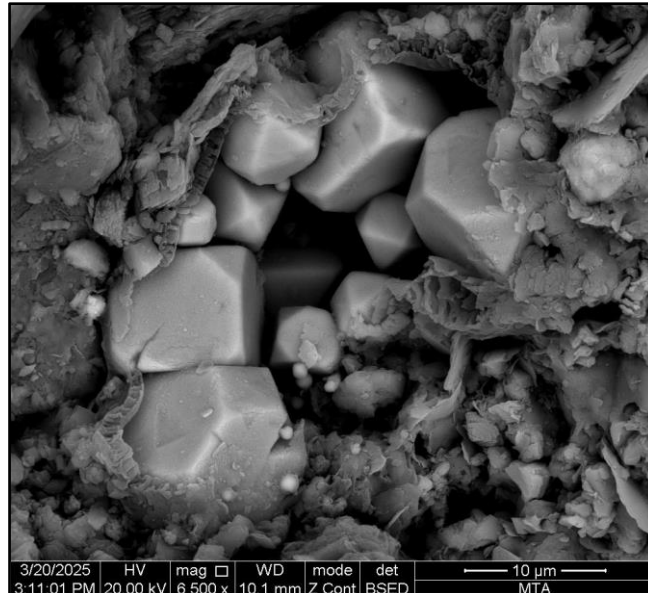
Şekil 5. 77. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 51 numaralı örnekte serpantin minerali. A) Serpantin mineralinin SE görüntüsü, B) Uzun Tepe üyesi ait 644 – 26 numaralı örnekte serpantin mineralinin çapının SE görüntüsü, C) Serpantin mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Serpantin).

644 – 69 numaralı silttaşı örneği üzerinde gerçekleştirilen XRD – TK analizleri kil (%16,42), illit/mika (%40,32), kuvars (%7,01), feldispat (%3,64), kalsit (%20,08) ve dolomit (%12,54) minerali olduğu tayin edilmiştir. XRD – KF analizleri, simektit (%26,22), klorit (%14,23), illit (%36,33), kaolinit (%23,22) ve serpantin (%3,75) minerali olarak tanımlanmıştır. SEM – EDS incelemeleri ise bu minerallere ek olarak organik madde, pirit ve amfibol minerali varlığını ortaya koymuştur.

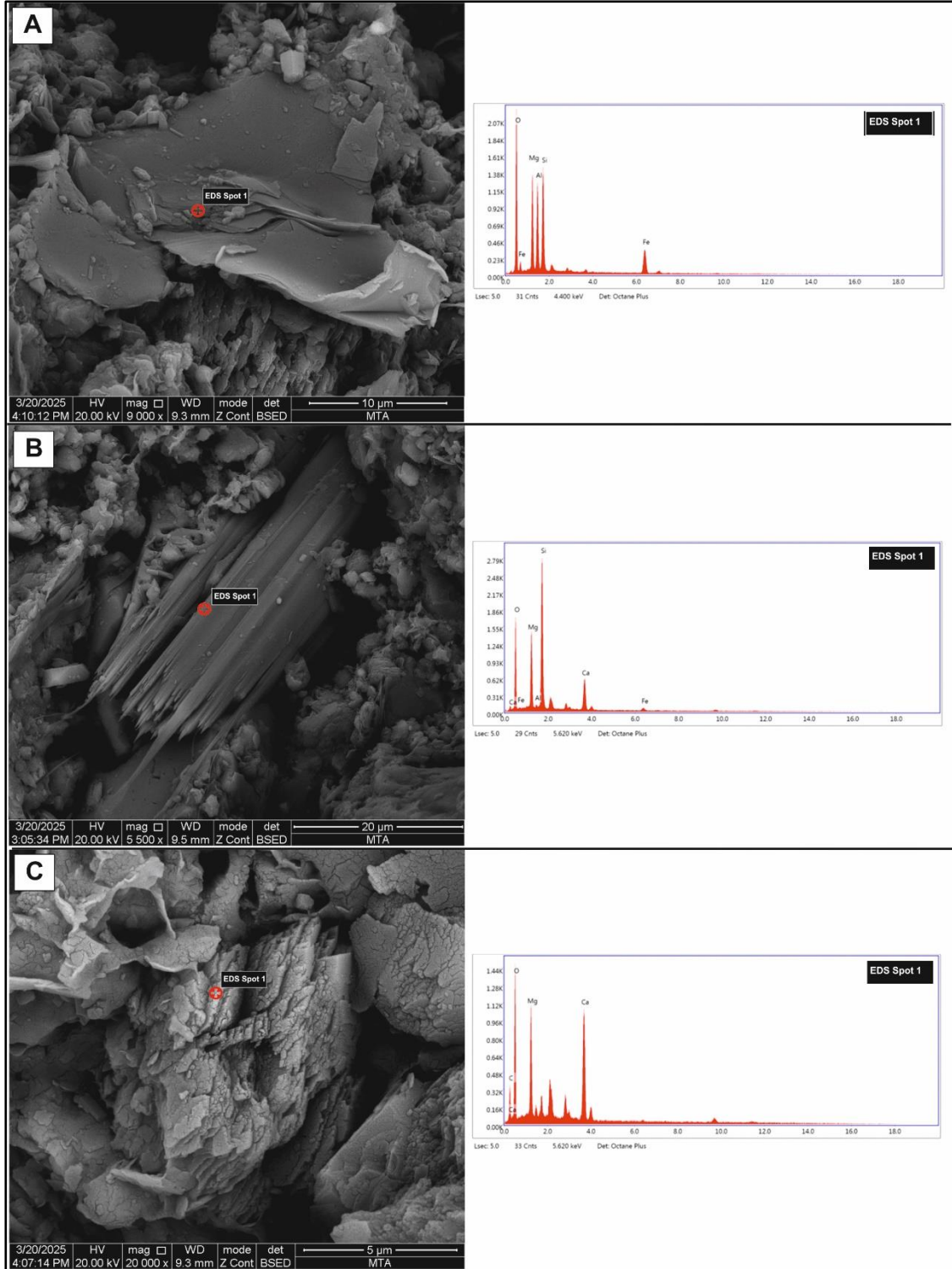
Organik madde ve fromboidal pirit mineralinin genel BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu Şekil 5.78'de yer almaktadır. Şeker dokusu pirit mineralinin BSE görüntüsü Şekil 5.79'de verilmiştir. Amfibol minerali, klorit minerali ve dolomit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu görüntüsü Şekil 5.80'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 78. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 69 numaralı örnekte Organik madde ve pirit mineralinin SEM görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Organik Madde ve EDS Spot 2: Pirit).



Şekil 5. 79. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 69 numaralı örnekte küp şeker dokusu sunan pirit mineralinin SE görüntüsü.

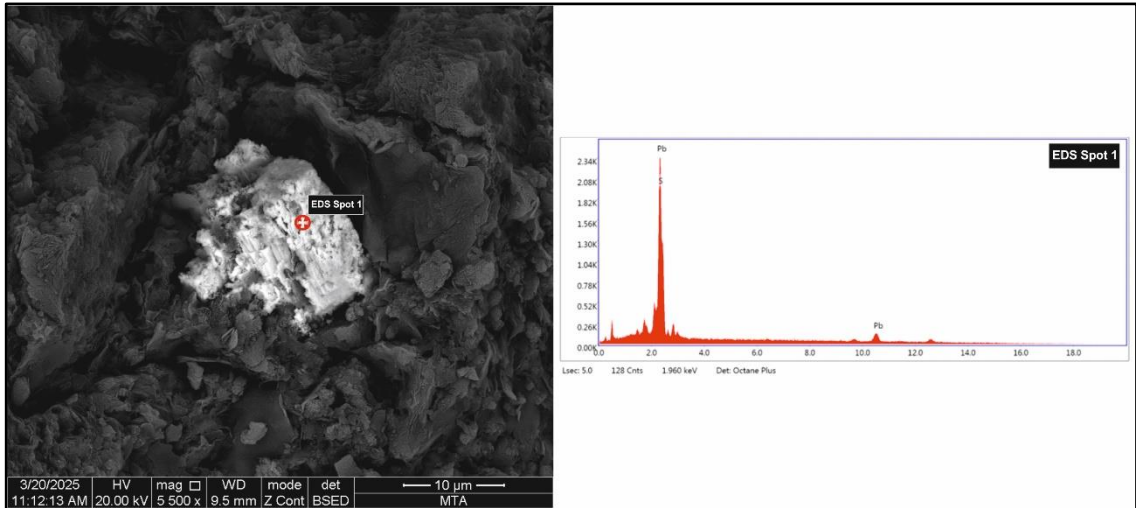


Şekil 5. 80. Uzun Tepe üyesi ait 644 – 59 numaralı örnekte klorit, amfibol ve dolomit minerali BSE görüntüsü ve EDS sonucu. A) Klorit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Klorit). B) Amfibol minerali BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Amfibol), C) Dolomit minerali (EDS Spot 1: Dolomit).

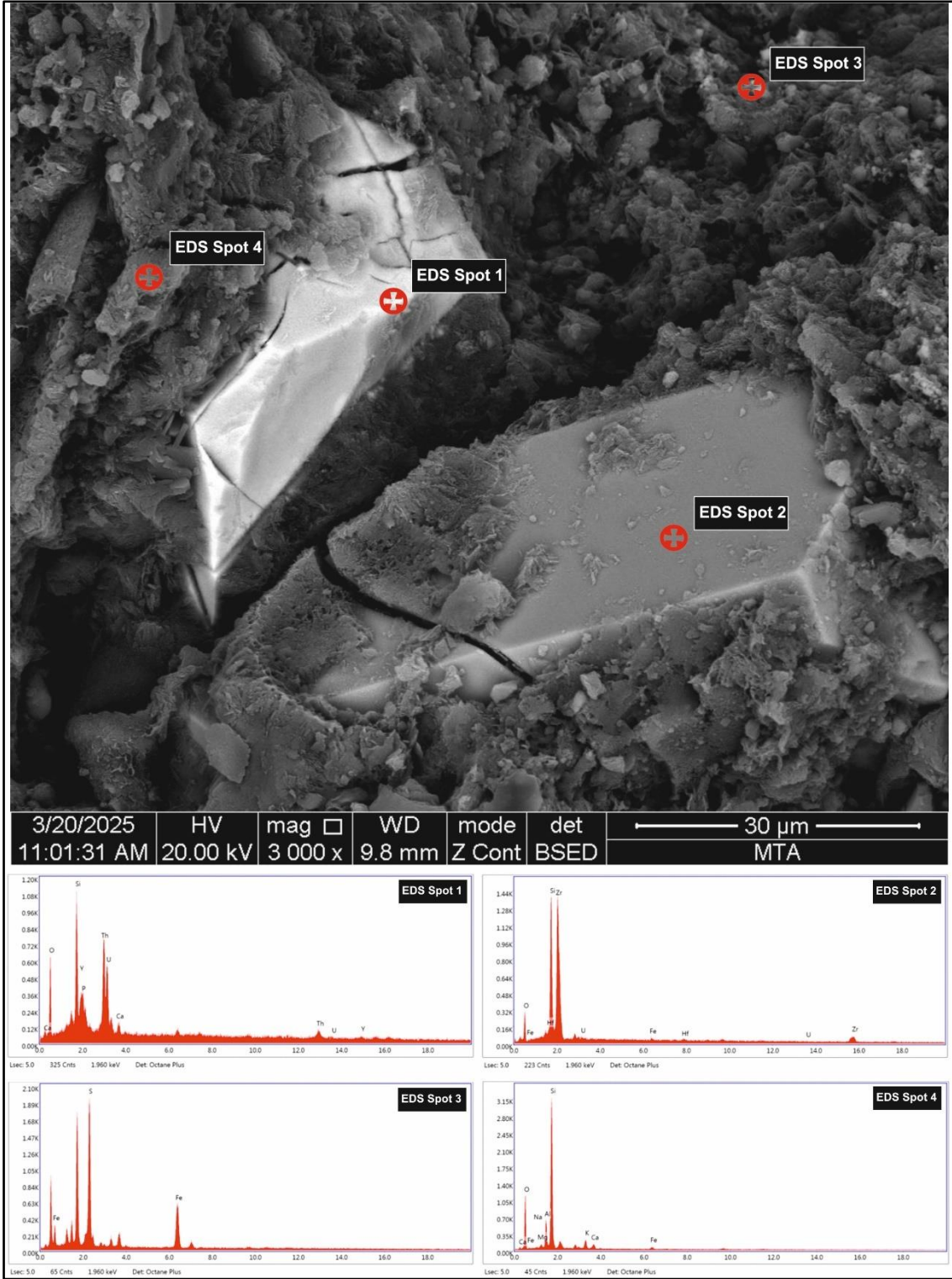
5.4.2. Emirler Tüf Üyesi

SEM-EDS çalışması, Emirler Tüf üyesinden alınan 1 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. 20BM – 619 sondajından alınan 619 – 5 numaralı tüf örneği üzerinde gerçekleştirilen XRD – TK analizleri kil (%13,78), illit / mika (%7,99), opal – CT (%11,27), klinoptilolit / höylandit (%53,86), aragonit (%6,74), kuvars (%1,42), feldispat (%3,81) ve dolomit (%1,13) minerali tespit edilmiştir. SEM – EDS incelemeleri ise bu minerallere ek olarak torit, zirkon, pirit ve galenit minerallerini varlığını ortaya koymuştur. Feldispat türünün K-feldispat olduğu saptamıştır.

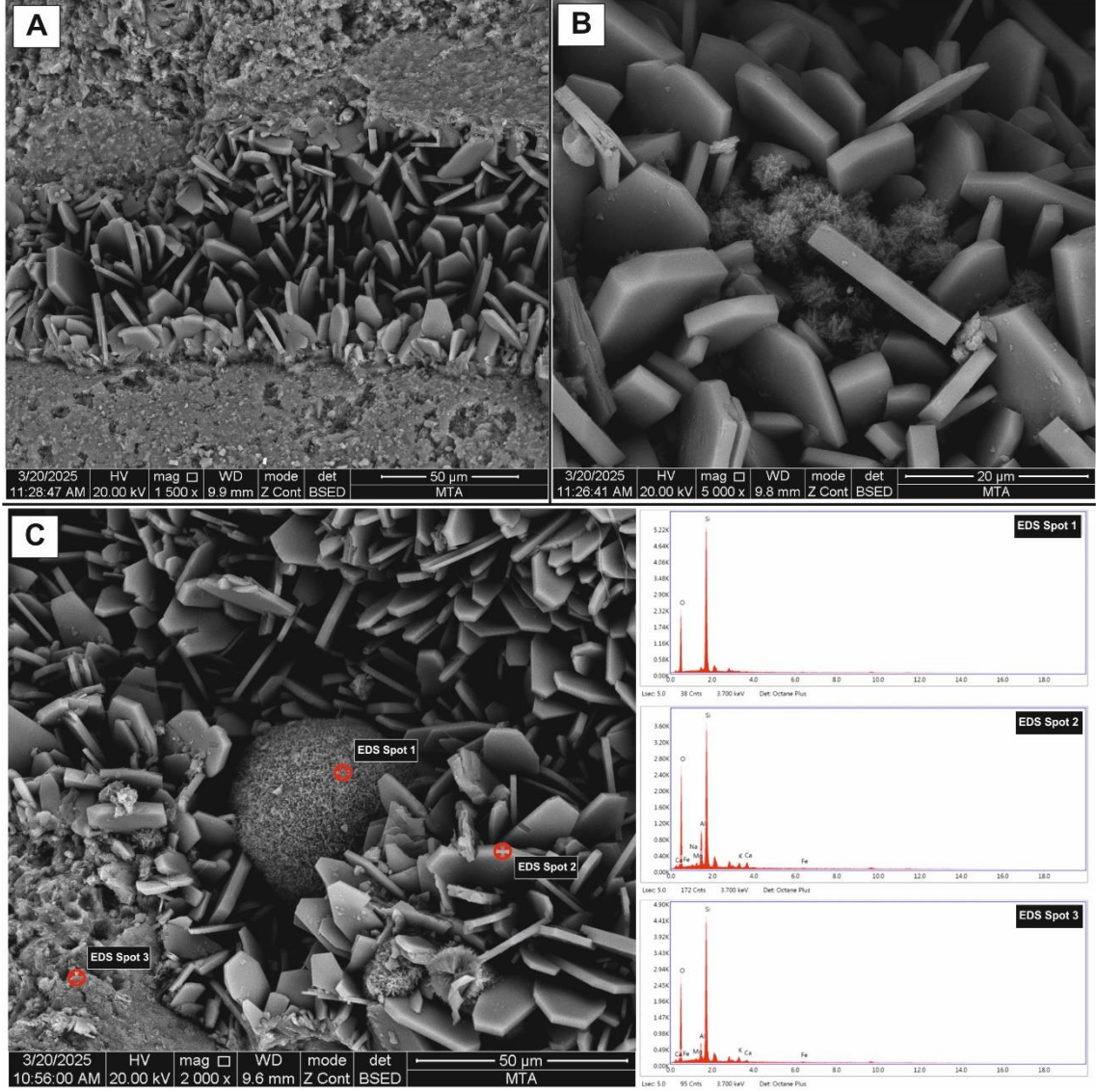
Galenit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu Şekil 5.81’de verilmiştir. Torit, zirkon, volkan cam ve pirit minerallerini BSE görüntüsü ve EDS sonucu Şekil 5.82’de yer almaktadır. Opal – CT – zeolit minerali birlikteliği ve damarda zeolit minerali SE görüntüsü ile Opal – CT, volkan cam ve klinoptilolit minerali birlikteliğinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu Şekil 5.83’te verilmiştir.



Şekil 5. 81. Emirler Tüf üyesi ait 619 – 5 numaralı örnekte Galenit mineralinin SEM görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Galenit).



Şekil 5. 82. Emirler Tuf üyesi ait 619 – 5 numaralı örnekte Torit, zirkon, volkanik cam ve pirit mineralinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Torit, EDS Spot 2: Zirkon, EDS Spot 3: Pirit ve EDS Spot 4: Volkanik cam).

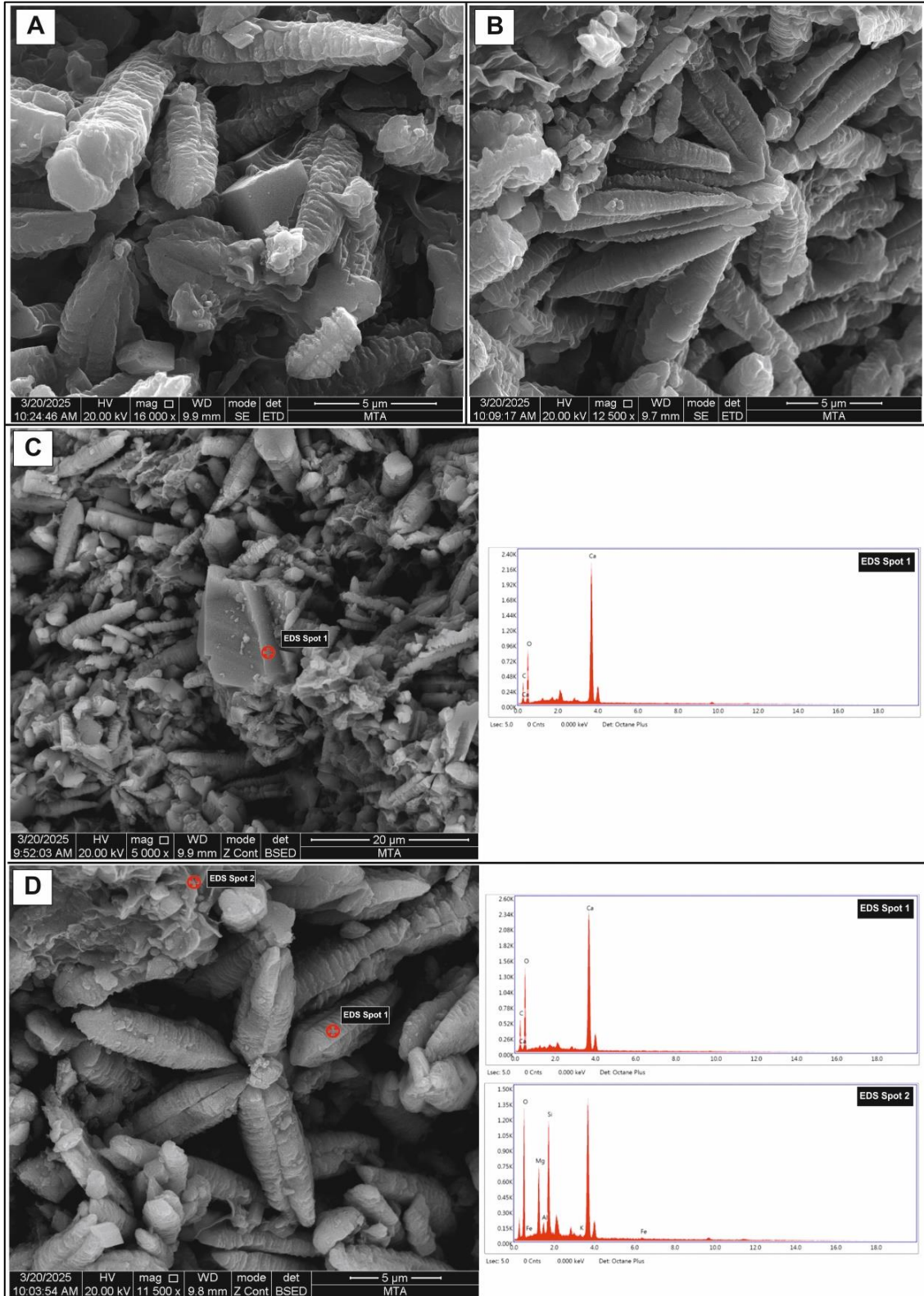


Şekil 5. 83. Emirler Tuf üyesi ait 619 – 5 numaralı örnekte Opal – CT, Klinoptilolit ve volkanik cam BSE görüntüsü ve EDS sonucu. A) Damarda yer alan klinoptilolit mineralinin SE görüntüsü, B) Opal – CT – Klinoptilolit minerali birlikteliği SE görüntüsü, C) Opal – CT – volkanik camı – klinoptilolit minerali birlikteliğinin BSE görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: opal – CT, EDS Spot 2: Klinoptilolit ve EDS Spot 3: Volkanik camı).

5.4.3. İskele Üyesi

İskele üyesinden 1 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 18 numaralı laminalı silttaş örneği üzerinde gerçekleştirilen XRD – TK analizleri kil (%14,49), aragonit (%58,80), kuvars (%1.25), feldispat (%2,89) ve kalsit (%22,58) mineralinin olduğu tespit edilmiştir. SEM – EDS incelemeleri ise bu minerallere ek olarak simektit, mika ve pirit minerali varlığını ortaya koymuştur.

Kalsit-aragonit minerali birlikteliğinin SE görüntüsü ve bu mineral birlikteliğinin BSE görüntüsü ve EDS analiz sonucu ile aragonit minerali SE görüntüsü ve Aragonit-Simektit minerali birlikteliğinin BSE görüntüsü ve EDS analizi sonucu Şekil 5.84'te yer almaktadır.



Şekil 5. 84. İskele Üyesi'ne ait 613 – 18 numaralı örnekte kalsit, aragonit ve simektit mineralinin SE görüntüsü ile BSE görüntüsü ve EDS sonucu. A) Kalsit-Aragonit minerali birlikteliğinin SE görüntüsü. B) Aragonit minerali SE görüntüsü. C) Kalsit-Aragonit minerali birlikteliğinin SEM görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Kalsit). D) Aragonit- Simektit minerali birlikteliğinin SEM görüntüsü ve EDS sonucu (EDS Spot 1: Aragonit ve EDS Spot 2: Simektit)

6. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

Jeokimyasal incelemeler kapsamında, major-iz element analizi ve bor izotopu analizleri gerçekleştirilmiştir. XRD-TK ve XRD-KF analizleri sonucunda major ve iz element analizleri için 30 adet örnek seçilmiştir. Seçilen örneklerin 5 tanesi İskele Üyesi, 1 tanesi Emirler Tüf Üyesi, 22 tanesi Uzun Tepe Üyesi ve 2 tanesi Değirmenli Tüf Üyesi'ne aittir. Analizler ALS Scandinavia AB (İsveç ve İrlanda) Laboratuvarı'nda ICP-MS, ICP-AES ve LECO cihazlarıyla gerçekleştirilmiştir.

Bigadiç borat havzası, Ayana Ovası'nda gözlenen volkano-sedimanter birimlerin jeokimyasal analiz sonucunda saptanan elementlerin birbiri ile olan ilişkisini belirlemek amacıyla pearson korelasyon katsayıları (r) hesaplanmıştır. Hesaplamalar ve değerlendirmeler, Uzun Tepe ve İskele Üyesi için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Korelasyon katsayısı -1 (negatif ilişki) ile +1 (pozitif ilişki) arasında değer almaktadır. Pearson Korelasyon Katsayısını yorumlarken 0-0.25 çok zayıf; 0.26-0.49 zayıf; 0.50-0.69 orta; 0.70-0.89 yüksek ve 0.90-1 çok yüksek ilişki şeklinde yorumlanmaktadır (Yalçın, 2020). Korelasyon katsayısının önem kontrolü yapılmıştır. Çizelgelerde "***" ve "**" ile gösterilen değerler sırasıyla % 99 ve % 95 güvenirlilikte olduğu belirtilmiştir (Tüysüz ve Yaylalı, 2005).

Değirmenli Tüf Üyesi ve Emirler Tüf Üyesi'ne ait örnekler Kondrit (Sun ve McDonough, 1989) ile Üst Kıtasal Kabuğa (UCC) (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor and McLennan, 1995; McLennan, 2001) göre normalize edilmiştir. Uzun Tepe ve İskele Üyesi'ne ait örnekler PAAS (Taylor ve McLennan, 1985) ile UCC (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor and McLennan, 1995; McLennan, 2001) göre normalize edilmiştir.

Bor izotopu analizleri 5 adet borat minerali üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerin hepsi Uzun Tepe Üyesi'ne aittir. Analizler ALS Scandinavia AB (İsveç) Laboratuvarı'nda MC – ICP – MS (NEPTUNE PLUS, ThermoScientific) ile gerçekleştirilmiştir.

6.1. Major ve İz Element Analiz Sonuçları

Bigadiç Formasyonuna ait Değirmenli Tüf, Uzun Tepe, Emirler Tüf ve İskele Üyesi'ne ait 20BM-613, 20BM-619, 20BM-632 sondajlarından alınan 30 örnekte major ve iz element analizleri yapılmıştır. Kil fraksiyonunda sadece simektit içeren 3 adet örneğin kil fraksiyonunda major ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerine ait major element dedeksiyon limitleri Çizelge 6.1'de ve iz element dedeksiyon limitleri Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6. 1.Major element dedeksiyon limitleri.

Major element	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SrO	BaO	LOI	Total	C	S
Birim	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
LOD (Dedeksiyon limiti)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Çizelge 6. 2. İz element dedeksiyon limitleri.

İz Element	Ba	Ce	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Ge	Hf	Ho	La	Lu	Nb	Nd	Pr
Birim	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOD (Dedeksiyon limiti)	0.5	0.1	5	0.01	0.05	0.03	0.02	0.1	0.05	0.5	0.05	0.01	0.1	0.01	0.05	0.1	0.02
İz Element	Rb	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zr	As	Bi	Hg
Birim	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOD (Dedeksiyon limiti)	0.2	0.03	0.5	0.1	0.1	0.01	0.05	0.01	0.05	5	0.5	0.1	0.03	1	0.1	0.01	0.01
İz Element	In	Re	Sb	Se	Te	Tl	Ag	Cd	Co	Cu	Li	Mo	Ni	Pb	Sc	Zn	
Birim	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
LOD (Dedeksiyon limiti)	0.01	0	0.05	0.2	0.01	0.02	0.5	0.5	1	1	10	1	1	2	1	2	

6.1.1. Değirmenli Tüf Üyesi

Major-iz element analizleri, Bigadiç Formasyonu'nun Değirmenli Üyesi'ne ait 2 adet örnek seçilmiş olup 20BM-619 sondajından alınan 619-79 ve 20BM-632 sondajından alınan 632-98 numaralı örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Major element ve iz element analiz sonuçları Çizelge 6.3'te verilmiştir.

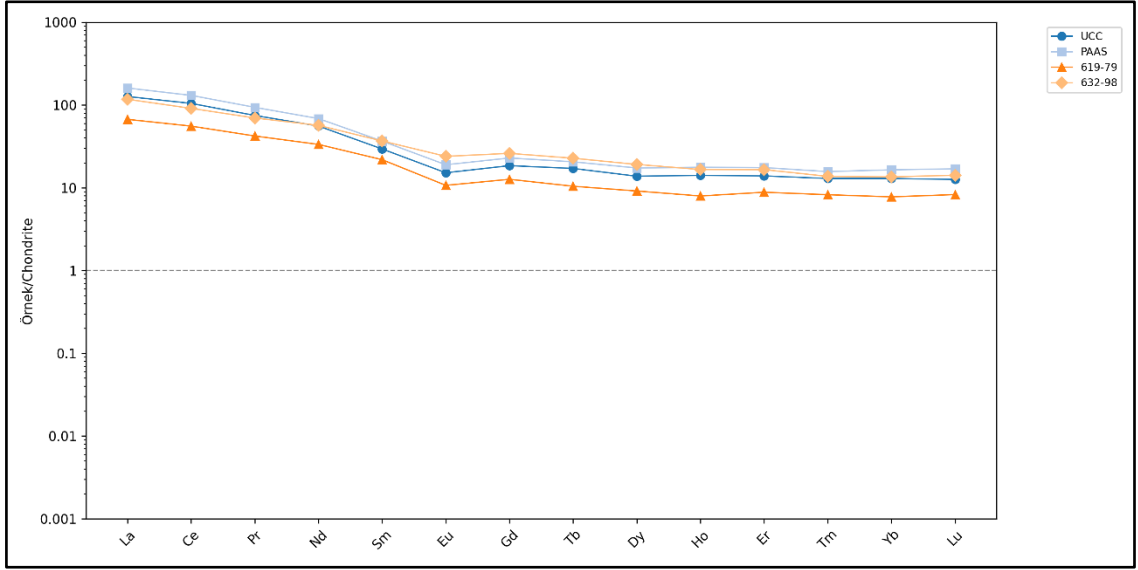
619-79 numaralı Tüf örneğın kalsit ve dolomit içeriklerinin yüksek olması nedeniyle ateşte kaybı yüksek, SiO₂ içeriği ise düşük, CaO ve MgO içeriklerinin yüksek olduğu görölmektedir. 632-98 numaralı örneğın, SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ içerikleri yüksek olup, bu durum kil, feldispat ve kuvars mineralinden kaynaklanmaktadır.

Değirmenli Tüf Üyesi'ne ait örneklerin, Kondrite göre normalize edilmiş (Sun ve McDonough, 1989) REE diyagramı Şekil 6.1'de yer almaktadır. Bu diyagram incelendiğinde, Tüm örnekler kondrit değerlerinin üzerinde (Normalize değer > 1) yer almaktadır. Bu durum, Kondrite göre REE açısından zenginleştiğini göstermektedir. Hafif nadir toprak elementleri (LREE), ağır nadir toprak elementlere (HREE) göre daha fazla zenginleşmiştir. Bununla birlikte Değirmenli Tüf Üyesi örnekleri Üst Kıtasal Kabuğa (UCC) ve PAAS ile karşılaştırıldığında, REE açısından benzer bir dağılım göstermektedir. Eu elementinde negatif anomali gözlenmesi, bu tüflerin asidik bileşimde olmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmaktadır.

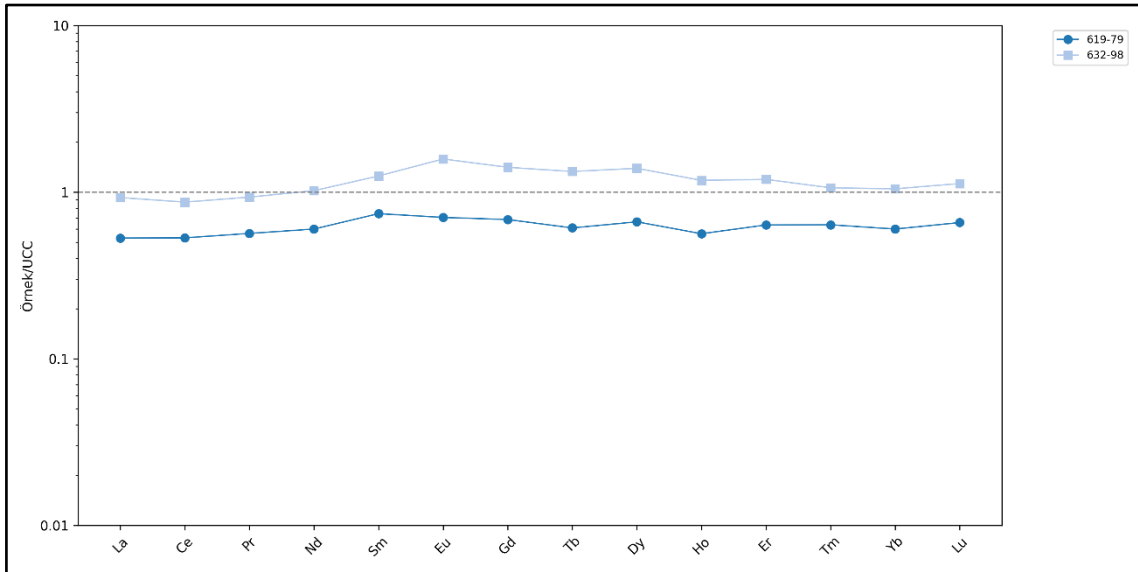
UCC göre normalize edilmiş (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001) REE ve çoklu element diyagramı Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'te yer almaktadır. Bu diyagram incelendiğinde, 619-79 numaralı örnekte Cs ve Rb elementleri hariç, diğer elementlerin Üst Kıtasal Kabuğa göre fakirleştiği tespit edilmiştir. 632-98 numaralı örnek ise, Ta, La, Ce elementleri dışındaki diğer elementler UCC değerlerine benzer ve hafif zenginleşmiş durumda olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 6. 3. Değirmenli Tuf Üyesine ait örneklerin major ve iz element sonuçları.

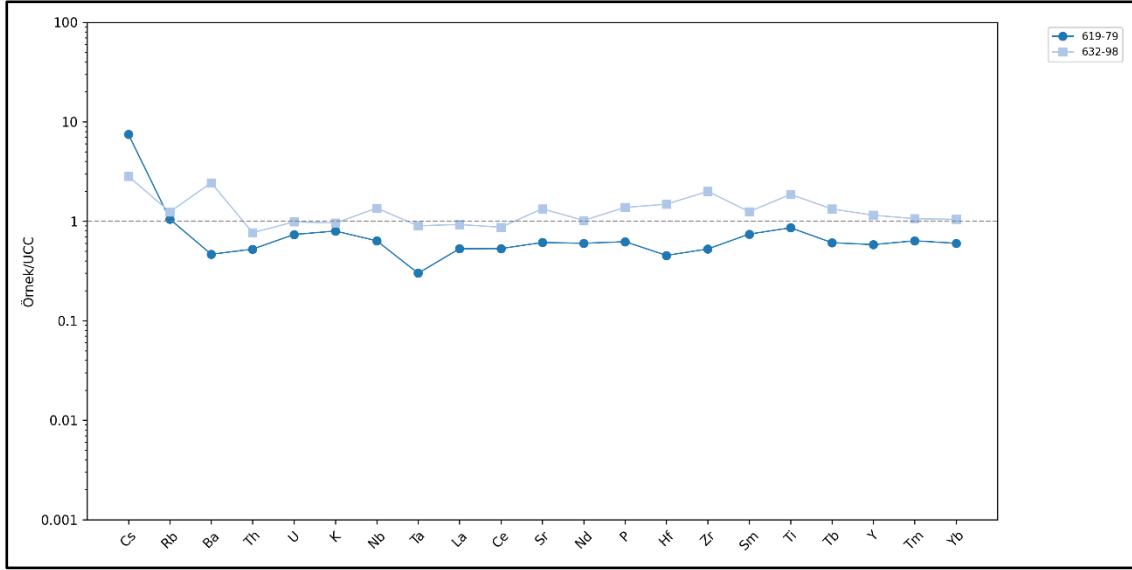
Major oksit (wt%)	619-79	632-98
SiO ₂	39.2	60.3
Al ₂ O ₃	9.2	17.55
Fe ₂ O ₃	4.22	6.32
CaO	18.9	4.61
MgO	5.43	2.43
Na ₂ O	0.92	3.77
K ₂ O	2.69	3.23
Cr ₂ O ₃	0.025	<0.002
TiO ₂	0.43	0.93
MnO	0.06	0.09
P ₂ O ₅	0.1	0.22
SrO	0.03	0.06
BaO	0.03	0.16
LOI	18.65	2.18
Toplam	99.89	101.85
TOT/C	5.1	0.01
TOT/S	1.28	0.39
İz element (ppm)	619-79	632-98
Ba	256	1340
Ce	34	55.7
Cr	195	18
Cs	34.3	13
Dy	2.32	4.86
Er	1.46	2.74
Eu	0.62	1.39
Ga	12.2	23.4
Gd	2.6	5.35
Ge	5.7	1.7
Hf	2.63	8.61
Ho	0.45	0.94
La	15.9	27.8
Lu	0.21	0.36
Nb	7.63	16.25
Nd	15.6	26.5
Pr	4.01	6.62
Rb	117.5	139
Sm	3.34	5.62
Sn	1.7	3
Sr	214	467
Ta	0.3	0.9
Tb	0.39	0.85
Th	5.61	8.2
Tm	0.21	0.35
U	2.06	2.76
V	86	131
W	30.5	77.1
Y	12.8	25.3
Yb	1.32	2.3
Zr	100	379
As	133	122
Bi	0.14	0.13
Hg	0.073	0.04
In	0.017	0.032
Re	0.003	0.003
Sb	1.48	0.34
Se	0.5	0.2
Te	0.05	0.02
Tl	0.19	0.67
Ag	<0.5	<0.5
Cd	<0.5	<0.5
Co	19	16
Cu	24	12
Li	90	50
Mo	2	1
Ni	123	7
Pb	11	20
Sc	8	15
Zn	55	82



Şekil 6. 1. Değirmenli Tuf Üyesi'ne ait örneklerin Kondrite göre normalize edilmiş REE diyagramı (Sun ve McDonough, 1989)



Şekil 6. 2. Değirmenli Tuf Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001).



Şekil 6. 3. Değirmenli Tüf Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş Çoklu Element diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor and McLennan, 1995; McLennan, 2001).

6.1.2. Uzun Tepe Üyesi

Major ve iz element analizleri, Bigadiç Formasyonu'nun Uzun Tepe Üyesi'ne ait 20 tanesi tüm kayaç ve 2 tanesi kil fraksiyonu olmak üzere toplam 22 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Analiz gerçekleştirilen tüm kayaç örnekleri, 20BM-619 sondajından alınan 619-12, 619-26B, 619-37, 619-41, 619-43B, 619-52, 619-61, 619-72A ve 619-77A ile 20BM-632 sondajından alınan 632-3, 632-19, 632-29, 632-36, 632-52A, 632-62, 632-69, 632-75A, 632-77, 632-83 ve 632-88 numaralı örneklerdir. Bu çalışmada saf simektit içeren kil fraksiyonu örnekleri, 632-52B (CF) ve 632-75B (CF) olarak belirlenmiştir.

20BM-619 ve 20BM-632 sondajına ait tüm kayaç örneklerinin major element ve iz element analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5'te verilmiştir. Kil fraksiyonu olan 632-52B (CF) ve 632-75B (CF) numaralı örneklerin major element ve iz element analiz sonuçları Çizelge 6.6'da verilmiştir. Tüm kayaç örneklerinin major element korelasyon katsayıları Çizelge 6.7'de ve iz element korelasyon katsayıları Çizelge 6.8'de yer almaktadır.

Çizelge 6. 4. 20 BM- 619 sondajına ait Uzun Tepe Üyesi örneklerinin major ve iz element sonuçları.

Major oksit (wt%)	619-12	619-26B	619-37	619-41	619-43B	619-52	619-61	619-72A	619-77A
SiO ₂	20.4	22.2	29.3	55.6	11.2	53.4	58	28.1	7.35
Al ₂ O ₃	2.7	2.04	6.73	13.95	0.7	12.15	14.15	3.17	1.96
Fe ₂ O ₃	1.22	0.84	2.29	5.21	0.22	4.75	4.34	1.5	1.12
CaO	30.9	27.6	27	2.27	31.8	2.2	4.05	20.7	31.7
MgO	9.09	10.85	3.99	6.41	5.41	8.19	2.66	14.35	15.45
Na ₂ O	0.29	0.16	0.14	0.7	0.04	1.08	1.78	0.25	0.31
K ₂ O	0.57	0.47	1.84	5.85	0.02	4.74	4.07	0.33	0.4
Cr ₂ O ₃	0.004	<0.002	0.003	0.016	<0.002	0.019	0.01	0.005	0.004
TiO ₂	0.18	0.09	0.26	0.6	0.03	0.54	0.55	0.15	0.08
MnO	0.06	0.07	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	0.03	0.04
P ₂ O ₅	0.1	0.11	0.12	0.17	0.03	0.14	0.17	0.52	0.1
SrO	0.17	0.14	0.07	0.05	0.49	0.04	0.62	0.19	0.18
BaO	0.05	0.01	0.05	0.08	0.16	0.06	0.09	0.01	0.01
LOI	32.9	34.5	26.1	9.2	23.3	9.96	7.68	27.9	41
Toplam	98.63	99.08	97.94	100.16	73.46	97.34	98.23	97.21	99.7
TOT/C	8.57	9.84	5.75	0.33	2.65	0.28	0.51	7.07	10.85
TOT/S	0.46	0.62	0.64	1.15	10.5	1.87	1.21	0.97	0.34
İz element (ppm)	619-12	619-26B	619-37	619-41	619-43B	619-52	619-61	619-72A	619-77A
Ba	463	124	459	645	1420	465	789	100	108.5
Ce	15.2	9.7	35.7	62.5	3.2	58.3	62.4	12.9	9.3
Cr	40	13	30	126	<5	150	77	55	34
Cs	24.2	18.3	66.2	176	2.89	166.5	174.5	22.5	28.2
Dy	1.02	0.61	1.77	4.31	0.1	4.04	4.79	1	0.81
Er	0.53	0.34	1	2.71	0.07	2.39	2.83	0.6	0.43
Eu	0.19	0.17	0.5	1.01	0.03	0.91	1.04	0.21	0.18
Ga	3.3	2.9	7.9	16.6	0.7	14.3	16.2	6.2	2.6
Gd	1.12	0.53	2.08	4.63	0.14	4.43	4.84	1.14	0.83
Ge	0.5	<0.5	1.9	5	0.8	2.1	2.7	<0.5	<0.5
Hf	0.76	0.55	1.8	4.93	0.18	4.63	4.82	0.81	0.37
Ho	0.17	0.11	0.31	0.8	0.02	0.78	0.92	0.19	0.13
La	7.5	5	18	30	1.5	28.4	31.4	6.3	4.8
Lu	0.07	0.04	0.17	0.4	0.01	0.36	0.44	0.07	0.06
Nb	4.16	2.17	6.04	13.2	0.6	12.35	13.05	3.39	1.78
Nd	6.6	3.7	14	26.5	1.3	25.2	27.2	5.6	4.2
Pr	1.68	1.01	3.9	7.22	0.32	6.7	7.01	1.51	1.19
Rb	54.3	39.1	152.5	354	3	289	239	20.6	36.2
Sm	1.24	0.83	2.59	5.52	0.2	4.67	5.4	1.13	1.02
Sn	<0.5	<0.5	0.8	3.2	<0.5	1.5	2.1	0.7	<0.5
Sr	1370	1140	528	363	4200	253	5160	1615	1525
Ta	0.4	0.2	0.5	1	0.1	1	1.1	0.2	0.2
Tb	0.16	0.1	0.31	0.77	0.02	0.71	0.82	0.17	0.14
Th	3.06	2.41	9.09	16.15	0.66	14	15.25	2.93	1.76
Tm	0.09	0.04	0.15	0.43	0.02	0.38	0.42	0.08	0.07
U	4.19	6.22	3.2	3.6	2.42	3.67	4.33	2.99	2.99
V	35	41	52	86	21	77	73	47	27
W	5.9	4.3	3.7	9.5	2.2	12.8	19.6	1.6	6.9
Y	4.7	2.9	9.8	24.8	0.4	21.9	26.1	5.5	4.7
Yb	0.5	0.33	0.94	2.6	0.08	2.37	2.68	0.56	0.4
Zr	28	20	66	185	5	177	180	31	14
As	151.5	86.3	153	>250	119	>250	225	80.4	52.5
Bi	0.08	0.11	0.2	0.6	0.04	0.42	0.38	0.16	0.07
Hg	0.022	0.054	0.065	0.073	0.031	0.082	0.043	0.037	0.028
In	0.012	0.01	0.023	0.037	0.006	0.035	0.04	0.014	0.007
Re	0.014	0.044	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.04	0.009
Sb	0.79	1.04	0.87	6.49	1.07	8.67	1.33	0.84	0.95
Se	0.4	0.8	0.2	0.2	0.2	0.3	<0.2	0.6	0.4
Te	0.04	0.02	0.04	0.04	0.02	0.05	0.03	0.03	0.02
Tl	0.6	1.35	0.35	0.53	4.87	3.01	0.67	0.26	0.15
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cd	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Co	6	6	9	16	2	16	13	7	6
Cu	9	8	21	21	3	17	13	14	8
Li	370	230	300	280	440	550	150	1060	150
Mo	10	43	<1	1	7	1	1	69	25
Ni	32	16	28	101	7	124	63	45	30
Pb	8	8	23	47	10	105	50	8	5
Sc	3	2	5	13	1	11	11	3	2
Zn	19	18	43	122	92	122	100	22	13

Çizelge 6. 5. 20 BM- 632 sondajına ait Uzun Tepe Üyesi örneklerinin major ve iz element sonuçları.

Major oksit (wt%)	632-3	632-19	632-29	632-36	632-52A	632-62	632-69	632-75A	632-77	632-83	632-88
SiO ₂	65.2	18.7	20.9	56.1	20.1	46.5	31.4	16.35	31.2	39	9.17
Al ₂ O ₃	11.4	5.29	3.07	13	0.21	4.74	1.87	0.57	1.88	1.96	1.9
Fe ₂ O ₃	1.22	1.66	1.7	4.77	0.12	1.54	0.88	0.21	0.61	0.83	0.99
CaO	2.81	36.8	36.9	3.53	30.8	1.95	22.6	37.1	21.3	12.95	38.8
MgO	0.72	1.64	1.12	5.93	10.75	22	13.65	8.82	14.8	17.9	7.23
Na ₂ O	0.41	0.68	0.18	0.51	0.34	1.04	0.6	0.57	1.26	1.52	0.35
K ₂ O	3.93	0.87	0.7	4.74	0.04	0.79	0.3	0.04	0.47	0.23	0.38
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	0.002	0.014	<0.002	0.006	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.003
TiO ₂	0.07	0.24	0.14	0.53	0.01	0.23	0.09	0.02	0.08	0.09	0.09
MnO	0.03	0.06	0.07	0.06	0.06	0.05	0.07	0.02	0.04	0.07	0.03
P ₂ O ₅	0.02	0.16	0.14	0.17	0.03	0.04	0.09	0.04	0.07	0.2	0.08
SrO	0.03	0.19	0.22	0.48	1.17	0.11	0.41	0.43	0.36	0.15	0.17
BaO	0.01	0.04	0.07	0.07	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
LOI	12.5	31.6	32.4	10.5	30.7	17.45	26.1	34.2	25.7	23.2	39.7
Toplam	98.35	97.93	97.61	100.4	94.39	96.47	98.07	98.38	97.78	98.11	98.91
TOT/C	0.01	8.85	9.7	0.61	6.94	1.4	5.98	8.17	6.22	5.27	11
TOT/S	0.02	0.75	1.25	1.42	0.51	0.68	0.55	0.25	0.45	0.62	0.43
İz element (ppm)	632-3	632-19	632-29	632-36	632-52A	632-62	632-69	632-75A	632-77	632-83	632-88
Ba	122	324	558	604	525	172.5	98.2	56.2	105	59.7	167
Ce	44.5	27.3	14.1	57.1	1.2	19.8	8.6	3	11.3	9.1	8
Cr	<5	15	26	113	<5	52	15	<5	8	10	32
Cs	27.1	15.75	35.8	176.5	25.2	50.4	39.1	11.75	24.4	18	24.7
Dy	4.72	1.57	1.02	4.46	0.07	1.06	0.52	0.13	0.53	0.53	0.6
Er	2.9	0.98	0.59	2.72	<0.03	0.65	0.3	0.12	0.37	0.34	0.31
Eu	0.27	0.5	0.26	0.88	0.03	0.25	0.09	0.03	0.16	0.08	0.14
Ga	13.5	6.9	4.1	15.8	0.2	6.2	2.4	0.7	3.2	2.3	2.8
Gd	4.16	1.7	0.93	4.86	<0.05	0.97	0.56	0.17	0.58	0.51	0.62
Ge	2.1	0.8	0.5	4.4	3.2	7.7	5	<0.5	2.1	0.9	<0.5
Hf	3.6	1.31	0.64	3.81	<0.05	1.28	0.49	0.15	0.45	0.52	0.45
Ho	0.9	0.32	0.22	0.84	0.01	0.21	0.11	0.02	0.12	0.11	0.1
La	20.1	13.8	7	26.9	0.6	9.8	4.1	1.2	6	4.3	4
Lu	0.42	0.13	0.07	0.32	<0.01	0.11	0.05	0.02	0.02	0.03	0.03
Nb	13.95	4.19	3.09	12.8	0.33	4.89	2.24	0.61	1.99	2.21	1.96
Nd	18.6	12	6.1	25.8	0.4	7.6	3.4	1	4.2	3.8	3.3
Pr	5.02	3.13	1.58	6.42	0.1	2.18	0.97	0.24	1.26	1.06	0.84
Rb	218	50.7	67.5	317	10.7	53.8	29.3	6.7	33.8	24.5	40.1
Sm	5.32	2.18	1.24	5.64	0.05	1.45	0.79	0.39	0.71	0.65	0.75
Sn	4.7	0.6	<0.5	2.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sr	235	1575	1785	4030	9770	871	3530	3680	3050	1295	1470
Ta	1.6	0.3	0.3	1.2	0.1	0.3	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2
Tb	0.7	0.27	0.16	0.74	0.01	0.17	0.09	0.02	0.08	0.1	0.08
Th	29.3	5.02	3.39	16.85	0.25	4.08	2.14	0.63	2.68	2.47	1.55
Tm	0.45	0.14	0.09	0.38	0.01	0.1	0.04	0.01	0.04	0.03	0.03
U	6.81	7.15	7.79	4.07	4.41	2.2	3.36	2.87	7.82	3.47	3.07
V	6	72	72	81	7	49	31	9	44	21	30
W	20	8.7	4.6	12.4	3	4.3	2.4	2	1.2	1.2	5.5
Y	26.8	9.2	5.6	24.1	0.3	5.8	3.1	0.5	3.1	2.8	3.2
Yb	3.16	0.84	0.5	2.45	<0.03	0.67	0.28	0.1	0.32	0.23	0.28
Zr	97	50	28	136	1	48	18	4	20	18	16
As	7.1	192	>250	>250	95.6	>250	210	66.6	55.3	51.9	92.7
Bi	0.44	0.16	0.24	0.52	0.01	0.12	0.14	0.04	0.09	0.11	0.09
Hg	0.023	0.036	0.153	0.081	0.023	<0.005	0.046	0.016	0.036	0.026	0.026
In	0.033	0.015	0.01	0.043	<0.005	0.017	0.01	<0.005	0.01	0.013	0.006
Re	0.002	0.017	0.028	0.002	0.007	0.013	0.004	0.002	0.004	0.008	0.007
Sb	1.13	2.37	2.23	11.9	0.77	10.35	1.54	0.24	0.33	0.4	0.73
Se	0.4	0.7	1	0.6	0.3	0.2	0.6	0.3	0.4	0.7	0.6
Te	0.01	0.06	0.08	0.05	0.03	0.03	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03
Tl	0.93	1	0.97	0.86	2.63	7.65	13.7	0.73	4.18	3.17	0.16
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cd	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.1	<0.5	9.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Co	3	8	8	15	1	7	3	2	3	3	4
Cu	2	21	21	21	2	11	7	2	5	7	7
Li	30	130	90	360	1110	1290	1160	920	1270	1900	60
Mo	<1	8	10	3	2	152	24	7	22	28	6
Ni	2	21	39	105	3	42	22	5	8	11	18
Pb	63	13	10	80	17	9	37	2	7	5	2
Sc	3	4	3	12	<1	4	2	<1	1	1	1
Zn	28	52	26	152	159	96	743	7	38	14	10

Çizelge 6. 6. 20 BM-632 sondajına ait Uzun Tepe Üyesi kil fraksiyonu örneklerinin major ve iz element sonuçları.

Major oksit (wt%)	632-52B (CF)	632-75B (CF)
SiO ₂	52.2	47.3
Al ₂ O ₃	0.53	1.54
Fe ₂ O ₃	0.31	0.52
CaO	2.89	7.34
MgO	24.6	22.3
Na ₂ O	0.11	0.08
K ₂ O	0.11	0.09
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002
TiO ₂	0.03	0.06
MnO	0.06	0.03
P ₂ O ₅	0.01	0.03
SrO	0.65	0.1
BaO	0.05	<0.01
LOI	13.55	16.6
Toplam	95.1	95.99
TOT/C	1.23	2.11
TOT/S	0.31	0.3
Iz element (ppm)	632-52B (CF)	632-75B (CF)
Ba	365	30.7
Ce	1.2	3.5
Cr	11	7
Cs	60.6	26.6
Dy	0.1	0.19
Er	<0.03	0.14
Eu	<0.02	0.04
Ga	0.7	1.9
Gd	0.06	0.21
Ge	6.8	0.5
Hf	0.09	0.28
Ho	0.01	0.03
La	0.5	1.5
Lu	<0.01	0.02
Nb	0.69	1.53
Nd	0.5	1.4
Pr	0.09	0.34
Rb	22	12.6
Sm	0.07	0.35
Sn	<0.5	<0.5
Sr	5510	817
Ta	0.1	0.2
Tb	0.01	0.03
Th	0.45	1.24
Tm	<0.01	0.02
U	7.11	2.6
V	17	25
W	7.1	6.8
Y	0.3	1
Yb	0.04	0.14
Zr	3	9
As	99.3	71.6
Bi	0.03	0.12
Hg	0.14	0.208
In	<0.005	<0.005
Re	0.014	0.004
Sb	1.3	0.36
Se	0.3	0.4
Te	<0.01	0.01
Tl	5.94	1.73
Ag	<0.5	<0.5
Cd	1.9	<0.5
Co	1	2
Cu	7	7
Li	2720	2300
Mo	3	13
Ni	7	8
Pb	35	6
Sc	<1	1
Zn	319	17

Çizelge 6. 7. Uzun Tepe Üyesi'nin major element içerikleri arasındaki korelasyon katsayıları.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SrO	BaO	LOI	Total	C	S
SiO ₂	--																
Al ₂ O ₃	,855**	--															
Fe ₂ O ₃	,696**	,911**	--														
CaO	-,950**	-,780**	-,673**	--													
MgO	-0.125	-,448*	-0.324	-0.117	--												
Na ₂ O	,538*	0.362	0.340	-,565**	0.255	--											
K ₂ O	,830**	,975**	,910**	-,765**	-0.433	0.294	--										
Cr ₂ O ₃	,817**	,864**	,916**	-,823**	-0.130	0.545	,916**	--									
TiO ₂	,679**	,886**	,985**	-,665**	-0.282	0.408	,869**	,903**	--								
MnO	0.121	0.094	0.237	-0.126	-0.043	0.162	0.090	0.411	0.272	--							
P ₂ O ₅	0.105	0.149	0.288	-0.138	0.102	0.050	0.085	0.039	0.270	-0.042	--						
SrO	-0.170	-0.221	-0.206	0.189	-0.015	0.038	-0.206	0.062	-0.171	0.125	-0.202	--					
BaO	0.060	0.285	0.350	-0.060	-,494*	-0.098	0.305	0.531	0.374	0.379	-0.117	0.314	--				
LOI	-,931**	-,848**	-,738**	,914**	0.188	-,519*	-,834**	-,834**	-,741**	-0.206	-0.080	0.046	-0.374	--			
Total	0.293	0.291	0.313	-0.202	0.090	0.251	0.271	0.262	0.284	-0.133	0.217	-0.284	-,682**	0.013	--		
C	-,874**	-,763**	-,624**	,888**	0.127	-0.440	-,760**	-,823**	-,628**	-0.128	0.035	0.012	-0.405	,972**	0.160	--	
S	-0.185	-0.097	-0.067	0.092	-0.184	-0.220	-0.068	,776**	-0.050	0.211	-0.121	0.168	,789**	-0.143	-,951**	-0.255	--

** : Korelasyon katsayısı % 99 güvenirlilikte

* : Korelasyon katsayısı % 95 güvenirlilikte

Uzun Tepe Üyesi'ne ait major oksitlerin birbiri ile olan ilişkileri incelendiğinde SiO_2 ; Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , Cr_2O_3 yüksek pozitif ilişki ve CaO , LOI çok yüksek negatif ilişki, Al_2O_3 ; Fe_2O_3 , K_2O çok yüksek pozitif ilişki ve Cr_2O_3 , TiO_2 yüksek pozitif ilişki ve CaO , LOI ve C yüksek negatif ilişki, Fe_2O_3 ; K_2O , Cr_2O_3 , TiO_2 çok yüksek pozitif ilişki ve LOI yüksek negatif ilişki, CaO ; LOI , C çok yüksek pozitif ilişki ve K_2O , Cr_2O_3 yüksek negatif ilişki, MgO ; tüm major oksitlerle çok zayıf ya da zayıf pozitif veya negatif ilişki, Na_2O ; Cr_2O_3 orta ilişkisi ve LOI orta negatif ilişkisi, K_2O ; Cr_2O_3 çok yüksek pozitif ilişki ve TiO_2 yüksek pozitif ilişki ve C , LOI yüksek negatif ilişki, Cr_2O_3 ; TiO_2 çok yüksek pozitif ilişki ve LOI , C , S yüksek negatif ilişki, TiO_2 ; LOI yüksek negatif ilişki, P_2O_5 ; tüm major oksitlerle çok zayıf pozitif veya negatif ilişki, SrO ; tüm major oksitlerle çok zayıf ya da zayıf pozitif veya negatif ilişki, BaO ; S yüksek pozitif ilişkisi gözlenmektedir (Çizelge 6.7).

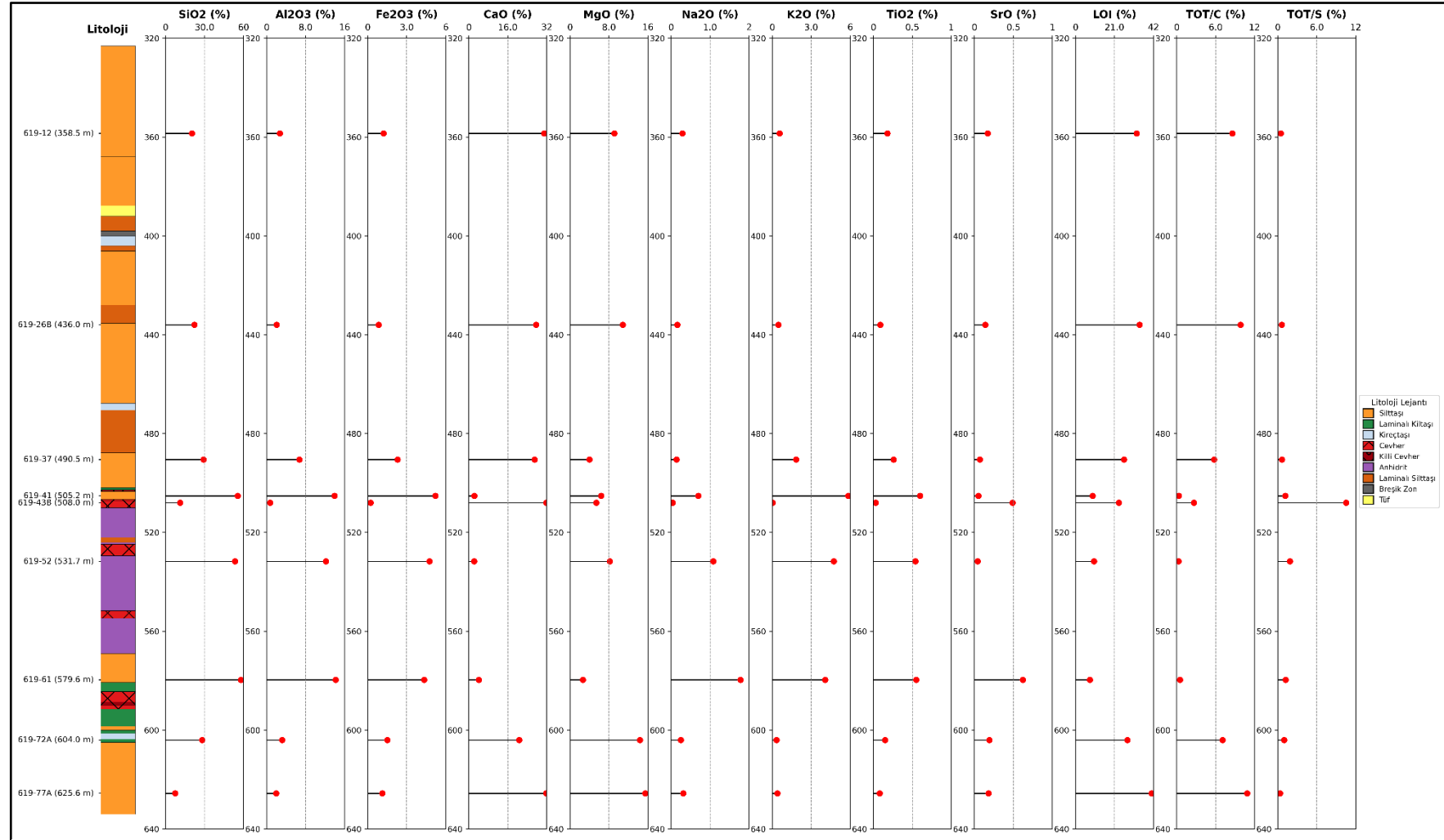
Uzun Tepe Üyesi'ne ait iz elementlerin birbiri ile olan ilişkileri incelendiğinde, Ba ; Cr orta pozitif ilişki ve Cd yüksek negatif ilişki, Ce ; Cs , Dy , Er , Eu , Ga , Gd , Hf , Ho , La , Lu , Nb , Nd , Pr , Rb , Sm , Tb , Tm , Y , Yb , Zr , Bi , In , Cd , Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Cr , Ta , Th , V , W , Co , Ni , Pb yüksek pozitif ilişki, Cr ; Co , Ni , Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Cs , Dy , Er , Eu , Ga , Gd , Hf , Ho , La , Lu , Nb , Nd , Pr , Rb , Sm , Ta , Tb , Th , Tm , Y , Yb , Zr , Bi , In , Sb , Pb yüksek pozitif ilişki, Cs ; Eu , Hf , La , Nd , Pr , Rb , Co , Ni , Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Dy , Er , Ga , Gd , Ho , Lu , Nb , Sm , Ta , Tb , Tm , V , Y , Yb , Bi , In , Cd , Pb yüksek pozitif ilişki, Dy ; Er , Ga , Gd , Hf , Ho , La , Lu , Nb , Nd , Pr , Rb , Sm , Ta , Tb , Th , Tm , W , Y , Yb , Zr , Bi , In , Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Eu , Sn , Co , Ni , Pb , Sc yüksek pozitif ilişki, Er ; Ga , Gd , Hf , Ho , La , Lu , Nb , Nd , Pr , Rb , Sm , Ta , Tb , Th , Tm , Y , Yb , Zr , Bi , In , Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Eu , Sn , W , Co , Pb , Sc yüksek pozitif ilişki, Eu ; Ga , Gd , Hf , La , Nd , Pr , Rb , Tb , Zr , Cd , Co , Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Ho , Lu , Nb , Sm , Ta , Tm , V , Y , Yb , Bi , In , Cu , Ni , Pb yüksek pozitif ilişki, Ga ; Gd , Hf , Ho , La , Lu , Nb , Nd , Pr , Rb , Sm , Ta , Tb , Tm , Y , Yb , Zr , Cd , Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Th , W , Co , Ni , Pb yüksek pozitif ilişki, Gd ; Hf , Ho , La , Lu , Nb , Nd , Pr , Rb , Sm , Ta , Tb , Tm , Th , Y , Yb , Zr , Bi , In , Cd , Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Th , W , Co , Ni , Pb yüksek pozitif ilişki, Ge ; Cd yüksek pozitif ilişki ve Sb , Mo orta pozitif ilişki, Hf ; Ho , La , Lu , Nb , Nd , Pr , Rb , Sm , Ta , Tb , Th , Tm , Y , Yb , Zr , Bi , In , Cd , Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Th , W , Co , Ni , Pb yüksek pozitif ilişki, Ho ; La , Lu , Nb , Nd , Pr , Rb , Sm , Ta , Tb , Th , Tm , W , Y , Yb , Zr , Bi , In , Cd çok

yüksek pozitif ilişki ve Sn, Co yüksek pozitif ilişki, La; Lu, Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Tb, Tm, Y, Yb, Zr, Bi, In, Cd, Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Ta, Th, V, W, Co, Ni, Pb yüksek pozitif ilişki, Lu; Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Ta, Tb, Th, Tm, Y, Yb, Zr, Bi, In, Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Sn, W, Co, Pb, Sc yüksek pozitif ilişki, Nb; Nd, Pr, Rb, Sm, Ta, Tb, Th, Tm, Y, Yb, Zr, Bi, In, Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Sn, W, Co, Ni, Pb, Sc yüksek pozitif ilişki, Nd; Pr, Rb, Sm, Tb, Tm, Y, Yb, Zr, Bi, In, Cd, Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Ta, Th, V, W, Co, Ni, Pb yüksek pozitif ilişki, Pr; Rb, Sm, Tb, Tm, Y, Yb, Zr, Bi, In, Cd, Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Ta, Th, V, W, Co, Ni, Pb yüksek pozitif ilişki, Rb; Sm, Tb, Tm, Y, Yb, Zr, Bi, In, Cd, Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Ta, Th, V, W, Co, Ni, Pb yüksek pozitif ilişki, Sm; Ta, Tb, Th, Tm, Y, Yb, Zr, Bi, In, Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Sn, W, Co, Ni, Pb, Sc yüksek pozitif ilişki, Sn ; Th, çok yüksek pozitif ilişki ve Ta, Tm, W, Y, Yb, Bi yüksek pozitif ilişki, Sr; Gd orta negatif ilişki ve diğer elementlerle çok zayıf ya da zayıf pozitif veya negatif ilişki, Ta; Tb, Th, Tm, W, Y, Yb, Bi, In, Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Zr, Pb, Sc yüksek pozitif ilişki, Tb; Th, Tm, Y, Yb, Zr, Bi, In, Cd, Co, Pb, Sc çok yüksek pozitif ilişki ve W, Co, Ni, Pb, Sc yüksek pozitif ilişki, Th; Tm, Y, Yb, Cd çok yüksek pozitif ilişki ve W, Zr, Bi, In, Pb yüksek pozitif ilişki, Tm; Y, Yb, Zr, Bi, In, Cd çok yüksek pozitif ilişki ve W, Co, Pb, Sc yüksek pozitif ilişki, U; Sc orta pozitif ilişki ve diğer elementlerle çok zayıf ya da zayıf pozitif veya negatif ilişki, V; Co, Cu çok yüksek pozitif ilişki ve Zr, Cd, Ni, Sc yüksek pozitif ilişki, W; Y, Yb çok yüksek pozitif ilişki ve Zr, Bi, In, Pb yüksek pozitif ilişki, Y; Yb, Zr, In, Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Co, Pb, Sc yüksek pozitif ilişki, Yb; Zr, Bi, In, Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Pb, Sc yüksek pozitif ilişki, Zr; Bi, In, Cd, Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Co, Ni, Pb yüksek pozitif ilişki, As; Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Te yüksek pozitif ilişki, Bi; In, Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Co, Pb, Sc yüksek pozitif ilişki, Hg; Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Te, Cu yüksek pozitif ilişki, In; Cd, Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Co, Ni, Pb yüksek pozitif ilişki, Re; Se orta pozitif ilişki ve diğer elementlerle çok zayıf ya da zayıf pozitif veya negatif ilişki, Sb; Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Ni yüksek pozitif ilişki, Se; tüm elementlerle çok zayıf ya da zayıf pozitif veya negatif ilişki, Te; Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Cu yüksek pozitif ilişki, Tl; Cd çok yüksek pozitif ilişki ve Zn yüksek pozitif ilişki, Cd; Cu, Mo, Ni, Pb, Sc, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Co yüksek pozitif ilişki, Co; Ni, Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Cu yüksek pozitif ilişki, Cu; Ni, Sc orta pozitif ilişki, Li; tüm elementlerle çok zayıf ya da zayıf pozitif veya negatif ilişki, Mo; tüm elementlerle çok zayıf ya

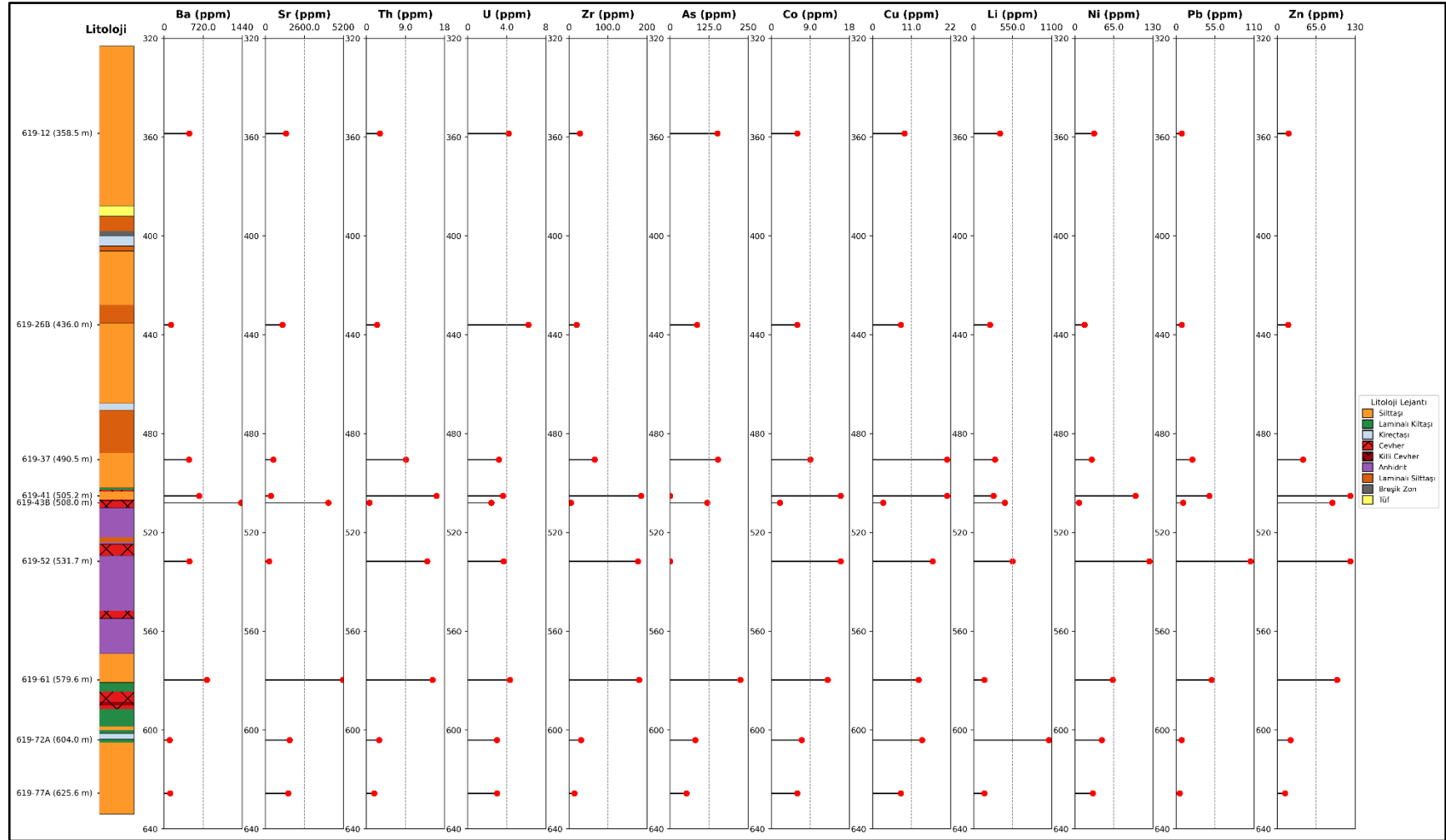
da zayıf pozitif veya negatif ilişki, Ni; Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Pb yüksek pozitif ilişki, Pb; Sc yüksek pozitif ilişki saptanmıştır (Çizelge 6.8).

20BM-619 sondajı kapsamında, major ve iz element analizleri 619-12, 619-26B, 619-37, 619-41, 619-43B, 619-52, 619-61, 619-72A ve 619-77A numaraları örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir (Çizelge 6.4). Major elementler kapsamında, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂, SrO, LOI (Ateşte kayıp), TOT/C ve TOT/S değerlerinin dikey dağılımları incelenmiştir (Şekil 6.4). İz elementler kapsamında Ba, Sr, Th, U, Zr, As, Co, Cu, Li, Ni, Pb ve Zn değerlerinin dikey dağılımları incelenmiştir (Şekil 6.5).

Örneklerin dikey dağılımı incelendiğinde, istifin alt kesimlerinde SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve K₂O değerlerinin daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Karbonat mineral (kalsit, dolomit ve aragonit) içeriği yüksek olan örneklerin SiO₂ içerikleri düşük, CaO, MgO içerikleri ile LOI değerleri yüksektir. Diğer taraftan karbonat içerikleri düşük, kil, feldispat ve kuvars içerikleri yüksek olanların ise, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve K₂O içerikleri yüksek, ateşte kayıpları düşüktür. Li elementinin dağılımına bakıldığında, simektit içeriği yüksek olan 619-72A numaralı örneğin Li içeriği de yüksektir (1060 ppm), aynı zamanda söz konusu bu örneğin tüm kayaç MgO içeriğine bakıldığında bu değer de oldukça yüksek olduğu (%14.35) görülmektedir. Söz konusu bu örneğin dolomit içermemesi, MgO zenginleşmesinin Li içeren trioktaedrik simektitlerden kaynaklandığı tespit edilmiştir.



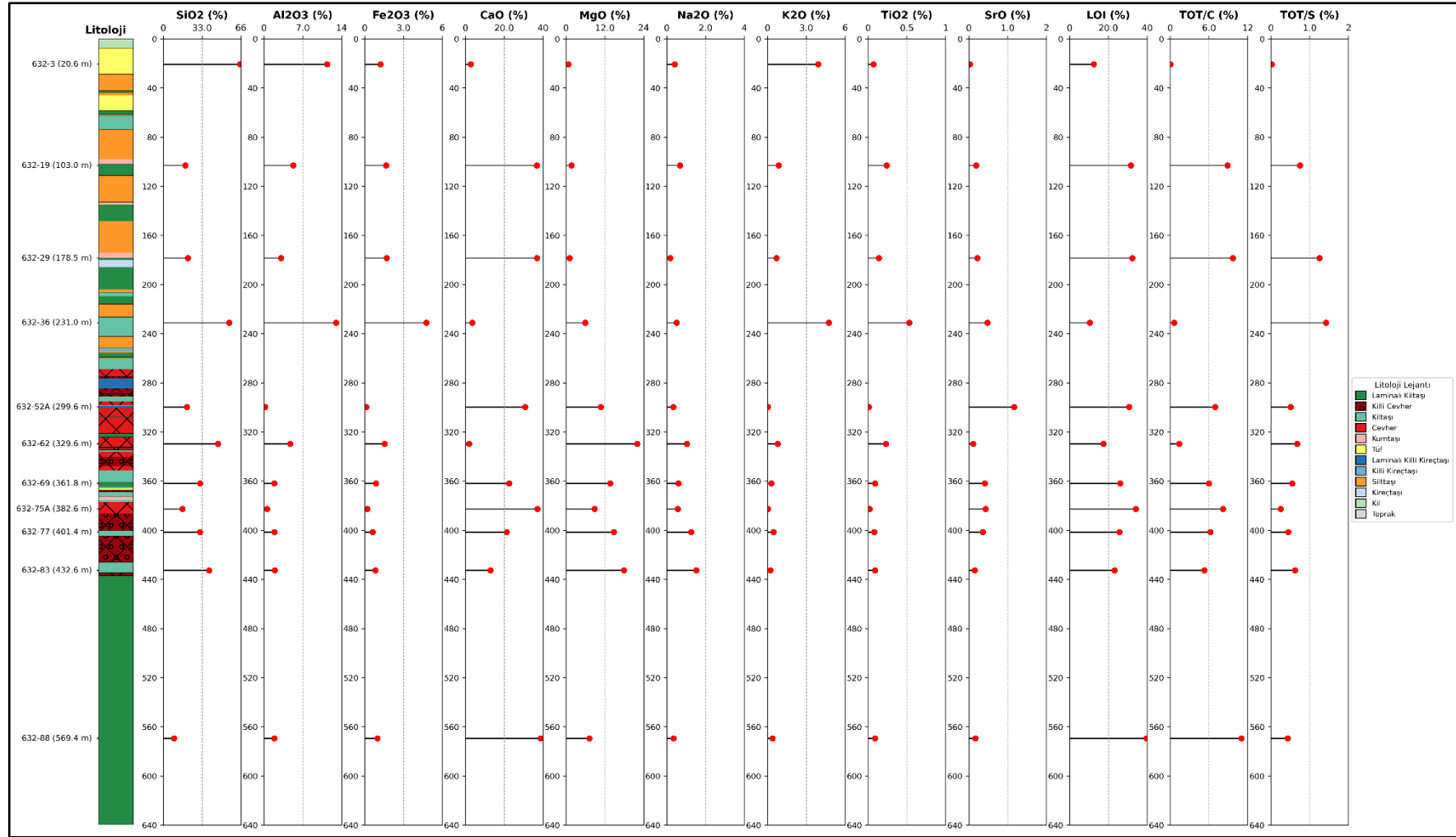
Şekil 6. 4. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20 BM-619 sondajına ait örneklerin major element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.



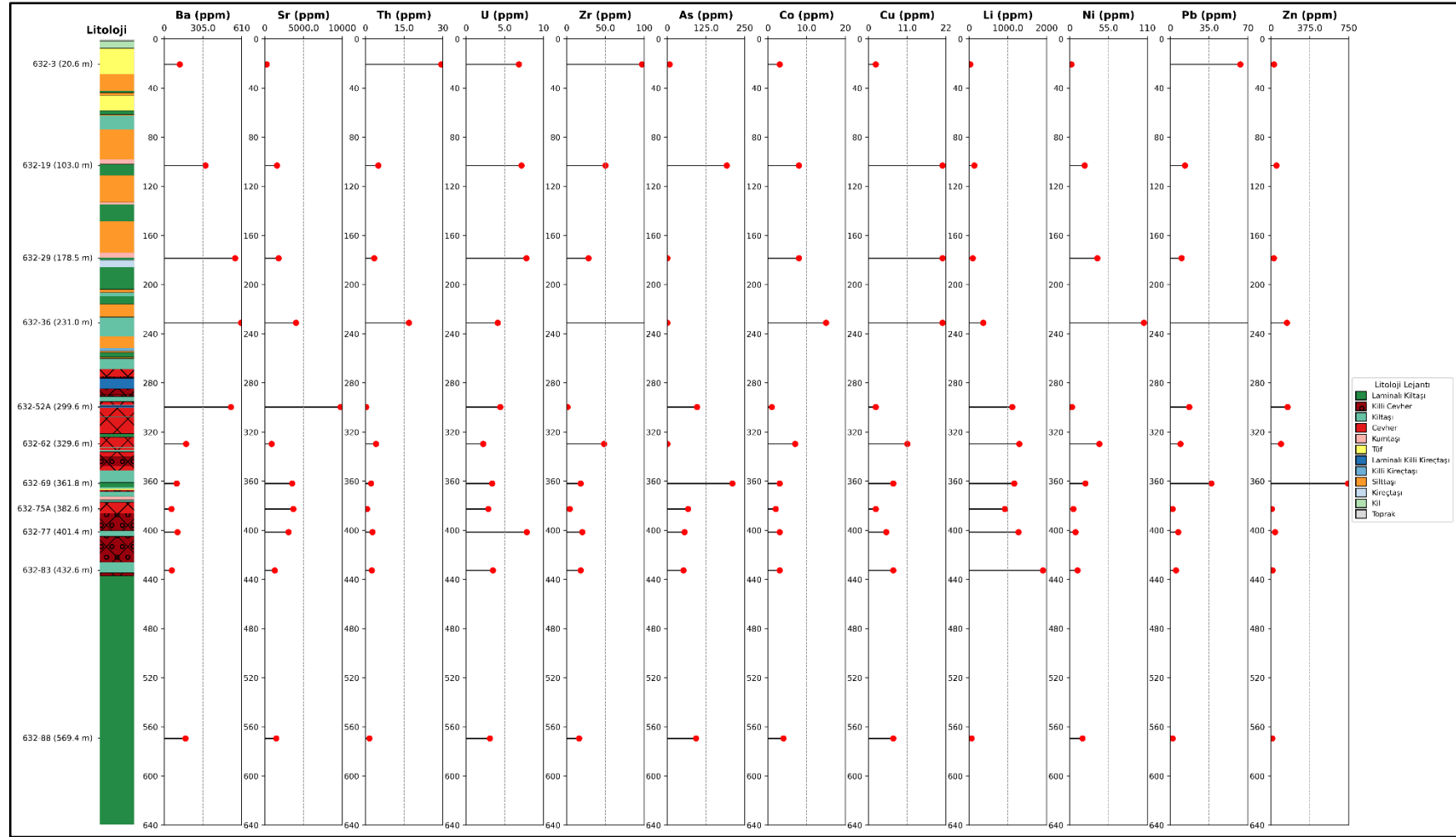
Şekil 6. 5. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20 BM-619 sondajına ait örneklerin iz element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.

20BM-632 sondajı kapsamında, major-iz element analizleri 632-3, 632-19, 632-29, 632-36, 632-52A, 632-52B (CF), 632-62, 632-69, 632-75A, 632-75B (CF), 632-77, 632-83 ve 632-88 numaralı örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir (Çizelge 6.5 ve Çizelge 6.6). Major elementlerin (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , SrO , LOI, TOT/C ve TOT/S dikey dağılımları incelenmiştir (Şekil 6.6). İz elementler kapsamında Ba, Sr, Th, U, Zr, As, Co, Cu, Li, Ni, Pb ve Zn değerlerinin dikey dağılımları incelenmiştir (Şekil 6.7). Bu kapsamda, karbonatça zengin seviyelerde CaO, TOT/C ve ateşte kayıp değerleri yüksektir. Kil içerikleri yüksek olan seviyelerde ise MgO ve Al_2O_3 değerleri yüksektir.

Sadece simektit içeren 632-52B (CF) ve 632-75B (CF) numaralı örneklerin kil fraksiyonlarının major element ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerin yapısal formülleri hesaplanmış ve ikisi de Hektorit olarak adlandırılmıştır (Çizelge 6.9). Major elementler kapsamında kil fraksiyonu örneklerinin SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , SrO , LOI (Ateşte kayıp), TOT/C ve TOT/S dikey dağılımları Şekil 6.8'de yer almaktadır. İz elementler kapsamında kil fraksiyonu örneklerinin Ba, Sr, Th, U, Zr, As, Co, Cu, Li, Ni, Pb ve Zn değerlerinin dikey dağılımları Şekil 6.9'da verilmiştir. Kil içeriği yüksek olan örneklerin Li içerikleri de yüksektir. Bu örneklerin tüm kayaç analiz sonuçlarına göre Li içerikleri 632-52A numaralı örneğin 1110 ppm, 632-75A numaralı örneğin ise 920 ppm olarak görülmektedir. Bu örneklerin sadece simektit içeren kil fraksiyonlarının Li içerikleri sırası ile 632-52B (CF) numaralı örneğin 2720 ppm ve 632-75B (CF) numaralı örneğin ise 2300 ppm olarak görülmektedir. Bu sonuçlar, Li elementi ile Mg içeren trioktaedrik simektitlerin ilişkili olduğunu göstermektedir.



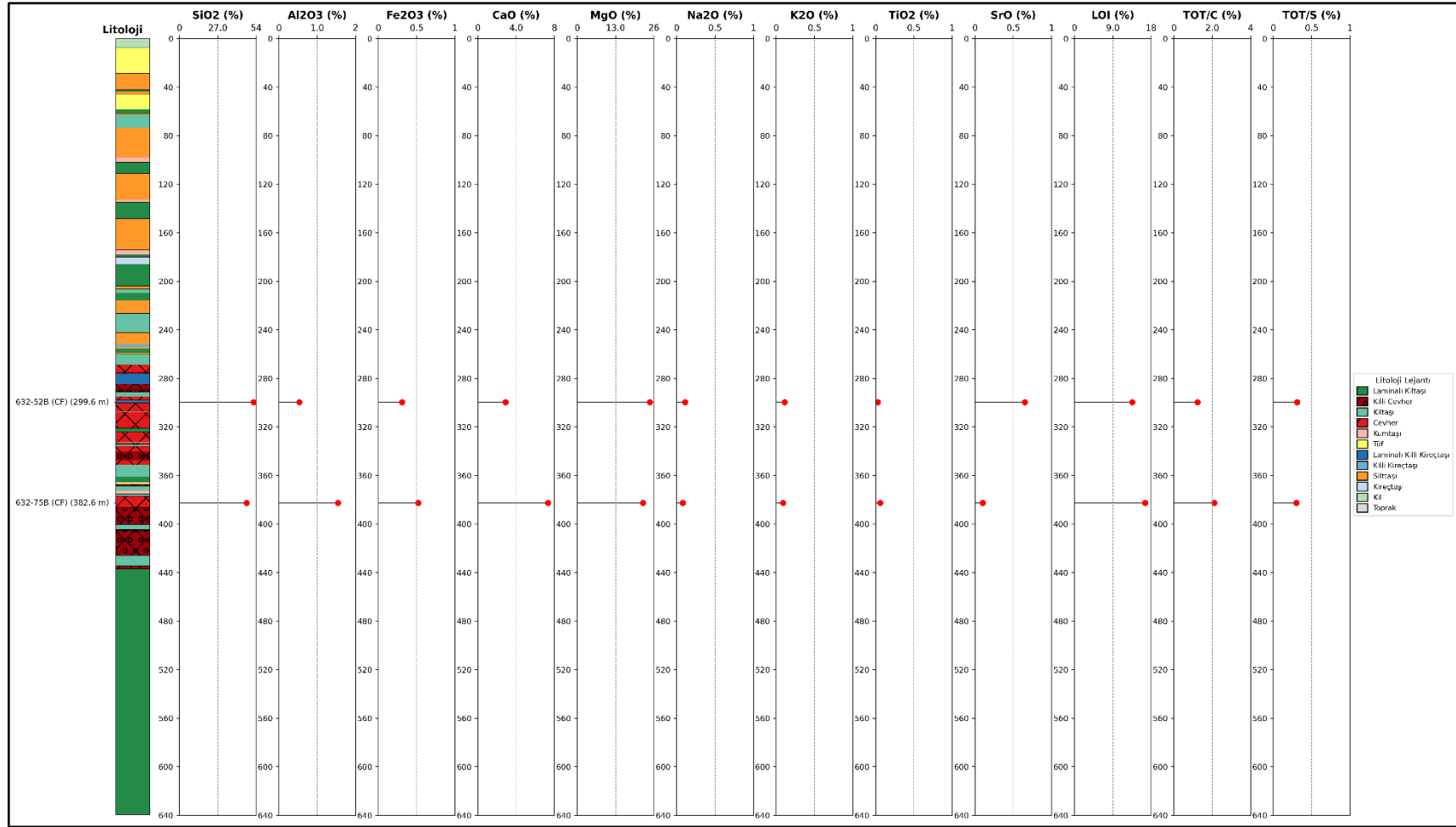
Şekil 6. 6. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20 BM-632 sondajına ait örneklerin major element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.



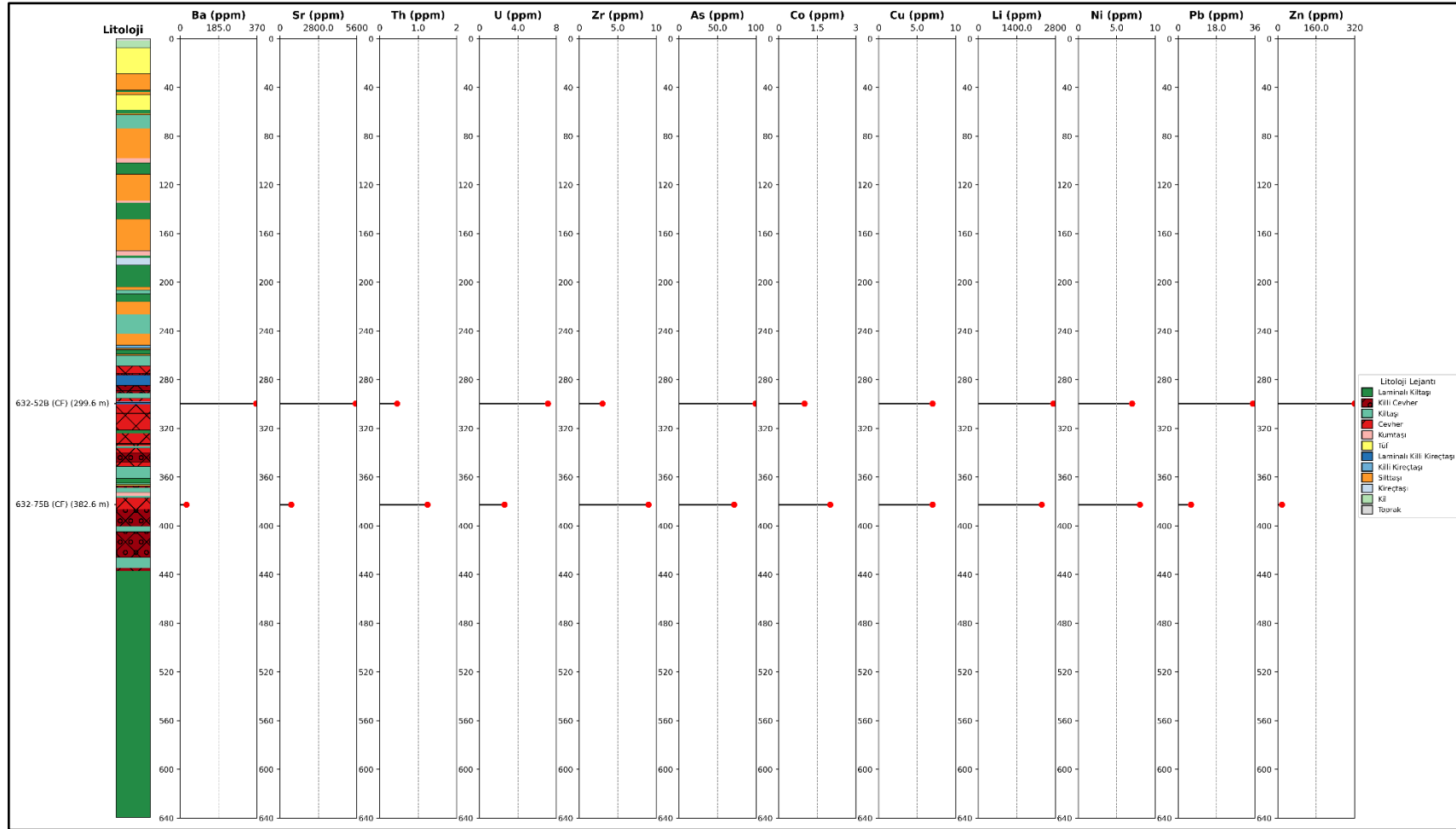
Şekil 6. 7. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20 BM-632 sondajına ait örneklerin iz element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.

Çizelge 6. 9. Uzun Tepe Üyesi'ne ait trioktaedrik simektit (Hektorit) örneklerinin kimyasal bileşimleri (wt%) ve yapısal formülleri.

Major oksit (wt%)	632-52B (CF)	632-75B (CF)
SiO ₂	52.2	47.3
Al ₂ O ₃	0.53	1.54
Fe ₂ O ₃	0.31	0.52
CaO	2.89	7.34
MgO	24.6	22.3
Na ₂ O	0.11	0.08
K ₂ O	0.11	0.09
TiO ₂	0.03	0.06
MnO	0.06	0.03
Li ₂ O	0.59	0.50
Tetrahedral		
Si	3.909	3.710
Al	0.047	0.142
Fe	0.017	0.031
Ti	0.001	0.002
Mn	0.004	0.002
Σ	3.978	3.888
Oktahedral		
Mg	2.746	2.608
Li	0.176	0.156
Σ	2.923	2.764
Tabakalar arası		
Ca	0.232	0.617
Na	0.016	0.012
K	0.011	0.009
Σ	0.258	0.638



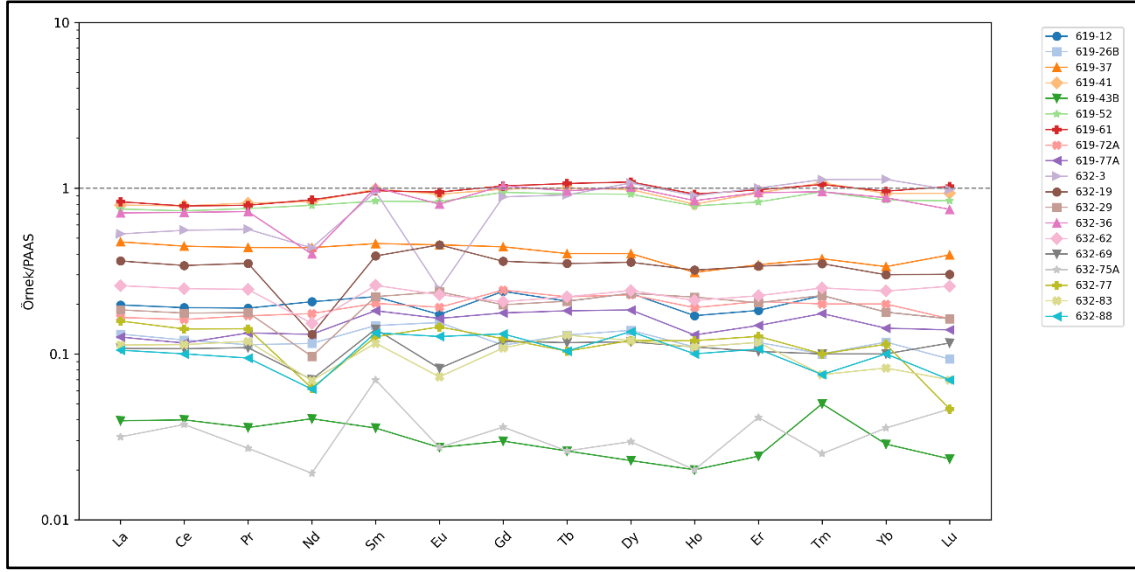
Şekil 6. 8. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20BM-632 sondajına ait kil fraksiyonu örneklerinin major element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.



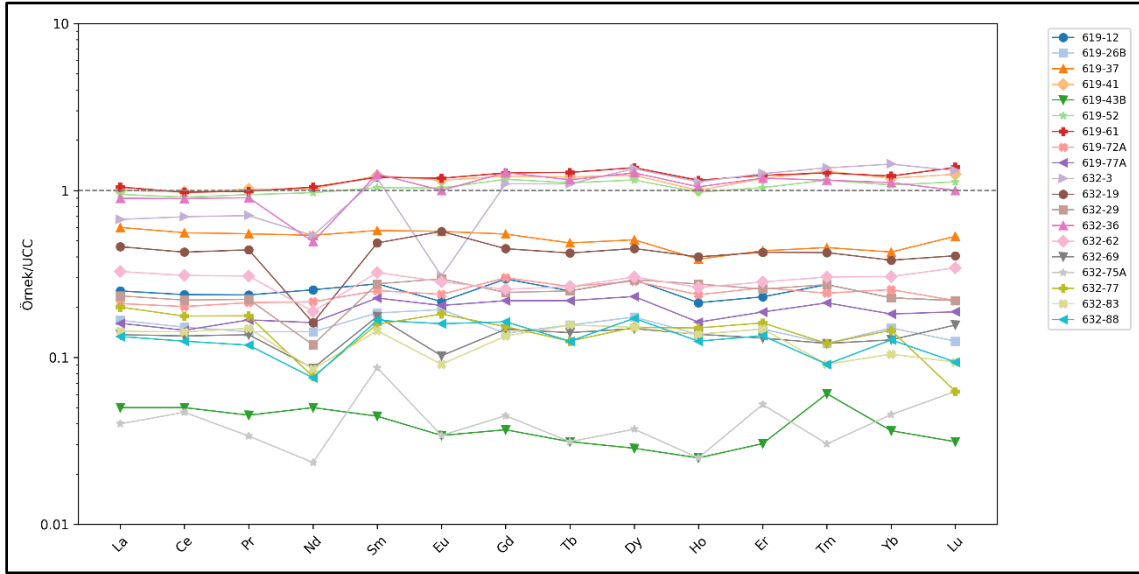
Şekil 6. 9. Bigadiç Formasyonuna ait Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 20BM-632 sondajına ait kil fraksiyonu örneklerinin iz element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.

Uzun Tepe Üyesi'ne ait örneklerinin, PAAS'a göre normalize edilmiş (Taylor ve McLennan, 1985) REE diyagramı Şekil 6.10'da yer almaktadır. Bu diyagram incelendiğinde, neredeyse tüm örnekler PAAS' a göre fakirleşmiştir (Normalize değer <1). Bazı örneklerin (619-41, 619-52, 632-36 numaralı örnekler gibi) diğerlerine göre daha fazla zenginleştiği gözlenmektedir. 619 -12, 619-26B, 632-29, 619-77A, 632-29 gibi örnekler orta düzeyde bir fakirleşme gözlenmektedir. 619-43B ve 632-75A örnekleri en belirgin fakirleşmeyi göstermektedir. Örneklerin büyük çoğunluğunda (619-12, 632-3, 632-69, 632-83 gibi) negatif Eu anomalisi gözlenmektedir. Eu^{2+} iyonu, Ca^{2+} iyonu yerine plajiyoklaz kristal yapısına kolayca girebilir. Eğer kayalar plajiyoklaz bakımından fakirleşme gösterirse, Eu açısından da fakirleşme göstermektedir.

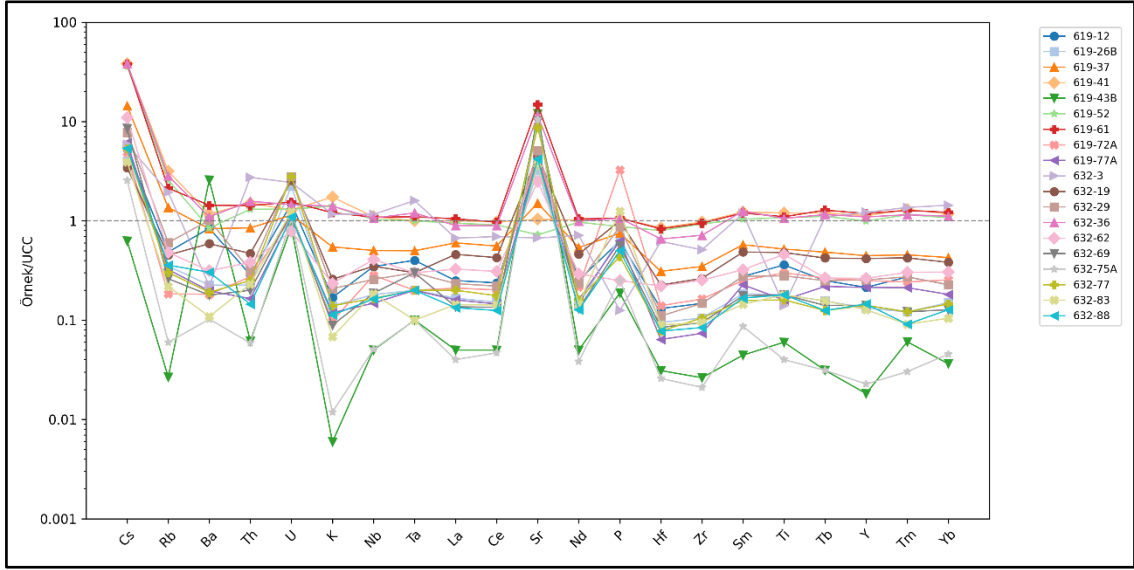
Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001) REE ve çoklu element diyagramı Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'de yer almaktadır. Bu diyagramlar incelendiğinde, REE açısından tüm örnekler UCC değerlerine göre fakirleşmiştir (Normalize değer <1). 619-43B ve 632-75A örnekleri en belirgin fakirleştiğini göstermektedir. Grafikteki çoğu örnekte Cs ve Sr elementlerinin 1'in oldukça üzerinde değerler aldığı, yani belirgin bir şekilde UCC değerlerine göre zenginleştiği gözlenmektedir. Sr^{+2} kimyasal olarak Ca^{+2} ile benzer davranışlar sergilemekte ve Ca^{+2} elementinin yerini almaktadır. Özellikle Ca açısından zengin minerallerin (plajiyoklaz, jips, kalsit, dolomit) varlığı, Sr elementinde bir yükselişe neden olabilmektedir.



Şekil 6. 10. Uzun Tepe Üyesi'ne ait örneklerin PAAS göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985).



Şekil 6. 11. Uzun Tepe Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001).



Şekil 6. 12. Uzun Tepe Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş çoklu element diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001).

6.1.3. Emirler Tüf Üyesi

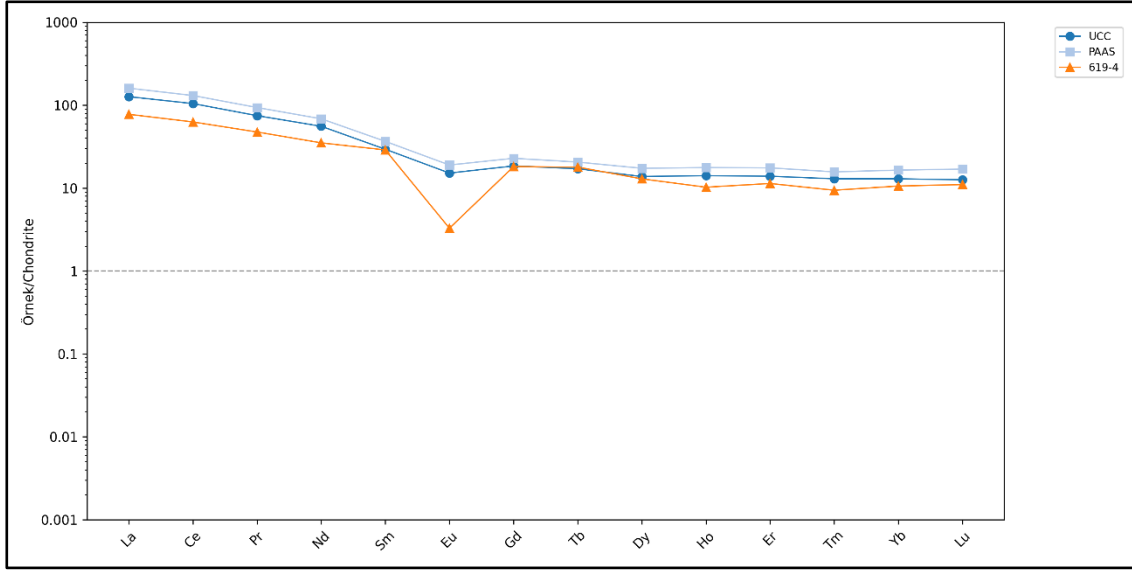
Major-iz element analizleri, Bigadiç Formasyonuna ait Emirler Tüf Üyesi'ne ait örnekler üzerinde 20BM-619 sondajından alınan 619-4 numaralı örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Major ve iz element analiz sonuçları Çizelge 6.10'da yer almaktadır. Bu örneğin SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O ve CaO içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu zenginleşmenin zeolit, kil ve mika minerallerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu örneğin Li içeriği düşük olup, 60 ppm dir. Sr içeriğinin yüksek olması olasılıkla Ca elementine bağlıdır.

Emirler Tüf Üyesi'ne ait örneklerin, Kondrite göre normalize edilmiş (Sun ve McDonough, 1989) REE diyagramı Şekil 6.13'te yer almaktadır. Bu diyagram incelendiğinde, kondrite göre zenginleşmiştir (Normalize değer > 1). LREE değerleri HREE değerlerine göre daha fazla zenginleşmiştir. Bununla birlikte, Emirler Tüf Üyesi örneği UCC ve PAAS ile karşılaştırıldığında, bazı elementlerde zenginleşme bazılarında ise fakirleşme gözlenmektedir. Eu elementinde negatif anomalinin gözlenmesi bu tüfün riyolitik bileşimde olmasından, dolayısıyla anortit içeriğinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

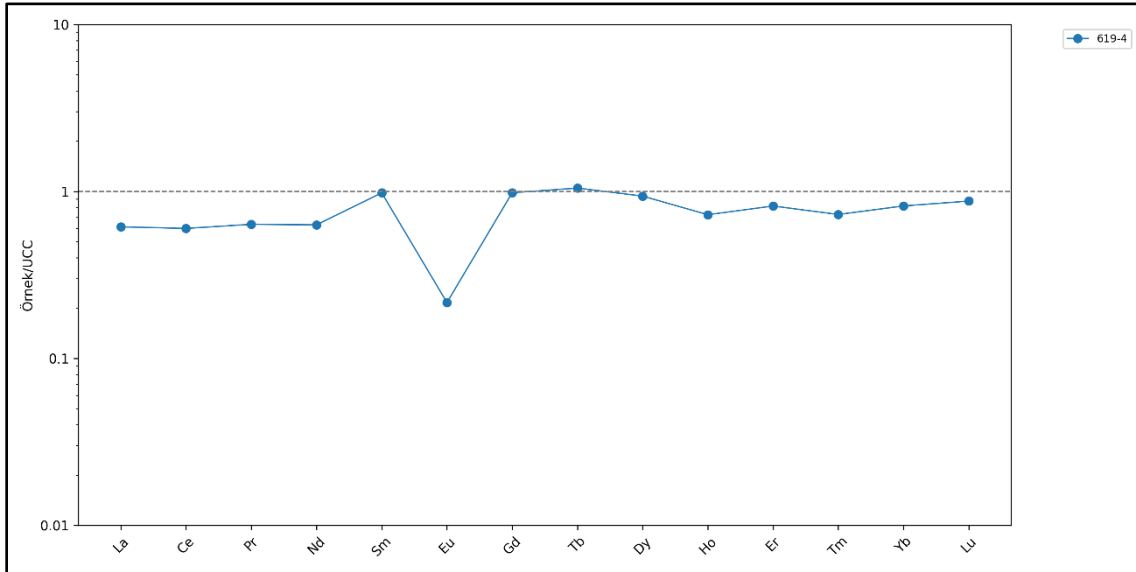
UCC göre normalize edilmiş (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001) REE ve çoklu element diyagramı Şekil 6.14 ve Şekil 6.15'te yer almaktadır. Bu diyagram incelendiğinde, 619-4 numaralı rneğin UUC göre fakirleştiği tespit edilmiştir. Eu elementinde ise negatif anomali gözlenmektedir.

Çizelge 6. 10. Emirler Tuf Üyesi'ne ait örneklerinin major ve iz element sonuçları.

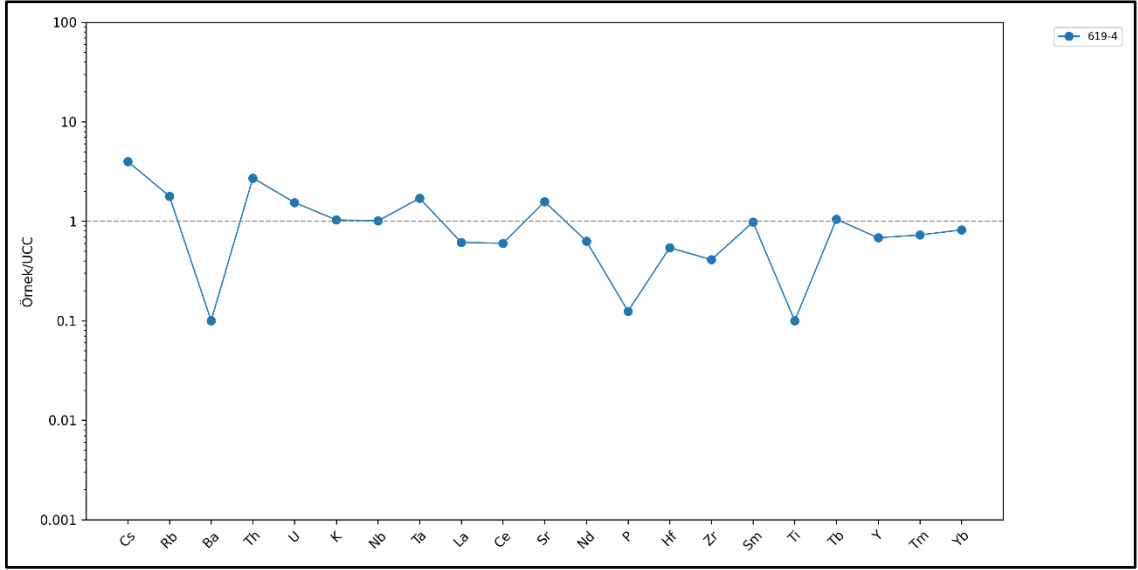
Major oksit (wt%)	619-4
SiO ₂	64.7
Al ₂ O ₃	11.05
Fe ₂ O ₃	0.89
CaO	4.8
MgO	1.09
Na ₂ O	0.49
K ₂ O	3.48
Cr ₂ O ₃	<0.002
TiO ₂	0.05
MnO	0.04
P ₂ O ₅	0.02
SrO	0.07
BaO	0.01
LOI	13.55
Toplam	100.24
TOT/C	0.55
TOT/S	0.02
iz element (ppm)	619-4
Ba	55
Ce	38.4
Cr	<5
Cs	18.35
Dy	3.28
Er	1.88
Eu	0.19
Ga	13.2
Gd	3.73
Ge	1
Hf	3.14
Ho	0.58
La	18.4
Lu	0.28
Nb	12.1
Nd	16.4
Pr	4.51
Rb	199.5
Sm	4.41
Sn	4
Sr	551
Ta	1.7
Tb	0.67
Th	29.1
Tm	0.24
U	4.32
V	<5
W	22.7
Y	15
Yb	1.8
Zr	78
As	11.4
Bi	0.31
Hg	<0.005
In	0.029
Re	0.001
Sb	0.27
Se	0.2
Te	0.01
Tl	0.59
Ag	<0.5
Cd	<0.5
Co	3
Cu	1
Li	60
Mo	<1
Ni	2
Pb	28
Sc	2
Zn	31



Şekil 6. 13. Emirler Tuf Üyesi'ne ait örneklerin Kondrite göre normalize edilmiş REE diyagramı (Sun ve McDonough, 1989).



Şekil 6. 14. Emirler Tuf Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001).



Şekil 6. 15. Emirler Tüf Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş çoklu element diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001).

6.1.4. İskele Üyesi

Major ve iz element analizleri, Bigadiç Formasyonuna ait İskele Üyesi'ne ait 20BM – 613 sondajından alınan 613 – 2, 613 – 7, 613 – 9 (CF), 613 – 14, 613 – 29 numaralı örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tüm kayaç örneklerinin major element ve iz element analiz sonuçları Çizelge 6.11'de verilmiştir. 619 – 9 (CF) numaralı örneğin kil fraksiyonunun major ve iz element analiz sonuçları Çizelge 6.12'de yer almaktadır. Tüm kayaç örneklerinin major element korelasyon katsayıları Çizelge 6.13'te ve iz element korelasyon katsayıları Çizelge 6.14'te yer almaktadır.

Çizelge 6. 11. İskele Üyesi'ne ait örneklerinin major ve iz element sonuçları.

Major oksit (wt%)	613-2	613-7	613-14	613-29
SiO ₂	35.6	27.2	18.95	65.9
Al ₂ O ₃	7.77	2.69	0.55	11.3
Fe ₂ O ₃	2.44	0.64	0.37	1.14
CaO	18.35	13.7	32.1	1.78
MgO	6.84	22.2	10.4	0.82
Na ₂ O	0.52	0.06	0.1	0.92
K ₂ O	1.74	0.51	0.01	4.53
Cr ₂ O ₃	0.005	<0.002	<0.002	<0.002
TiO ₂	0.29	0.08	0.02	0.06
MnO	0.03	0.01	0.04	0.03
P ₂ O ₅	0.06	0.02	0.11	0.02
SrO	0.79	0.35	2.6	0.01
BaO	0.07	0.01	0.01	0.02
LOI	25.4	31.2	34.2	12.65
Toplam	99.91	98.67	99.46	99.18
TOT/C	4.49	6.28	8.48	0.01
TOT/S	0.02	0.27	0.46	0.09
İz element (ppm)	613-2	613-7	613-14	613-29
Ba	594	91.3	94.1	145
Ce	36.9	15.2	4.3	44.9
Cr	42	<5	<5	<5
Cs	52.1	16.7	15.8	22.2
Dy	1.5	0.63	0.19	3.56
Er	0.77	0.25	0.15	1.71
Eu	0.37	0.17	0.03	0.18
Ga	8.6	3	0.8	13.4
Gd	1.68	0.64	0.21	4.04
Ge	4.1	2.2	0.5	0.9
Hf	2.46	0.73	0.17	3.16
Ho	0.25	0.09	0.03	0.55
La	19.1	8.1	2.3	21.4
Lu	0.07	0.06	<0.01	0.26
Nb	8.78	2.93	0.67	15.75
Nd	14.2	5.1	1.6	18.5
Pr	3.9	1.64	0.46	4.79
Rb	143.5	34.3	4.7	213
Sm	2.31	0.73	0.38	4.72
Sn	0.9	<0.5	<0.5	4.5
Sr	6480	2980	>10000	77.3
Ta	0.2	0.3	0.1	1.7
Tb	0.22	0.1	0.03	0.62
Th	12	4.31	1.17	30.3
Tm	0.12	0.05	0.02	0.27
U	1.6	0.9	1.12	6.78
V	38	13	12	<5
W	3.7	2.7	2.2	4.2
Y	7.6	3.3	1	15.8
Yb	0.65	0.29	0.11	1.88
Zr	83	20	6	77
As	23.1	219	71.7	81.3
Bi	0.28	0.15	0.03	0.46
Hg	0.012	0.009	0.022	0.01
In	0.02	0.006	<0.005	0.03
Re	<0.001	0.003	0.003	0.001
Sb	0.41	1.43	1.92	0.74
Se	0.2	0.5	0.4	<0.2
Te	0.04	0.02	0.06	<0.01
Tl	0.41	0.36	1.26	1.08
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cd	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Co	6	2	2	2
Cu	16	3	2	1
Li	460	590	1210	60
Mo	<1	5	28	<1
Ni	33	3	9	1
Pb	20	7	<2	53
Sc	5	1	<1	3
Zn	33	8	7	35

Çizelge 6. 12. İskele Üyesi'ne ait kil fraksiyonu örneklerinin major ve iz element sonuçları.

Major oksit (wt%)	613-9 (CF)
SiO ₂	35.4
Al ₂ O ₃	1.59
Fe ₂ O ₃	0.42
CaO	11.2
MgO	21.4
Na ₂ O	0.07
K ₂ O	0.15
Cr ₂ O ₃	<0.002
TiO ₂	0.05
MnO	0.02
P ₂ O ₅	0.05
SrO	0.16
BaO	0.01
LOI	26.4
Toplam	96.92
TOT/C	5.54
TOT/S	0.22
İz element (ppm)	613-9 (CF)
Ba	47.2
Ce	7.7
Cr	6
Cs	12.3
Dy	0.34
Er	0.3
Eu	0.05
Ga	2.1
Gd	0.38
Ge	1.8
Hf	0.39
Ho	0.07
La	3.8
Lu	0.02
Nb	2.29
Nd	2.9
Pr	0.86
Rb	15.6
Sm	0.66
Sn	0.6
Sr	1325
Ta	<0.1
Tb	0.05
Th	2.75
Tm	0.04
U	2.46
V	14
W	6.8
Y	2.1
Yb	0.16
Zr	11
As	64.4
Bi	0.05
Hg	0.069
In	<0.005
Re	0.009
Sb	0.97
Se	0.7
Te	0.01
Tl	0.24
Ag	<0.5
Cd	<0.5
Co	3
Cu	7
Li	1880
Mo	12
Ni	7
Pb	4
Sc	1
Zn	19

Çizelge 6. 13. İskele Üyesi'nin major element içerikleri arasındaki korelasyon katsayıları.

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	Cr2O3	TiO2	MnO	P2O5	SrO	BaO	LOI	Total	C	S
SiO2	--																
Al2O3	0.940	--															
Fe2O3	0.301	0.608	--														
CaO	-0.886	-0.822	-0.238	--													
MgO	-0.700	-0.735	-0.424	0.299	--												
Na2O	,950*	,970*	0.500	-0.734	-0.863	--											
K2O	,996**	,954*	0.349	-0.849	-0.756	,973*	--										
Cr2O3	. ^c	. ^c	. ^c	. ^c	. ^c	. ^c	. ^c	. ^c									
TiO2	0.030	0.367	,955*	-0.055	-0.157	0.224	0.073	. ^c	--								
MnO	0.019	0.041	0.068	0.448	-0.704	0.249	0.090	. ^c	-0.060	--							
P2O5	-0.636	-0.584	-0.155	0.922	-0.086	-0.428	-0.579	. ^c	-0.079	0.760	--						
SrO	-0.717	-0.729	-0.371	0.944	0.080	-0.571	-0.677	. ^c	-0.268	0.652	,972*	--					
BaO	0.120	0.450	,979*	-0.032	-0.369	0.356	0.177	. ^c	,972*	0.161	0.034	-0.182	--				
LOI	-,997**	-,961*	-0.369	0.861	0.742	-,972*	-,999**	. ^c	-0.096	-0.065	0.599	0.699	-0.195	--			
Total	-0.032	0.220	0.688	0.366	-0.602	0.281	0.052	. ^c	0.638	0.727	0.573	0.366	0.783	-0.049	--		
C	-,991**	-,968*	-0.401	0.911	0.664	-0.948	-,987*	. ^c	-0.147	0.054	0.688	0.783	-0.218	,992**	0.007	--	
S	-0.685	-0.879	-0.864	0.694	0.476	-0.755	-0.703	. ^c	-0.734	0.175	0.590	0.762	-0.742	0.723	-0.323	0.772	--

**.: Korelasyon katsayısı % 99 güvenirlilikte

*.: Korelasyon katsayısı % 95 güvenirlilikte

İskele Üyesi'ne ait major oksitlerin birbiri ile olan ilişkileri incelendiğinde SiO₂; Al₂O₃, Na₂O, K₂O çok yüksek pozitif ilişki ve LOI, C çok yüksek negatif ilişki ve CaO, MgO, SrO yüksek negatif ilişki, Al₂O₃; Na₂O, K₂O, çok yüksek pozitif ilişki ve LOI, C çok yüksek negatif ilişki ve CaO, S yüksek negatif ilişki, Fe₂O₃; TiO₂, BaO çok yüksek pozitif ilişki ve S yüksek negatif ilişki, CaO; P₂O₅, SrO, C çok yüksek pozitif ilişki ve LOI yüksek pozitif ilişki ve Na₂O, K₂O yüksek negatif ilişki, MgO; LOI yüksek pozitif ilişki ve K₂O, Na₂O yüksek negatif ilişki, Na₂O; K₂O çok yüksek pozitif ilişki ve LOI, C çok yüksek negatif ilişki ve S yüksek negatif ilişki, K₂O; LOI,C çok yüksek negatif ilişki, TiO₂; BaO çok yüksek pozitif ilişki, MnO; P₂O₅ yüksek pozitif ilişki, P₂O₅; SrO çok yüksek pozitif ilişki, SrO; LOI,C,S yüksek pozitif ilişki, BaO; S yüksek negatif ilişki, LOI; C çok yüksek pozitif ilişki ve S yüksek pozitif ilişki göstermektedir.

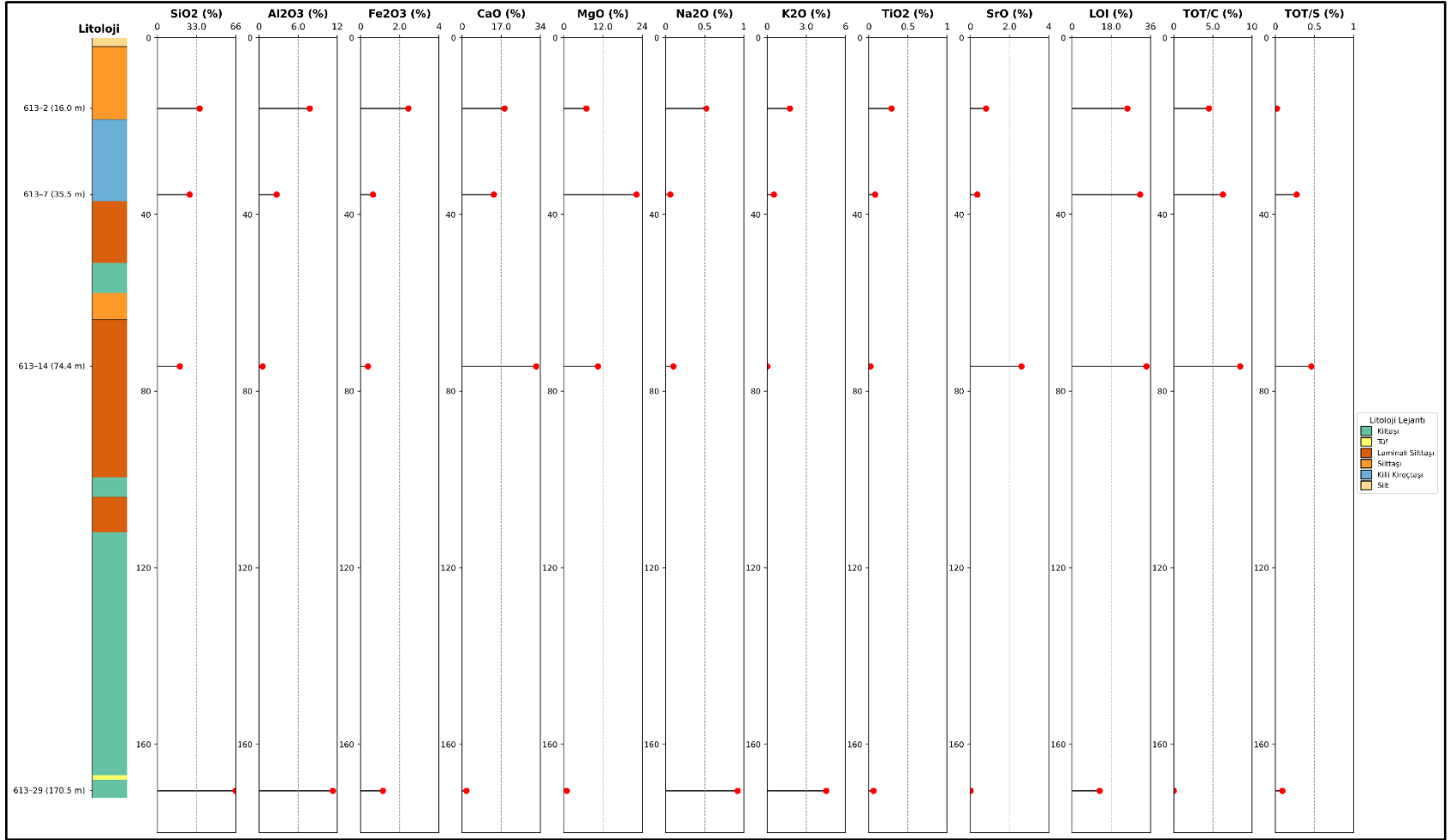
İskele Üyesi'ne ait iz elementlerin birbiri ile olan ilişkileri incelendiğinde, Ba; Cs, V, Co, Cu, Ho, Ni, Sc çok yüksek pozitif ilişki ve Eu, Ge, Sr yüksek pozitif ilişki ve Sn, Re, Se çok yüksek negatif ilişki, Ce; Dy, Er, Gd, Hf, La, Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Sn, Sr, Th, Tm, Ga, V, W, Y, Zr, Bi, In, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Lu, Ta, Tb, U, Yb, Pb, Sc yüksek pozitif ilişki ve Re, Sb, Li, Mo çok yüksek negatif ilişki, Cs; Eu, V, Sc, Co, Cu, Ni çok yüksek pozitif ilişki ve Ge, Sr, Zr yüksek pozitif ilişki ve Sn, Re, Se çok yüksek negatif ilişki, Dy; Er, Ga, Gd, Hf, Ho, Lu, Nb, Nd, Pr, Rb, Pb, Sm, Sn, Ta, Tb, Th, Tm, W, V, U, Y, Yb, Bi, In çok yüksek pozitif ilişki ve La, Zr, Zn yüksek pozitif ilişki ve Re, Mo çok yüksek negatif ilişki, Er; Ga, Gd, Hf, Ho, Lu, Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Sn, Ta, Tb, Tm, U, V, W, Y, Yb, Bi, In, Pb çok yüksek pozitif ilişki ve La, Zr, Zn yüksek pozitif ilişki ve Re, Mo çok yüksek negatif ilişki, Eu; Ge, V çok yüksek pozitif ilişki ve La, Sr, Zr, Co, Cu, Sc, Zn yüksek pozitif ilişki ve Sn, Sb, Mo çok yüksek negatif ilişki, Ga; Gd, Hf, Ho, Pr, La, Nb, Nd, Rb, Sm, Sn, Tb, Th, Tm, Y, V, W, Yb, Zr, Bi, In, Pb, Zn çok yüksek pozitif ilişki Lu, Ta, U yüksek pozitif ilişki, Re, Mo çok yüksek negatif ilişki, Gd; Hf, Ho, Lu, Nb, Pr, Rb, Sn, Sm, Tb, Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Bi, In, Pb, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Zr, Zn yüksek pozitif ilişki ve Re, Mo çok yüksek negatif ilişki, Ge; Sr, V, Cu çok yüksek pozitif ilişki Ho, Sn çok yüksek negatif ilişki ve Tl yüksek negatif ilişki, Hf; Ho, Lu, Nd, Nb, Pr, Rb, Sn, Sm, Th, Tm, V, W, Y, Zr, Bi, In, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Lu, Ta, Tb, U, Yb, Pb yüksek pozitif ilişki ve Re, Sb, Li, Mo çok yüksek negatif ilişki,

Ho; Lu, Nd, Nb, Pr, Rb, Sm, Sn, Ta, Tb, Th, Tm, Bi, U, V, W, Y, Yb, In, Pb çok yüksek pozitif ilişki ve La, Zn yüksek pozitif ilişki ve Re, Mo çok yüksek negatif ilişki ve Li, Sb, Se yüksek negatif ilişki, La; Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Sn, V, W, Y, Zr, Bi, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Tb, Th, Tm, U, Yb, Pb, Sc yüksek pozitif ilişki ve Re, Sb, Mo çok yüksek negatif ilişki, Lu; Nb, Sm, Sn, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, Y, Yb, Bi, Tl, Pb çok yüksek pozitif ilişki ve Nd, Pr, Rb, W, In yüksek pozitif ilişki ve Re, Sr, Li çok yüksek negatif ilişki, Nb; Nd, Pr, Rb, Sm, Sn, Tb, Th, Tm, V, U, Y, W, Yb, Bi, In, Pb, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Ta, Zr yüksek pozitif ilişki ve Re, Mo çok yüksek negatif ilişki ve Se yüksek negatif ilişki, Nd; Pr, Rb, Sm, Sn, Tb, Th, Tm, V, W, Y, Yb, Zr, Bi, In, Pb, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Ta, U yüksek pozitif ilişki ve Re, Sb, Li, Mo çok yüksek negatif ilişki, Pr; Rb, Sm, Sn, Th, Tm, W, V, Y, Zr, Bi, In, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Tb, Yb, Pb yüksek pozitif ilişki ve Re, Sb, Li, Mo çok yüksek negatif ilişki, Rb; Sm, Sn, Tb, Th, Tm, V, W, Y, Yb, Zr, Bi, In, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Re, Li, Mo çok yüksek negatif ilişki ve U, Ta yüksek pozitif ilişki, Sm; Sn, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Bi, In, Pb çok yüksek pozitif ilişki ve Zr, Zn yüksek pozitif ilişki ve Sb, Se yüksek negatif ilişki, Sr; V, Re, Te, Cu, Ni çok yüksek pozitif ilişki ve Ta, U, Yb, Tl yüksek negatif ilişki, Ta; Tb, Th, Tm, U, Y, Yb, Pb çok yüksek pozitif ilişki ve Re, Te çok yüksek negatif ilişki ve W, Bi, In yüksek pozitif ilişki, Tb; Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Bi, In çok yüksek pozitif ilişki ve Re, Mo çok yüksek negatif ilişki ve Li, Se yüksek negatif ilişki, Th; Tm, U, V, W, Y, Yb, Bi, In, Pb çok yüksek pozitif ilişki ve Re, Mo çok yüksek negatif ilişki, Tm; U, V, W, Yb, Y, Bi, In, Pb çok yüksek pozitif ilişki ve Zr, Zn ve yüksek pozitif ilişki ve Re, Mo çok yüksek negatif ilişki, U; V, Y, Yb, Mo, Pb çok yüksek pozitif ilişki ve In, Bi, W yüksek pozitif ilişki ve Se, Re çok yüksek negatif ilişki, V; Y, W, Yb, In, Sc, Zn, Co, Cu, Pb, Ni çok yüksek pozitif ilişki ve Sb, Se, Mo çok yüksek negatif ilişki, W; Y, Yb, Zr, Bi, In, Pb, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Re, Sb, Mo çok yüksek negatif ilişki, Y; Yb, Bi, In, Pb çok yüksek pozitif ilişki ve Re, Li, Mo çok yüksek negatif ilişki, Yb; Bi, In, Pb çok yüksek pozitif ilişki ve Re, Mo çok yüksek negatif ilişki, Zr; Sc, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Re, Mo çok yüksek negatif ilişki ve Se, Li yüksek negatif ilişki, As; Se yüksek pozitif ilişki ve In, Te yüksek negatif ilişki, Bi; In, Pb, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Re, Li, Mo çok yüksek negatif ilişki, Hg; Te, Sc, Mo çok yüksek pozitif ilişki, In; Pb, Zn çok yüksek pozitif ilişki ve Se, Li çok yüksek negatif ilişki, Re; Sb çok yüksek pozitif ilişki ve Cu, Li yüksek pozitif ilişki, Sb; Sc, Zn çok yüksek negatif ilişki ve Co yüksek negatif ilişki ve Se, Li

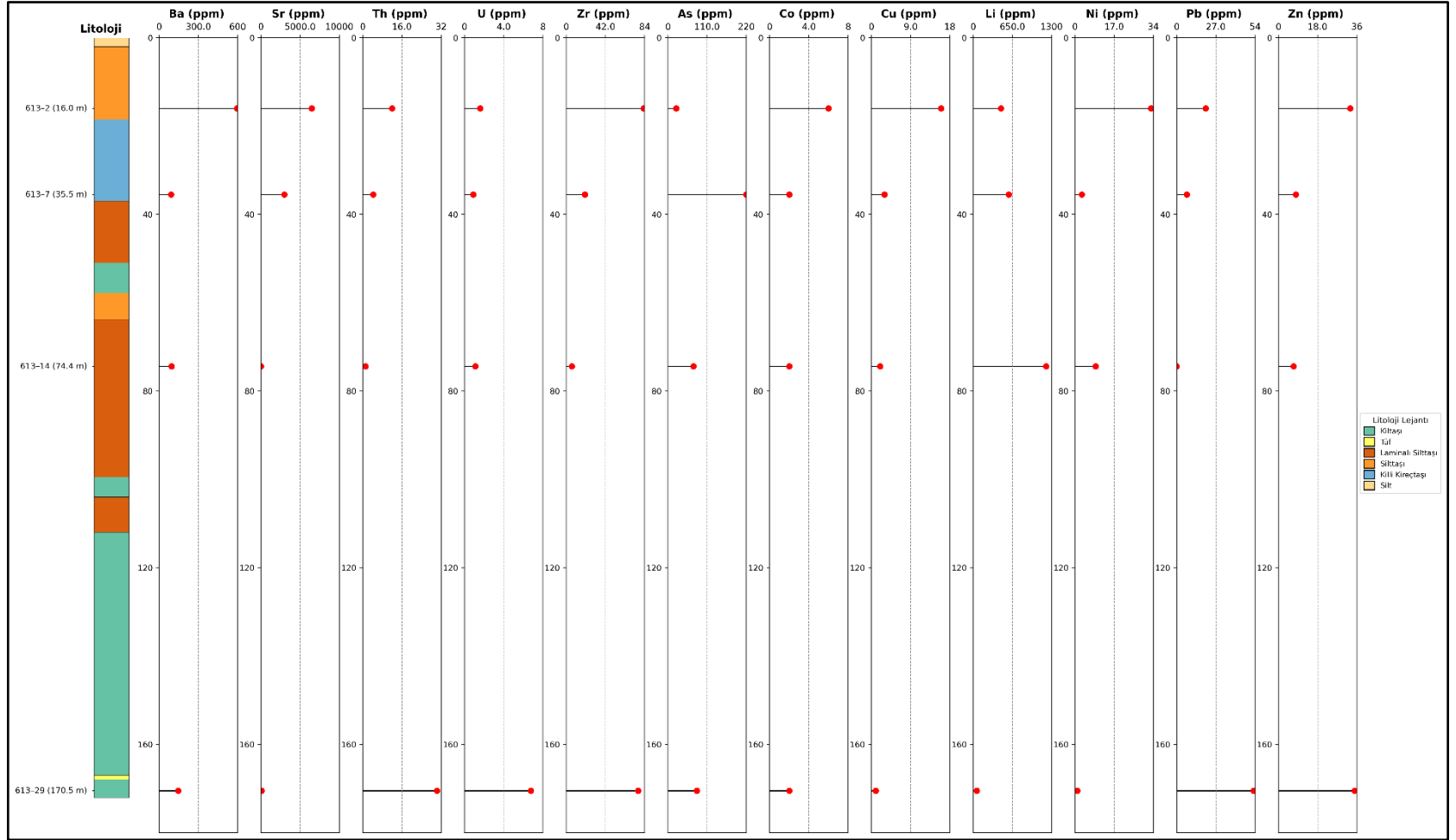
yüksek pozitif ilişki, Se; Co, Cu, Ho, Ni, Pb, Sc, Zn çok yüksek negatif ilişki, Te; Ho, Pb, S çok yüksek pozitif ilişki, Tl; Pb, Mo çok yüksek pozitif ilişki, Co; Cu, Ni çok yüksek pozitif ilişki, Cu; Ni çok yüksek pozitif ilişki ve Sc yüksek pozitif ilişki, Li; Mo çok yüksek pozitif ilişki ve Pb çok yüksek negatif ilişki ve Zn yüksek negatif ilişki, Ni; Sc yüksek pozitif ilişki, Pb; Zn yüksek pozitif ilişki, Sc; Zn yüksek pozitif ilişki göstermektedir.

Major elementlerin (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , SrO , LOI , TOT/C ve TOT/S) dikey dağılımları incelenmiştir (Şekil 6.16). İz elementler kapsamında Ba, Sr, Th, U, Zr, As, Co, Cu, Li, Ni Pb ve Zn değerlerinin dikey dağılımları incelenmiştir (Şekil 6.17). Diğer üyelerdeki gibi karbonatlı seviyelerde CaO , TOT/C ve LOI değerleri yüksektir. Zeolitli ve killi seviyelerde ise SiO_2 , Al_2O_3 ve K_2O değerleri yüksektir.

Simektit içeren 613 – 9 (CF) numaralı örneğin kil fraksiyonunun major ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu örneğin yapısal formülü hesaplanmış ve Hektorit olarak adlandırılmıştır (Çizelge 6.15). Kil fraksiyonu örnekleri kapsamında, major elementlerin (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , SrO , LOI , TOT/C ve TOT/S) dikey dağılımları incelenmiştir (Şekil 6.18). İz elementler kapsamında Ba, Sr, Th, U, Zr, As, Co, Cu, Li, Ni Pb ve Zn elementlerin dikey dağılımları incelenmiştir (Şekil 6.19). Simektit içeren 613 – 9 (CF) numaralı örneğin kil fraksiyonunun MgO (%21.4) ve Li içeriği (1880 ppm) olduğu görülmektedir ve bu durum Mg-Li birlikteliğini ortaya koymaktadır.



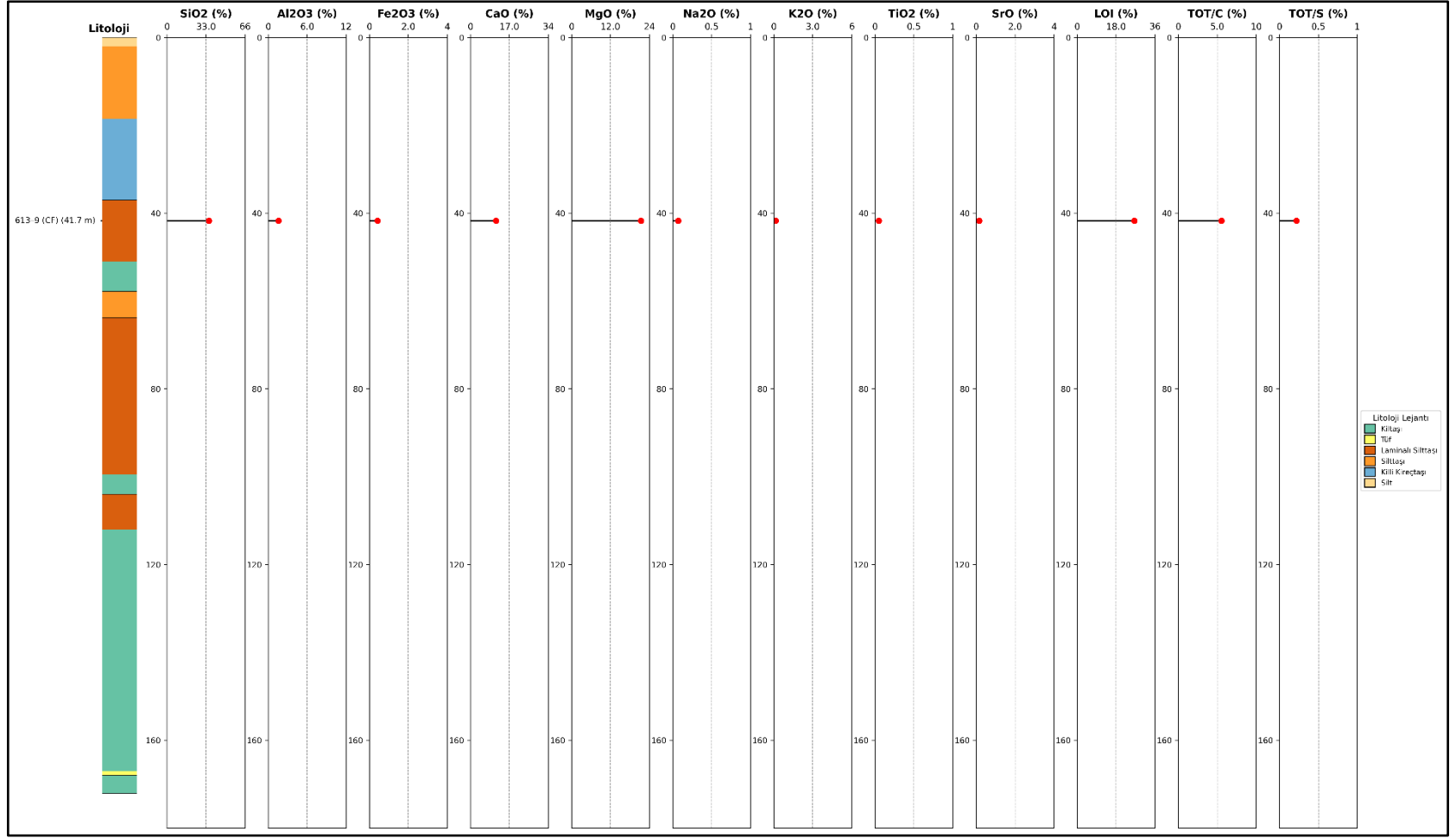
Şekil 6. 16. Bigadiç Formasyonuna ait İskele Üyesi'nden alınan 20BM – 613 sondajına ait örneklerin major element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.



Şekil 6. 17. Bigadiç Formasyonuna ait İskele Üyesi'nden alınan 20BM-613 sondajına ait örneklerin iz element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.

Çizelge 6. 15. İskele Üyesi'ne ait trioktaedrik simektit (Hektorit) örneğinin kimyasal bileşimleri (wt%) ve yapısal formülleri.

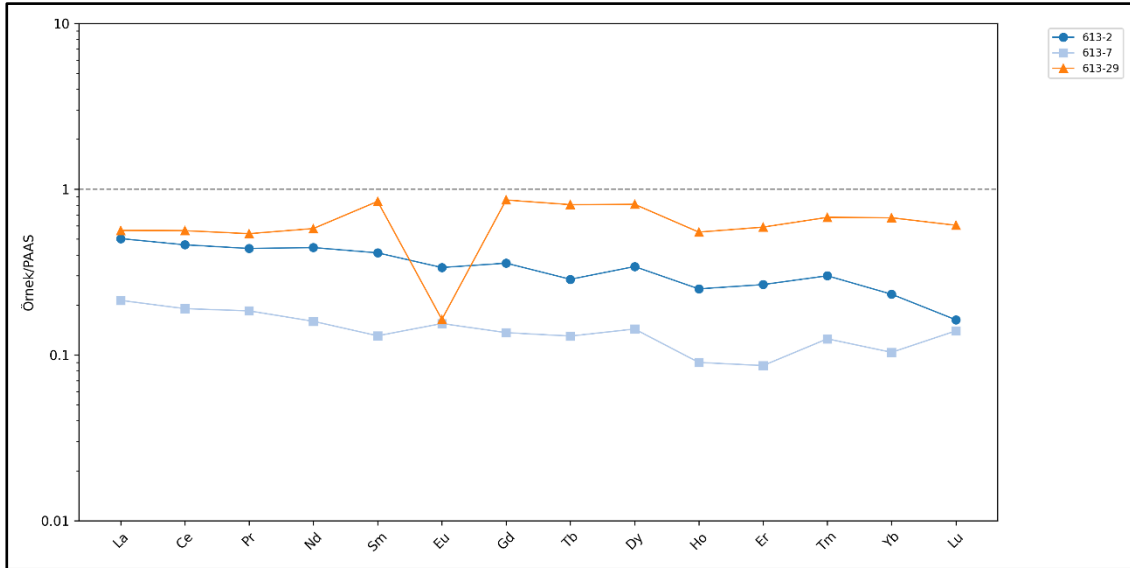
Major oksit (wt%)	619 – 9 (CF)
SiO ₂	35.4
Al ₂ O ₃	1.59
Fe ₂ O ₃	0.42
CaO	11.2
MgO	21.4
Na ₂ O	0.07
K ₂ O	0.15
TiO ₂	0.05
MnO	0.02
Li ₂ O	0.40
Tetrahedral	
Si	3.272
Al	0.173
Fe	0.029
Ti	0.002
Mn	0.002
Σ	3.478
Oktahedral	
Mg	2.948
Li	0.150
Σ	3.099
Tabakalar arası	
Ca	1.109
Na	0.013
K	0.018
Σ	1.139



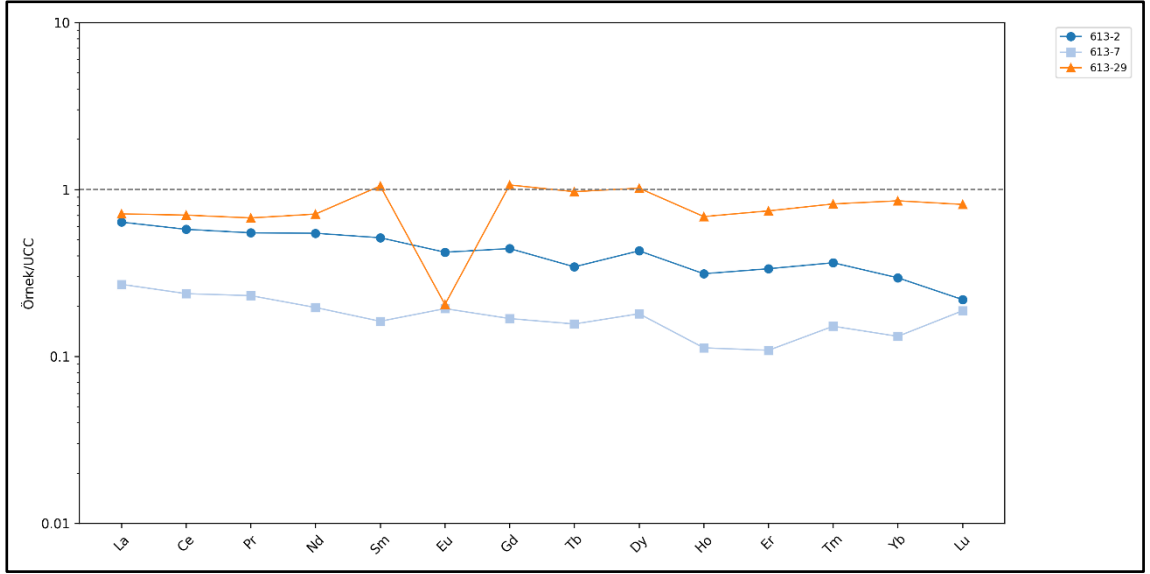
Şekil 6. 18. Bigadiç Formasyonuna ait İskele Üyesi'nden alınan 20BM-613 sondajına ait kil fraksiyonu örneklerinin major element analiz sonuçlarının dikey dağılımı.

İskele Üyesi'ne ait örneklerinin, PAAS'a göre normalize edilmiş (Taylor ve McLennan, 1985) REE diyagramı Şekil 6.20'de verilmiştir. Bu diyagram incelendiğinde, Tüm örnekler PAAS' göre fakirleştiği (Normalize değer <1). 613 – 29 numaralı örnekte Eu elementinde negatif anomali gözlenmektedir.

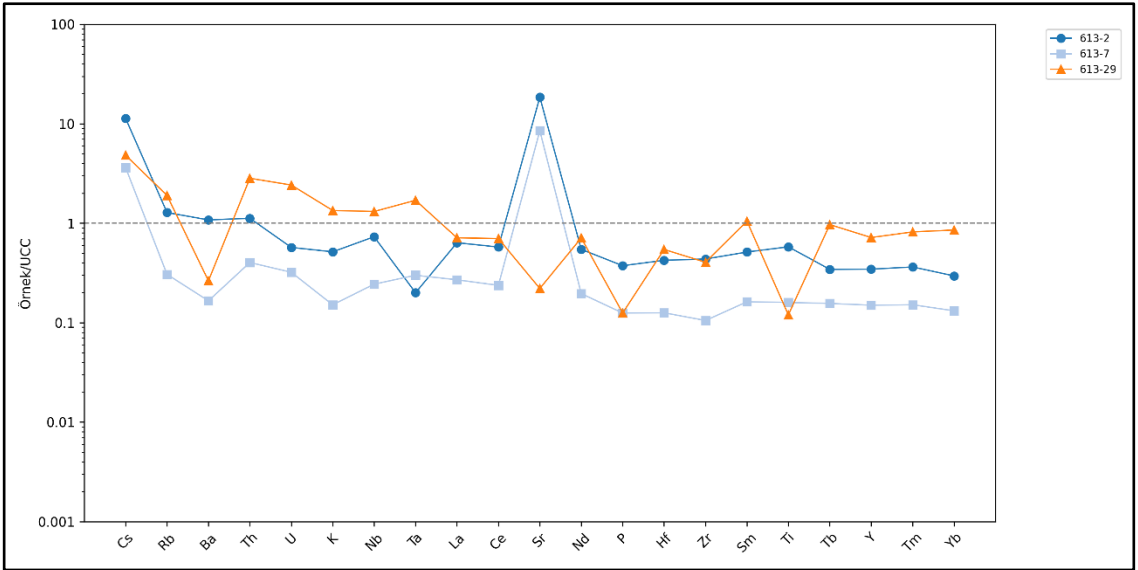
Üst Kıtasal Kabağa göre normalize edilmiş (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995; McLennan, 2001) REE ve çoklu element diyagramı Şekil 6.21 ve Şekil 6.22'de verilmiştir. Bu diyagramlar incelendiğinde, REE açısından tüm örnekler UCC değerlerine göre fakirleştiği (Normalize değer <1) gözlenmektedir. Grafikteki çoğu örnekte Cs elementini 1'in oldukça üzerinde değerler aldığı, yani belirgin bir şekilde zenginleştiği görülmektedir. Sr hem pozitif hem negatif anomali göstermektedir. Sr+2 kimyasal olarak Ca+2 ile benzer davranışlar sergilemekte ve Ca+2 yer değiştirmektedir. Özellikle Ca açısından zengin minerallerin (plajiyoklaz, jips, kalsit, dolomit) varlığı veya oluşumu, Sr elementinin bu minerallere dahil olmasını sağlayarak pozitif bir anomaliye neden olabilmektedir.



Şekil 6. 20. İskele Üyesi'ne ait örneklerin PAAS göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985).



Şekil 6. 21. İskele Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş REE diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995 ve McLennan, 2001).



Şekil 6. 22. İskele Üyesi'ne ait örneklerin Üst Kıtasal Kabuğa göre normalize edilmiş çoklu element diyagramı (Taylor ve McLennan, 1985; Taylor ve McLennan, 1995 ve McLennan, 2001).

6.2. Bor İzotopu Analiz Sonuçları

Bor izotop analizler kapsamında, Borat minerallerinin oluşumu sırasındaki bor izotop fraksiyonlanması, havza açısından önemli jeokimyasal bilgiler taşımaktadır. Bor izotop fraksiyonlanması sıcaklık, pH ve basınç faktörlerine bağlıdır. Bor İzotopları (^{10}B , ^{11}B) ve bor izotop oranları ($\delta^{11}\text{B}$), boratların kaynağını, oluşum sıcaklığını ve pH'ını belirlemede önemlidir. Bu nedenle bor izotopları, borat yataklarının kökenini araştırmada yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tez çalışması kapsamında, borat minerallerinin oluşumunu, belirlemek amacıyla 5 örnek üzerinde 4 farklı borat minerali (kolemanit, üleksit, probertit ve havlit) için bor izotop analizi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 6.1).

Çizelge 6. 16. Tez çalışması kapsamında analizi yapılan borat mineralleri ve $\delta^{11}\text{B}$ (‰) değerleri.

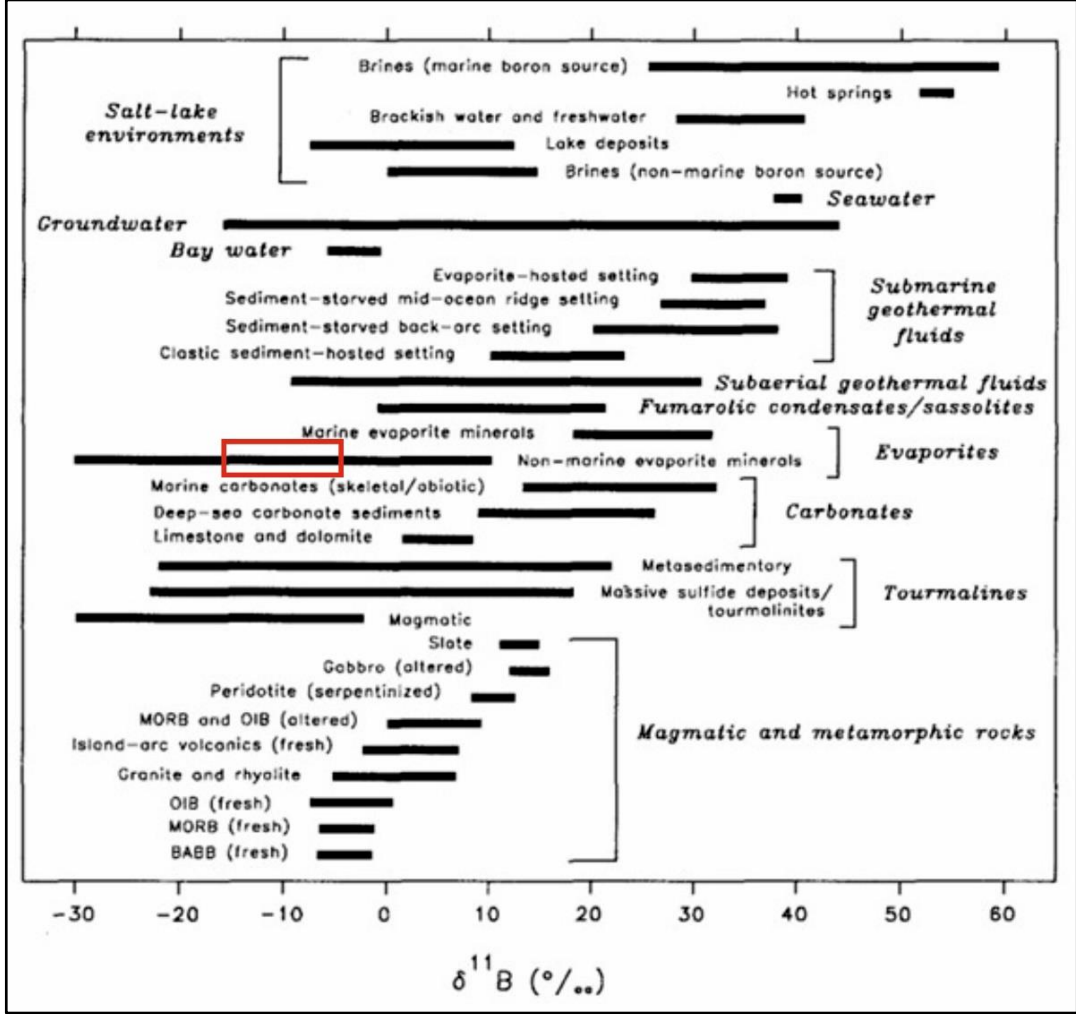
Örnek No	Mineral	$\delta^{11}\text{B}$ (‰)
619-57	Havlit	-14.7
619-57 (2nd run)	Havlit	-15.1
632-43	Kolemanit	-9.1
632-61	Probertit	-4.0
644-54A	Üleksit	-4.3
632-74A	Üleksit	-4.9

6.2.1. Borat Minerallerinin Kökeni

Öncelikle oluşma ortamını belirlemek için Barth (1993) çalışmasındaki bazı jeolojik olarak önemli akışkan ve katı malzemelerdeki bor izotopu varyasyonlarını veren şekilden yararlanılmıştır (Şekil 6.1). Değerler Şekil 6.1 'e yerleştirildiğinde Denizel olmayan evaporit minerallerine karşılık gelmektedir.

Denizel olmayan evaporitlerin içinde borat yatakları önemli bir yer kaplamaktadır. Endüstriyel bor kaynağı açısından Dünyadaki en büyük yatakların başında Türkiye gelmektedir. Denizel olmayan evaporit çalışmaları kapsamında daha önce birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Swihart ve ark., 1986; Oi ve ark., 1989; Vengosh ve ark., 1992; Barth 1993; Palmer ve Helvacı, 1995; Palmer ve Helvacı,

1997). Palmer ve Helvacı (1997) çalışması kapsamında Türkiye'deki borat yataklarından alınan 80 adet borat minerali örneğinin bor izotop bileşimi -1.6 ile -25.3% arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, bu tez çalışmasından elde edilen analiz sonuçlarıyla benzer olduğu görülmektedir.



Şekil 6. 23. Bazı jeolojik olarak önemli akışkan ve katı malzemelerdeki bor izotop varyasyonları (Barth,1993). (Denizel olmayan evaporit mineralleri: non-marine evaporite minerals).

6.2.1. Borat Minerallerinin Basit Atomik Konfigürasyonu ve $\delta^{11}\text{B}$ (‰) Değerleriyle İlişkisi

Tez çalışmasında incelenen örneklerin bor izotop analizi sonuçlarına göre, verilerin ilgili diyagramda konumlandırılmasıyla denizel olmayan bir çökeltme ortamının varlığı belirlenmiştir. Denizel olmayan borat minerallerinin bor izotop

fraksiyonlanmasının anlaşılmasıyla ilgili çalışmalar yapılmıştır (Swihart ve ark., 1986; Oi ve ark.,1989; Vengosh ve ark., 1992; Palmer ve Helvacı, 1995; Palmer ve Helvacı, 1997).

Tez çalışması kapsamında bor izotop fraksiyonlanmasının sebebini anlamak ve bor izotopik bileşimi ile kristal yapısı arasındaki bağlantıyı anlayıp jeolojik kökenini ortaya koymak için için Oi ve ark. (1989) çalışması temel alınmıştır. Bu çalışma kapsamında elde edilen analiz sonuçları ve bu çalışmada incelenen borat minerallerinin yapısal formülleri ve temel bor atomik yapısı ise Çizelge 6.2'de yer almaktadır.

Çizelge 6. 17. Ayana Ovası'ndan alınan borat minerallerinin bor izotop oranı ($\delta^{11}\text{B}$), yapısal formülleri ve basit atomik konfigürasyonu.

Örnek No	Mineral	$\delta^{11}\text{B}$ (‰)	Yapısal Formül	Basit atomik konfigürasyonu
619-57	Havlit	-14.7	$\text{Ca}_2\text{B}_5\text{SiO}_9(\text{OH})_5$	BO_3+6BO_4
619-57 (2nd run)	Havlit	-15.1		
632-43	Kolemanit	-9.1	$\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3.\text{H}_2\text{O}$	BO_3+2BO_4
632-61	Probertit	-4.0	$\text{NaCaB}_5\text{O}_7(\text{OH})_4.3\text{H}_2\text{O}$	$2\text{BO}_3+3\text{BO}_4$
644-54A	Üleksit	-4.3	$\text{NaCaB}_5\text{O}_6(\text{OH})_6.5\text{H}_2\text{O}$	
632-74A	Üleksit	-4.9		

Oi ve ark. (1989) çalışması kapsamında, aynı jeolojik kökene sahip mineraller $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ değerleri arasında bir denge olduğu söylenmekte ve mineralin kristal yapısı ile $\delta^{11}\text{B}$ değeri arasında bir korelasyon olduğunu ileri sürmüştür. Yani eğer iki bor minerali dengede ise veya ortak bir çözültiden oluşmuşsa $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ değerleri arasında da bir uyum mevcuttur. Daha yüksek BO_3/BO_4 oranlarına sahip minerallerin daha yüksek $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ oranlarına sahip olduğu söylenmiştir. Bu minerallerin $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ değerlerinin azalması ile sırasıyla boraks, tinkal, kernit (Na boratlar) → üleksit (Na/Ca borat) → kolemanit, inyoit, meyerhofferit (Ca boratlar) olduğu ileri sürülmüş olup, bu durum minerallerin arasındaki kristal yapı farkına göre açıklamıştır. Bu duruma ek olarak, boraks, tinkal ve kernit arasında ve kolemanit, inyoit ve meyerhofferit arasında $\delta^{11}\text{B}$ 'de çok az fark olmalıdır çünkü her gruptaki tüm üyelerde ortak olan poliborat anyonlarında temel atomik yapı aynıdır.

Türkiye'deki borat yatakları incelediğinde, havlit mineralinin eşzamanlı kil ve volkanik küllerin alterasyonundan salınan Si tarafından kolemanitin alterasyonu ile oluştuğu ileri sürülmüştür (Helvacı, 1989; Helvacı ve Alaca, 1991). Palmer ve Helvacı (1997) çalışmasında, Bigadiç'ten alınan tek bir havlit minerali örneğinin, havzadaki kolemanit mineralinin $\delta^{11}\text{B}$ değerleri aralığında olan -13.6‰ değerine sahip olduğu, bu da alterasyon sırasında borun büyük ölçüde korunduğunu düşündürmektedir. Havlit minerali $(\text{Ca}_2\text{B}_5\text{SiO}_9(\text{OH})_5)$, borun $[\text{Si}_2\text{B}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_6 \cdot \text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_2]$ polianyonu içinde bulunduğu karmaşık bir atomik yapıya sahiptir (Griffen, 1988). Bu nedenle havlit içindeki borun temel atomik yapısı $\text{BO}_3 + 6\text{BO}_4$ 'tür. Bu durum BO_3/BO_4 oranının çok düşük olduğunu göstermektedir.

Tez çalışmasında saptanan veriler göre $\delta^{11}\text{B}$ azalması sırasının üleksit ($\delta^{11}\text{B}$: -4.3‰ ve -4.9‰) ve probertit ($\delta^{11}\text{B}$: -4.0‰) → kolemanit ($\delta^{11}\text{B}$: -9.1‰) şeklinde olması jeolojik kökeninin aynı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Havlit minerali ($\delta^{11}\text{B}$: -15.1 ve $\delta^{11}\text{B}$: -14.7‰) ise kolemanit mineralinden itibaren oluştuğu söylenebilir. Bu değerler kapsamında aynı çökeltme ortamından çökelmiş olduklarını gösterdiği şeklinde yorumlanabilir.

7. TARTIŞMA

7.1. Neoformasyon Minerallerinin Oluşumu ile Dikey ve Yanal Dağılımları

Ayana Ovası'nda yapılan sondajlardan alınan, Bigadiç formasyonunun Değirmenli Tüf, Uzun Tepe, Emirler Tüf ve İskele Üyesine ait örnekler üzerinde gerçekleştirilen mineralojik-petrografik incelemeler ve jeokimyasal analiz sonuçları önceki bölümlerde incelenmiştir. Bu kısımda ise havzanın paleocoğrafik evrimi sürecindeki fizikokimyasal koşulları aydınlatmak amacıyla neoformasyon minerallerinin (zeolit, borat, kil, karbonat ve sülfat) dikey ve yanal (üye ölçeğinde) dağılımları ele alınmıştır. Bunlardan dikey dağılım, formasyon; yanal dağılım ise üye mertebesinde incelenmiştir. Bu amaçla zeolit, borat ve karbonat grubu mineraller arasındaki parajenezler belirlenmiştir.

7.1.1. Zeolit Mineralleri

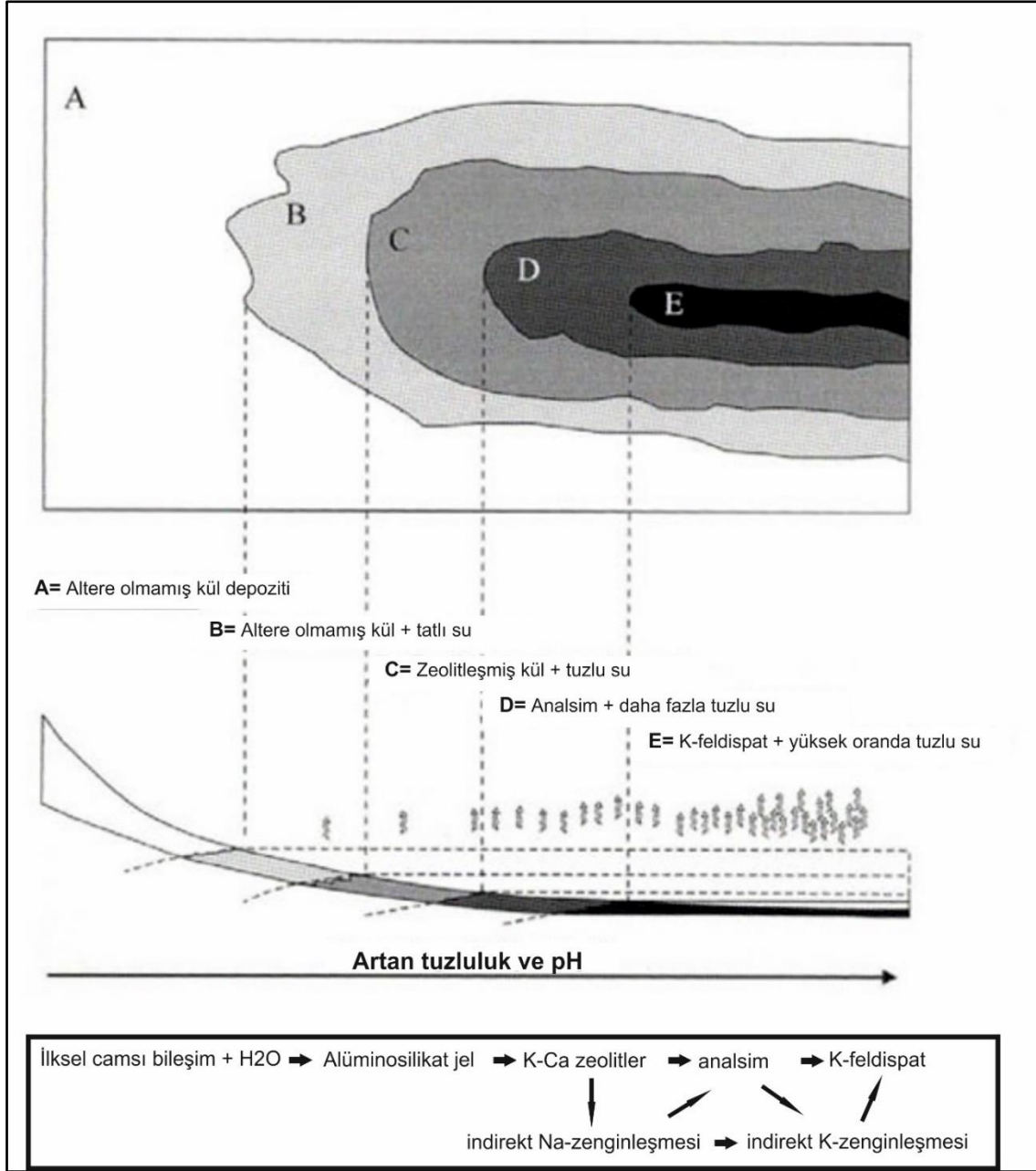
Volkanik faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde gelişen tuzlu alkali göller, zeolit yataklarının oluşumu için elverişli jeolojik ortamlar sunmaktadır (Hay, 1966, Sheppard ve Gude, 1968, 1969, 1973; Ataman, 1977a, 1977b; Gündoğdu, 1982, 1984; Baysal ve ark., 1986b; Hay, 1986; Temel 1987; Gündoğdu ve ark., 1996). Zeolit oluşumlarının başlıca jeolojik ortamları; (1) tuzlu ve alkalın göller, (2) tuzlu ve alkalın topraklar, (3) derin deniz çökelleri, (4) düşük sıcaklıklı açık hidrolojik sistemler, (5) gömülme diyajenezi ve (6) hidrotermal-jeotermal sistemler olmak üzere altı ana başlık altında incelenmektedir.

Zeolitlerin en büyük kaynağı volkanik camdır. Volkanik camın zeolitlere dönüşümü, zeolitleri oluşturmak için çözünme ve çökelme reaksiyonları yoluyla gerçekleşmekte olup, bu dönüşüm sürecinde jel formunda bir ara fazın oluşumu söylenmektedir (Hay ve Sheppard, 2001). Volkanik camın bozunma hızı tuzluluk, pH ve tane boyuna bağlıdır (Ataman 1977a, 1977b; Gündoğdu, 1982; Temel, 1987; Gündoğdu ve ark., 1996) ve bu parametrelerin değişimi, zeolitlerde mineralojik zonlanmaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Gündoğdu, 1982; Temel, 1987; Gündoğdu ve ark., 1996).

Türkiye'nin Kuzeybatı Anadolu Bölgesi, riolitik bileşimli ve potasyumca zengin geniş alanlar kaplayan piroklastik kayalara ev sahipliği yapmaktadır. Bu piroklastik kayalar, gösel ortamlarda kimyasal bozunmaya uğrayarak zeolit minerallerine (klinoptilolit ve analsim), ayrıca simektit grubu (montmorillonit, baydelit ve hektorit) kil minerallerine dönüştüğü söylenmiştir. Mineralojik dönüşüm sırasında volkanik malzemede yer alan K ve Na iyonlarının yapıdan uzaklaştığı ve gözenek suyunda yer alan Ca iyonu ise yapıya alındığı söylenmektedir (Gündoğdu ve ark., 1996).

Temel (1987) çalışmasında bu oluşumlarda gözlemlenen en belirgin özelliklerden biri, yanal yönde gelişen mineralojik zonlanma olduğunu ileri sürmüştür. Göl kıyısından merkeze doğru artan alkalinite, pH ve tuzluluk; volkanik cam → klinoptilolite → analsim → K-feldispat şeklinde karakteristik mineralojik dizilimin varlığını gösterdiğini belirtmiştir.

Langella ve ark. (2001) çalışmasında zeolitler Vitrik tufün yerini alarak neredeyse saf otijenik mineral tabakaları halinde bulunduğu söylenmiştir. Bu ortamlarda meydana gelen zeolitler düşük sıcaklık kaynaklıdır. Kurak-yarı kurak bölgelerde, buharlaşma yüksek olduğu için su girişi dengelemez. Bu durum pH ve tuzluluk artışına neden olmaktadır. Havzanın suyla dolu bölümünün buharlaşması ve hacimsel olarak daralması, suların konsantrik bir şekilde zonlanmasına neden olduğu ileri sürülmüştür. Bu durum, havza çevresinden merkeze doğru tuzluluk ve pH değerlerinde kademeli bir artışla sonuçlanmaktadır (Şekil 7.1.).



Şekil 7. 1. Tuzlu, alkalin playa-göl ortamında otijenik mineral zonlarının dağılımı (Langella ve ark. (2001)'den alınmıştır).

Tez çalışması kapsamındaki Ayana Ovası'nda, Bigadiç formasyonu üyeleri alansal dağılımı incelendiği zaman Değirmenli Tüf Üyesi kapsamında, Ayana Ovasında yer alan 20BM-632 ve 20BM-613 numaralı sondajlarda klinoptilolit gözlenmiştir. 20BM-619 numaralı sondajdan ise klinoptilolit mineraline rastlanılmamıştır.

Uzun Tepe üyesinde zeolit minerallerinin alansal dağılımına bakıldığında ise, analsim minerali sadece bu üyede gözlenmiştir. Bu durumu değerlendirecek olursak analsim minerallerinin gözlendiği sondajların (20BM-619 ve 20BM-644) bulunduğu alan, tuzluluk, alkalinite ve pH yüksek olduğu Ayana Ovasının merkezi kesimi olduğu ileri sürülebilir. Uzun Tepe üyesine ait sondajlar sondaj bazında dikey olarak incelendiğinde, analsim mineralinin 20BM-619 sondajında en alt kesimde yer alması üst kesimlere doğru yerini klinoptilolite bırakması tuzluluğun zamanla azaldığı, bir başka ifade ile beslenme/evaporasyon oranının arttığını ortaya koymaktadır. 20BM-644 sondajında alt kesimlerde klinoptilolit orta kesimlerinde analsim, üst kesimlerinde tekrar klinoptilolitin gözlenmesi PH ve tuzluluğun değiştiğini ortaya koymaktadır. Alt kesimde klinoptilolit mineraline nadir olarak gözlenirken, üst kesimlere doğru klinoptilolit minerali artmaktadır. 20BM-632 ve 20BM-644 sondajlarında opal-CT+ klinoptilolit parajenezi gözlenmektedir.

Uzun Tepe Üyesi'nde 644-26 numaralı örnekte yapılan SEM-EDS çalışması sonucunda klinoptilolit + K-feldispat birlikteliği gözlenmiştir. Emirler Tüf Üyesi'nde 619-5 numaralı örnekte yapılan SEM-EDS çalışması sonucunda Klinoptilolit + K-feldispat birlikteliği gözlenmiştir. Temel (1987) çalışmasında K-feldispat+ klinoptilolit birlikteliği gözlemlemiş ve bu durum için birçok çalışmada desteklenen K-feldispat mineralinin her zaman analsim mineralinden sonra oluşacağı görüşünü zayıflatmıştır. Bu çalışmada yapılan analizlerin sonuçları da bu durumu doğrulamaktadır.

Uzun Tepe üyesinde gözlenen klinoptilolit mineralinin egemen oluşu ve analsim mineraliyle birlikte gözlemlenmemesi analsim mineralinin, ilksel volkanik malzemedan doğrudan oluşumunun aksine, klinoptilolitten itibaren oluşmuş olabileceğini yorumu yapılabilmektedir.

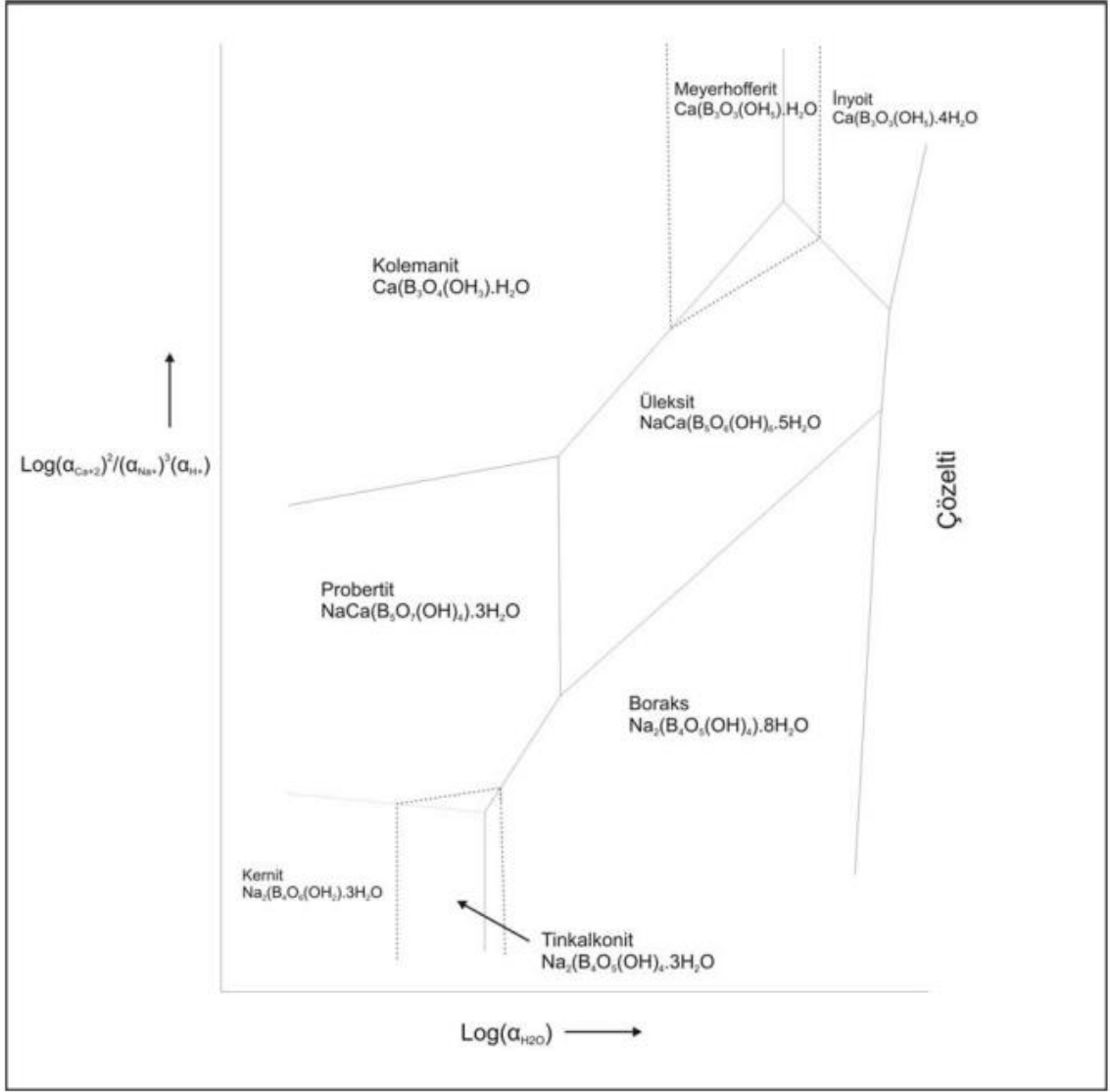
7.1.2. Borat Mineralleri

Borat mineralleri, B₂O₃, CaO, Na₂O, MgO, SrO bileşenleri ile uygun pH ve sıcaklık koşullarına ulaşmış çözeltilerden kapalı tuzlu göllerde çökerek borat yataklarını oluşturma (Christ ve ark., 1967; İnan, 1975; Özpeker ve İnan, 1978) ve borat

yataklarının oluşumunun volkanizmayla ilişkili olduğu söylenmektedir (Özpeker 1969; Ataman ve Baysal, 1978; Özpeker ve İnan, 1978; Gündoğdu, 1982; Gündoğdu, 1984; Temel 1987; Gündoğdu ve ark., 1996).

Bigadiç formasyonuna ait Uzun Tepe ve İskele Üyelerinde saptanan borat oluşumları incelendiğinde, Değirmenli Tüf ve Emirler Tüf Üyesi'ndeki tüfleri meydana getiren volkanizmanın hidrotermal getirimleri ile ve/veya piroklastik malzemenin hidrolizi ile ilişkili olduğu söylenmektedir (Özpeker, 1969; Gündoğdu, 1982; Temel 1987; Gündoğdu ve ark., 1996).

Borat yataklarının oluşumu ile piroklastik kayalar arasında yakın bir ilişki kurulmaktadır. Kabuksal malzeme ile kontaminasyona uğramış K bakımından zengin volkanik kayalar, B ve Li gibi elementlerin konsantrasyonları yüksektir (Morris ve ark., 1990; Leeman ve ark., 1994). Gölsel ortamda riyolitik bileşimde K açısından zengin kayaların kimyasal bozunmaya uğraması sonucu simektit ve kil türü minerallere dönüşmektedir. Mineralojik dönüşüm sırasında volkanik malzemede yer alan K ve Na iyonları yapıdan uzaklaşmakta ve gözenek suyunda mevcut olan Ca iyonu yapıya girmektedir. Bu duruma ek olarak gözenek çözeltilerinde K, Na ve Mg iyonlarıyla birlikte, B ve Li iyonları da zenginleşme göstermektedir (Gündoğdu ve ark., 1996). Piroklastik malzemenin sıkışması sırasında gözenek çözeltilerinde yer alan elementler, göl suyuna geçmektedir. Bu şekilde borat mineralleri gibi evaporitik minerallerin oluşumu için uygun ortam oluşmaktadır (Gündoğdu ve ark., 1996). Bazı borat minerallerinin denge diyagramı Şekil 7.2'de yer almaktadır.



Şekil 7. 2. Bazı borat minerallerinin $\text{Log} [\text{Ca}^{++}]^2 / [\text{Na}^+]^3 \cdot [\text{H}^+] - \text{Log} [\text{H}_2\text{O}]$ aktivite diyagramı (Christ ve ark., 1967).

Kolemanit mineralinin oluşumu ile ilgili farklı düşünceler mevcuttur. Özpeker (1969) çalışmasında borat minerallerinden kolemanit mineralinin inyoit veya üleksit mineralinden itibaren oluştuğunu ileri sürmüştür. Gündoğdu (1982) çalışmasında boratlı zonda jips ve anhidrit minerallerinin gözlenmesi nedeniyle kolemanit mineralinin inyoit mineralinin dehidratasyonu ile oluşabileceğini belirtmektedir. Kolemanit minerali Ca-borat serisindeki en çok gözlenen mineralidir. İnan (1975) ve Özpeker ve İnan (1978) çalışmasında kolemanitin yatağın gömülmesine gerek kalmadan yüzeysel koşullar altında inyoit mineralinden itibaren oluşabileceğini ileri sürmüştür. Christ (1960), inyoit ve meyerhofferit minerallerinin her ikisinin de aynı $[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_5]^{2-}$ borat polianyonunu

içermesi nedeniyle, İnyoit mineralinin meyerhofferit mineraline dönüşümü için dehidrasyon süreciyle gerçekleştiğini ileri sürmüştür. Kolemanit minerali ise, farklı olarak $[B_3O_4(OH)_3]_n^{2n-}$ polianyonlarına sahip olması nedeniyle inyoit ve meyerhofferit mineralinin kolemanit mineraline dönüşebilmesi için yapısal olarak yeniden düzenlemelerin gerekliliğini göstermektedir. Temel (1987) çalışmasında bazı kolemanit minerallerinin optik mikroskop incelemeleri ile belirlenen detritik kuvars kapanımlar içermesi ve karbonat boşluklarında otijenik olarak oluşan kuvars ve kolemanit minerali oluşumlarının gözlemlendiğini söylemektedir.

Havlit mineralinin kolemanit mineralinin alterasyonu ile oluştuğu yönünde düşünceler mevcuttur. Temel (1987) çalışmasında havlit mineralinin kolemanit minerali ile nodüler olarak gözlemlendiği söylenmiştir. Bu durumda havlit mineralinin diyajenetik olarak kolemanit mineralinden itibaren oluştuğu söylenmektedir. Helvacı ve Alaca (1991) çalışmasında Türkiye'deki borat yatakları incelediğinde havlit mineralinin eşzamanlı kil ve volkanik küllerin alterasyonundan salınan Si iyonu tarafından kolemanit mineralinin alterasyonu ile oluştuğunu söylemiştir. Bu dönüşüm $5CaB_3O_4(OH)_3 \cdot H_2O$ (kolemanit) + $3SiO_2$ + $CaO \rightarrow 3Ca_2SiB_5O_9(OH)_5$ (havlit) + $5H_2O$ reaksiyonunu şeklindedir.

Na-Ca serisi borat minerallerinden probertit ve üleksit mineralleri hakkında farklı görüşler mevcuttur. Üleksit mineralinin kimyasal çökeltme ile oluştuğu kabul görmektedir (Chris ve ark., 1967; Özpeker, 1969; Helvacı ve Firman, 1977). Probertit minerali Türkiye'deki bor yataklarında nadir olarak bulunmaktadır. En olası oluşum şekli, aynı temel atomik yapıyı paylaştığı üleksit mineralinin kısmi dehidrasyonu ile gerçekleşmesidir (Palmer ve Helvacı, 1997). Bu durumun aksine Yalçın ve Gündoğdu (1987) çalışmasında, Emet baseninde gözlenen Na-Ca borat minerallerinden Üleksit ($NaCaB_5O_6 \cdot 8H_2O$) kendi serisi içinde en yüksek su oranı içermesi sebebiyle kimyasal olarak çöktüğü kabul edilmektedir. Diğer Na-Ca borat minerallerinden Probertit mineralinin ($NaCaB_3O_5 \cdot 5H_2O$) üleksit mineralinden türemesi, yapılarındaki polianyonların farklı olması nedeniyle bu durumun doğru olmayacağı ileri sürülmüştür. $(B_3O_3(OH)_4)^{-3} \rightarrow (B_3O_6(OH)_4)^{-3} + H_2O$ reaksiyonunu gerektirdiği söylenmiştir. Çalışma alanındaki killi seviyelerde

birbirinden ayrılmış biçimde ve aralanmalı gözlenmesi, üleksit mineralinin probertit mineraline dönüşmediği şeklinde yorumlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında Ayana Ovası'nda borat mineralleri kapsamında kolemanit ($\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_6(\text{OH})_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), probertit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_7(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) ve havlit ($\text{Ca}_2\text{SiB}_5\text{O}_9(\text{OH})_5$) mineralleri saptanmıştır. Yukarıda oluşumları tartışılan borat minerallerini Ayana Ovası'nda sadece Uzun Tepe üyesinde gözlenmiştir.

Uzun Tepe Üyesinin sondaj bazında dikey dağılımı incelendiğinde 20 BM-613 sondajında istifin borat mineralleri içeren seviye de en alttan üste doğru, 666.90 m seviyesinde kolemanit minerali, 615.25 m seviyesinde kolemanit + probertit birlikteliği, 590.10 probertit, 585 – 552.60 kolemanit minerali saptanmış ve kolemanit → kolemanit + probertit → probertit → kolemanit minerali şeklinde gözlenmektedir.

20 BM-619 sondajında istifin borat mineralleri içeren seviye de en alttan üste doğru, 591.50 m seviyesinde havlit minerali, 590 m seviyesinde kolemanit + havlit birlikteliği, 589.50 kolemanit minerali, 584.40 m havlit minerali, 511 m havlit + kolemanit birlikteliği, 507.90 – 502 m arasında havlit minerali saptanmış ve havlit → kolemanit + havlit → kolemanit → havlit → kolemanit + havlit → havlit minerali şeklinde gözlenmektedir. Bu durumda havlit mineralinin diyajenetik olarak kolemanit mineralinden itibaren oluştuğu düşünülmektedir.

20BM-632 sondajında istifin borat mineralleri içeren seviye de en alttan üste doğru, 618.20 m kolemanit minerali; 417.80 m probertit minerali; 407.40 m üleksit minerali; 367.90 m kolemanit minerali; 351.60 m üleksit minerali; 327.50 m üleksit + probertit birlikteliği; 322.70 üleksit minerali; 313.50 m kolemanit minerali; 312.20 üleksit minerali; 307.60 kolemanit minerali; 307.60 m üleksit minerali; 304 m üleksit; 299 60 m kolemanit minerali; 296.05 m üleksit minerali; 291.30 m kolemanit + üleksit birlikteliği; 288. 90-265.50 m kolemanit minerali saptanmış ve kolemanit → probertit → üleksit → kolemanit → üleksit → üleksit + probertit →

üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit + üleksit → üleksit minerali şeklinde gözlenmektedir.

20BM-644 sondajında istifin borat mineralleri içeren seviye de en alttan üste doğru, 618.20 m kolemanit minerali; 367.80 m kolemanit minerali; 361 m probertit minerali; 355.40 m kolemanit minerali; 353.50 m üleksit minerali; 328.70 m kolemanit minerali saptanmış ve kolemanit → probertit → kolemanit → üleksit → kolemanit minerali şeklinde gözlenmektedir. Borat minerallerinin alansal dağılımı incelendiğinde, havlit mineralinin sadece 20 BM-619 numaralı sondajda gözlenmiştir.

7.1.3. Kil Mineralleri

Bigadiç Borat havzasında yer alan Ayana Ovası'nda yapılan analizler sonucunda simektit, kaolinit, illit, klorit ve serpantin mineralleri saptanmıştır.

İllit mineralleri, sedimanter kayalarda simektit mineralleriyle birlikte en yaygın görülen kil minerallerindendir. Ayrışmış kayalardaki illit mineralleri iki şekilde oluşmaktadır. Bunlar, benzer özelliklere sahip birincil kayaç oluşturan minerallerin (muskovit) dönüşümünden türeyen ikincil killer ve feldispattan sonra hidrotermal alterasyonun doğrudan ürünleri (serisit) olarak oluştuğu söylenebilmektedir. Bu durum feldispat kristalleri içinde kısmi çözünmelerden sonra illit mineralinin neoformasyonunu göstermektedir (Bétard ve ark., 2009). Ayana Ovası'ndaki örneklerde optik mikroskop çalışmalarında Emriler Tüf Üyesi'nde plajiyoklaz mineralinde serisitleşme gözlenmektedir. XRD-KF analizinde simektit, illit ve kaolinit saptanmıştır. Bu durumda, illit mineralinin feldispatların bozunmasıyla oluşmuş olabileceği yönünü desteklemektedir. Farklı seviyelerde detritik kökenli de olabilir.

Simektitler, fillosilikatlar veya tabaka silikatlar olarak tanımlanan mineraller sınıfında bir grup oluşturmaktadır. Fillosilikatlar veya tabaka silikatların diğer grupları arasında kaolin, mika, klorit, vermikülit, pirofillit ve talk bulunmaktadır. Fillosilikat yapısı tetrahedral ve oktahedral yapılardan oluşmaktadır. Kationların türüne bağlı olarak tabakaların düzenli olarak tekrarlandığı, tetrahedral-oktahedral (Kaolin gibi) veya tetrahedral-oktahedral-tetrahedral (simektit gibi) yapılar mevcuttur.

Trioktahedral Mg simektitlerin oktahedral tabaka yükü, genellikle tek değerlikli Li^+ iyonunun kristal yapıda yer değiştirmesi veya oktahedral kafeste oluşan boşluklar gibi yapısal kusurların bir sonucudur. Hektorit, simektit minerali olup oktahedral yapılarında Mg^{2+} yerine Li^+ ve $(OH)^-$ yerine ise F^- iyonunun yer değişimi söz konusudur. Hektorit mineralinin oluşumu için özel kimyasal koşulların oluşması gerektiğinden dolayı oluşumu sınırlıdır. Hektorit mineralinin yapısında yer alan Mg alkali göl ortamından sağlanmıştır (Karakaya, 2006)

Simektitler sedimanter ortamlarda diyajenetik veya hidrotermal süreçlerle oluşmaktadır. Simektit mineralinin volkanik camın, alkalın göl ortamında alterasyonu ile oluşabileceğini söylenmektedir (Gündoğdu, 1985). Bu oluşum mekanizmasıyla gelişen simektit mineralleri feldispat, zeolit ve kuvars mineralleriyle birlikte gözlenmektedir. Gündoğdu ve ark. (1996) Gölsel ortamda piroklastik kayalar kimyasal bozunmaya uğramasıyla simektit türü kil mineralleri (montmorillonit, baydelit, hektorit)'ne dönüştüğünü ileri sürmüştür. Tez çalışması kapsamında, Emirler Tüf Üyesi ve Uzun Tepe Üyesi'nde gözlemlenen opal-CT minerallerinin olduğu örneklerden yapılan XRD-KF analizlerinde simektit minerali saptanmıştır. Bu durumda simektit mineralinin volkanik camın alterasyonu ile oluşabileceği şeklinde yorumlanabilmektedir.

Uzun Tepe Üyesi ve İskele Üyesi kil fraksiyonu örneklerinden yapılan major ve iz element analiz sonuçlarından yapısal formülleri hesaplanmış ve tüm örneklerin Li içeriğinin yüksek olması sebebiyle, Hektorit (trioktahedral simektit) minerali olduğu saptanmıştır. Uzun Tepe Üyesi'ne ait simektit içeriği yüksek olan

örneklerin Li içeriklerinin de yüksek olduğu saptanmıştır. Bu örneklerin Li içerikleri 632-52 numaralı örnekte 2720 ppm, 632-75 numaralı örnekte ise 2300 ppm'dir. Bu örneklerin tüm kayaç analiz sonuçlarına göre Li içerikleri 632-52 numaralı örneğin 1100 ppm, 632-75 numaralı örneğin ise 920 ppm olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Li zenginleşmesinin Mg açısından zengin kil mineralleri ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Klorit minerali magmatik kayaçlarda hidrotermal bozunma sonucunda oluşmaktadır. Killi kayaçlarda ise yüzeysel bozunma ürünü olarak bulunmaktadır. Kaolinit minerali doğada yaygın olarak bulunmakta ve feldispat ve muskovit gibi minerallerin düşük sıcaklıklarda hidrotermal alterasyonları sonucunda oluşan ikincil minerallerdir. Çalışma sahasında yer alan kaolinit minerali volkanik malzemenin bozunmasıyla oluşmuş olabilir.

Çalışma kapsamında Serpantin minerali Değirmenli ve Uzun Tepe Üyesi'nde gözlenmektedir. Değirmenli Üyesi 20 BM-619 ve 20BM-644 sondajlarında istifin en alt kısmında rastlanılmıştır. Serpantin minerallerinin detritik olarak temel kayalardan geldiği düşünülmektedir.

7.1.4. Karbonat Mineralleri

İnceleme alanında Değirmenli Tüf Üyesi, Uzun Tepe, Emirler Tüf ve İskele Üyelerinde aragonit, kalsit ve dolomit mineralleri saptanmıştır.

Karbonat çökeltisi CO₃ bakımından zengin çözeltilerin evaporasyona uğradığı ortamlarda oluştuğu bilinmektedir. Gölsel ortamlarda dolomit, kalsit ve aragonit minerallerinin yaygın olarak oluştuğu söylenmektedir (Gündoğdu, 1982; Gündoğdu 1984; Temel, 1987).

Aragonit minerali denizel ve gölsel ortamda oluşabilmektedir (Lippmann, 1973). Bu mineralin oluşumu için Mg/Ca oranının 12'den büyük olduğu durumlarda oluştuğu ileri sürülmüştür (Müller ve ark.,1972). Gündoğdu (1982) çalışmasında

ise aragonit oluşumunda Mg/Ca oranının yüksek olmasının gerekli olmadığını ve göl sularında bulunan sülfat iyonları (SO₄) gibi diğer bileşenlerin de dikkate alınması gerektiğini savunmuştur. Sülfat iyonlarının varlığı durumunda aragonit, daha düşük Mg/Ca oranlarına sahip çözeltilerden dahi çökeltme potansiyeline sahip olduğu ileri sürülmüştür. Yaygın olarak gözlendiğini söylediği jips ve anhidrit mineralleri oluşumları da bu hipotezi desteklemektedir.

Dolomit oluşumu, bugüne kadar kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Sedimanter kayalarda bulunan dolomit minerali, kalsitin yerini alarak oluşan diyajenetik kökenlidir (Nichols, 2009). Yapılan çalışmalar, 1:1 katyon düzenine sahip dolomitlerin, yüksek Mg/Ca oranına sahip çözeltilerden dahi doğrudan çökmediği göstermektedir (De Boer, 1977). Bileşimsel olarak dolomit mineraline göre Ca iyonu açısından zengin olan protodolomit göl sedimanlarında yaygındır (Graf ve Goldsmith 1956; Müller ve ark., 1972). Protodolomit, bu tip ortamlarda doğrudan (Graf ve Goldsmith 1956) ya da Mg-kalsitlerden itibaren oluşabilmektedir (Müller ve ark., 1972). Müller ve ark. (1972) protodolomitlerin Mg/Ca = 7-12 olan çözeltilerde oluşabileceğini ileri sürmüşlerdir. Erken diyajenetik evre boyunca, oluşan protodolomitlerin dolomite dönüşümü gerçekleşmektedir (Goldsmith ve Graf, 1958; Müller ve ark., 1972; De Boer, 1977). Gündoğdu (1982) çalışmasında Bigadiç Formasyonu' ndaki dolomitlerin oluşumu, doğrudan çözeltilerden çökelen protodolomitlerin erken diyajenetik süreçler sonucunda dolomite dönüşmesiyle açıklanmaktadır.

Yukarıda oluşumları açıklanan karbonat minerallerinin, Bigadiç formasyonunun üyelerindeki dikey dağılımına bakıldığında, Değirmenli Tüf Üyesi'nde bulunuş frekanslarına göre kalsit minerali (%88.89) ve dolomit minerali (%44.44) gözlenmiş ve kalsit minerali egemen olduğu saptanmıştır. Uzun Tepe Üyesi'nde bulunuş frekanslarına göre kalsit (% 68.44), dolomit (% 41.56) ve aragonit (% 31.56) mineralleri gözlenmiş ve kalsit minerali egemen olduğu saptanmıştır. Uzun Tepe Üyesi sondaj bazında incelendiğinde 20 BM-613 sondajında boratlı zonda en alt kesiminde kalsit + aragonit + dolomit birlikteliği gözlenirken, üst kesimde kalsit minerali baskındır. 20BM-619 sondajında boratlı zonda en alt ve en üst kesiminde kalsit ve dolomit mineralleri gözlenmektedir. Havlit + dolomit birlikteliği

saptanmıştır. 20BM-632 sondajında boratlı zonda en alt kesiminde kalsit+ dolomit+ aragonit birlikteliği gözlemlenirken, üst kesimde kalsit minerali baskındır. 20BM-644 sondajında boratlı zonda en alt ve en üst kesiminde kalsit+ dolomit birlikteliği gözlemlenmektedir. Emirler Tüf Üyesi'nde bulunuş frekanslarına göre aragonit (% 35.48), kalsit minerali (%19.35) ve dolomit minerali (%9.68) gözlenmiş ve aragonit minerali egemen olduğu saptanmıştır. İskele Üyesi'nde bulunuş frekanslarına göre kalsit minerali (% 60), dolomit minerali (%46.67) ve aragonit minerali (%16.67) gözlenmiş ve kalsit minerali egemen olduğu saptanmıştır. Ortamda anhidrit minerali varlığı aragonit mineralinin düşük Mg/Ca oranlarına sahip çözeltilerden çökeltme potansiyeline sahip olduğu yorumu yapılmaktadır. Genel olarak bakıldığında Mg/Ca oranındaki değişim, ortamdaki evaporasyon ve beslenme rejimiyle ilişkilidir. Dolomit mineralinin gözlemlendiği kesimler, tuzluluk ve pH bakımından yüksek olduğu koşulları yansıtmaktadır.

7.1.5. Sülfat Mineralleri

Bigadiç Borat havzasında yer alan Ayana Ovası'nda gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde, jips ve anhidrit mineralleri tespit edilmiştir.

Sedimanter kayaçlarda en sık karşılaşılan evaporit mineralleri, CaSO_4 formunda jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve anhidrit (CaSO_4) mineralleridir. CaSO_4 deniz suyunun buharlaşarak hacminin %19'una düştüğünde çökelmektedir (Nichols, 2009). Jips, mineralin hidratlı formudur ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve daha çok kurak koşullarda olmak üzere tüm koşullarda yüzeyde çökelmektedir. Bu durumun yanı sıra gömülme süreçlerinde suyunu kaybederek anhidrit mineraline dönüşebilmektedir. Kurak kıyı bölgelerinde doğrudan çökeltimle ya da jips mineralinin gömülmesine bağlı olarak değişimle oluşmaktadır. Anhidrit minerali su aldığı jipse dönüşmektedir. Jips minerali ayrıca ikincil damarlarda lifli bir formda da bulunmaktadır (Nichols, 2009).

Tez çalışması kapsamında, Uzun Tepe ve Değirmenli Tüf üyesinde sülfat mineralleri saptanmış olup boratlı ve tüflü seviyelerde gözlenmektedir. Tüflü seviyeler kapsamında, Değirmenli Tüf Üyesi 20 BM-619 numaralı sondaja ait

619-79 ve 619-80 numaralı örnekler ile Uzun Tepe Tüf Üyesi 20BM-644 numaralı sondaja ait 644-74 ve 644-76 numaralı örneklerin bulunduğu tüflü seviyelerde jips minerali saptanmıştır. Török ve ark. (2007) çalışmasında riyolitik ve dasitik tüflerin ayrışmasına değinmiştir. Ayrışmış tüf örneklerinde kalsit ve jips gibi ikincil minerallerin oluşumunu gösteren XRD sonuçlarıyla da belirtilmiştir. Asidik volkanik tüflerde kalsit ve jipsin varlığı, iyi bir ayrışma göstergesi olduğu vurgulanmıştır. Çalışma sahasında bu şekilde bir oluşum meydana gelmesinin sebebi çatlaklardan itibaren etraftaki yan kayalardan gelen çözeltilerden oluştuğu yorumu yapılabilmektedir. Boratlı seviyeler kapsamında, 20BM-619 sondajında borat +sülfat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkileri, jips + havlit; jips + anhidrit + kolemanit + havlit; jips+ anhidrit+ havlit parajenezi saptanmıştır. Bu sondajın olduğu kesimde bu minerallerin oluşumu sırasında, pH ve tuzluluğun yüksek olduğu yorumu yapılmaktadır. 20BM-619 sondajında optik mikroskop incelemelerinde jips mineralinden anhidrit mineraline dönüşüm gözlenmektedir. Bu durumda gömülme süreçlerinde suyunu kaybederek anhidrit mineraline dönüşebildiği yorumu yapılabilmektedir.

7.2. Ayana Ovası'nın Lityum Potansiyeli

Li, yüksek kimyasal reaktivitesi nedeniyle doğada serbest element hâlinde bulunmaz; bunun yerine çeşitli bileşikler formunda bulunmaktadır. Bu bileşikler arasında, magmatik kayalarda silikatlar, bazı kil mineralleri ve yaygın olarak tuzlu sularda klorürler örnek verilmektedir. Ortalama kabuk bolluğu 17 ppm olan Li konsantrasyonu, farklı jeolojik ortamlarda önemli varyasyonlar göstermektedir. Magmatik kayalarda yaklaşık 30 ppm olan bu oran, tortul kayalarda ortalama 60 ppm'e kadar çıkabilmektedir. Buna karşılık, deniz suyundaki ortalama Li konsantrasyonu 0.18 ppm gibi belirgin ölçüde daha düşüktür. Ticari açıdan ekonomik Li konsantrasyonları; pegmatitler, kıtasal tuzlu sular, jeotermal tuzlu sular, petrol sahası tuzlu suları, hektorit ve jadarit mineralinde bulunmaktadır (Evans,2014).

Li açısından zenginleşmiş kil yatakları; bozunmaya uğramamış volkanik cam, klinoptilolit – feldispat ve analsim – K – feldspat olmak üzere üç farklı mineralojik zonlanma göstermektedir. Bu mineralojik zonlar ile Li zenginleşme miktarı

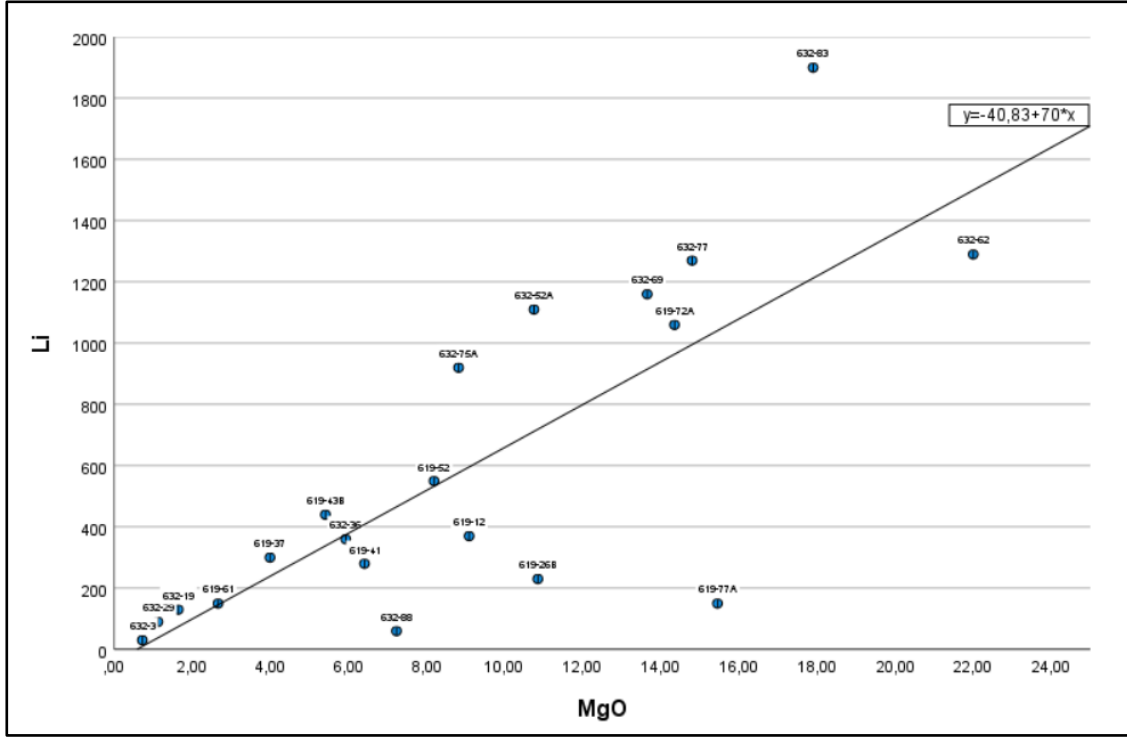
arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Camsı sedimanlar genellikle en düşük Li içeriğine sahipken, klinoptilolit – feldspat zonu orta düzeyde Li konsantrasyonları sunmaktadır. En yüksek Li konsantrasyonları ise analsim – K-feldspat zonunda gözlemlenmektedir. Bu belirgin lityum dağılımı, volkanik camın zeolitlenme süreci esnasında kayaç içerisindeki gözenek sıvılarının artan tuzluluğu ve muhtemel alkalinite artışı ile açıklanmaktadır. Bu bağlamda, volkanik camdan zeolit minerallerinin yeniden oluşumu sırasında gözenek suyunda meydana gelen kimyasal değişimler, Li farklı mineralojik zonlarda farklı konsantrasyonlarda bulunmasını açıklamaktadır (Glanzman ve ark., 1978).

Kabuksal malzeme ile kontaminasyona uğramış K bakımından zengin volkanik kayaçlar, B ve Li gibi elementlerin konsantrasyonları yüksektir (Morris ve ark., 1990; Leeman ve ark., 1994). Görsel ortamda riolitik bileşimde K açısından zengin kayaçların kimyasal bozunmaya uğraması sonucu simektit ve kil türü minerallere dönüşmektedir. Mineralojik dönüşüm sırasında volkanik malzemede yer alan K ve Na iyonları yapıdan uzaklaşmakta ve gözenek suyunda mevcut olan Ca iyonu yapıya girmektedir. Bu duruma ek olarak gözenek çözeltilerinde K, Na ve Mg iyonlarıyla birlikte, B ve Li iyonları da zenginleşme göstermektedir (Gündoğdu ve ark., 1996).

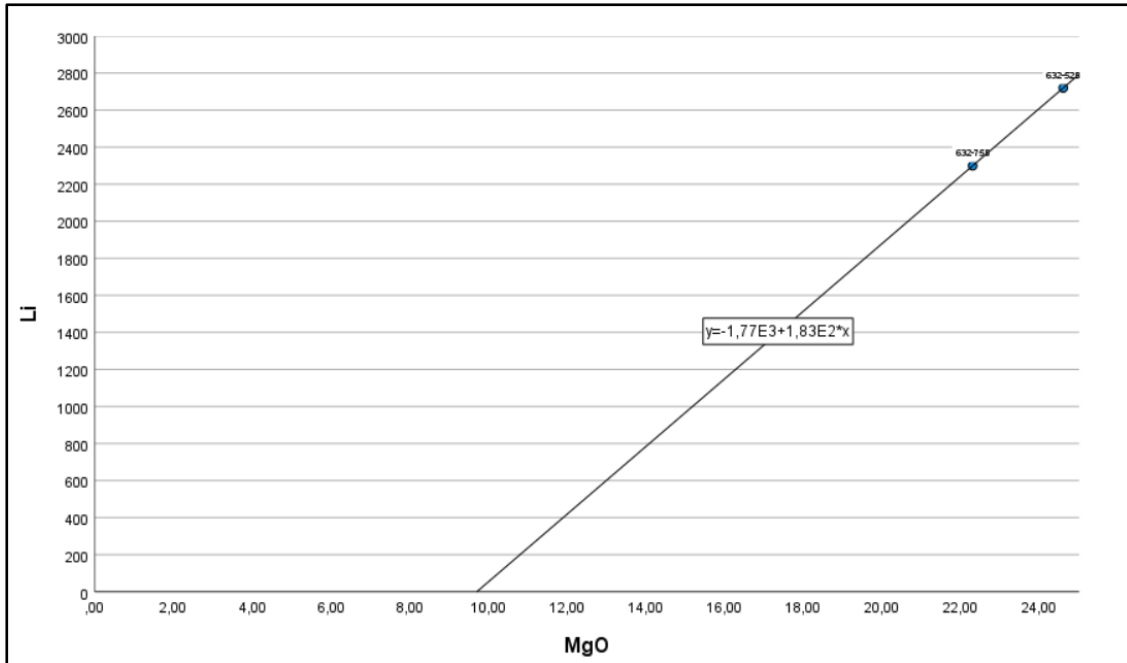
Hektorit minerali, en yaygın otijenik kil mineralidir. Okyanus ve kıtasal bazaltların ve diğer bazı volkanik kayaçların alterasyonu ile düşük sıcaklık ve basınçlarda oluşmaktadır (Kloprogge ve ark., 1999). Hektorit mineralinin yapısında yer alan Mg alkali göl ortamından sağlanmıştır (Karakaya, 2006).

Tez kapsamında, Bigadiç Borat havzası Ayana Ovası'nda yapılan çalışmalarda major ve iz element analiz sonuçlarına göre, tüm kayaç örneklerinde Li içeriği bakımından en yüksek değerler üye bazında (yaşlıdan gence) sırasıyla, Değirmenli Tüf Üyesi en yüksek 90 ppm, Uzun Tepe Üyesi 1900 ppm, Emirler Tüf Üyesi 60 ppm ve İskele Üyesi 1210 ppm olarak saptanmıştır. Uzun Tepe Üyesi'nde yapılan XRD – TK incelemeleri sonucunda en yüksek Lityum içerikleri Boratlı zonda gözlenmektedir. 20BM – 619 sondajından alınan tüm kayaç

örneklerinin Li değerleri sırasıyla, 370 ppm (619 – 12), 230 ppm (619 – 26B), 300 ppm (619 – 37), 280 ppm (619 – 41), 440 ppm (619 – 43B), 550 ppm (619 – 52), 150 ppm (619 – 61), 1060 ppm (619 – 72A) ve 150 ppm (619 – 77A) olarak tespit edilmiştir. 619 – 72A numaralı laminalı kıltaşı örneği en yüksek Li değerine sahiptir. 20BM – 632 sondajından alınan tüm kayaç ve kil fraksiyonu olan örneklerin Li değerleri sırasıyla, 30 ppm (632 – 3), 130 ppm (632 – 19), 90 ppm (632 – 29), 360 ppm (632 – 36), 1110 ppm (632 – 52A), 2720 ppm (632 – 52B (CF)), 1290 ppm (632 – 62), 1160 ppm (632 – 69), 920 ppm (632 – 75A), 2300 ppm (632 – 75B (CF)), 1270 ppm (632 – 77), 1900 ppm (632 – 83) ve 60 ppm (632 – 88) olarak saptanmıştır. Tüm kayaç örnekleri içerisinde 632 – 83 numaralı kıltaşı örneği en yüksek Li değerine sahiptir. 632 – 62, 632 – 69, 632 – 75, 632 – 77, 632 – 83 ve 632 – 88 numaraları örnekler borat minerallerini içeren seviyelerden alınmıştır. Sadece simektit içeren kil fraksiyonu örneklerinin [632 – 52B (CF) ve 632 – 75B (CF)] major element analizlerinden itibaren yapısal formülleri hesaplanmış ve hektorit minerali olduğu saptanmıştır. Simektit içeriği açısından yüksek olan örneklerin Li içerikleri de yüksek olduğu gözlenmektedir. Li içeriği açısından en yüksek değer (2720 ppm), borat minerali içeren Uzun Tepe Üyesi'nden alınan 632 – 52B (CF) numaralı örneğe aittir. Uzun Tepe Üyesi'ne ait örneklerin Li (ppm) – MgO (wt %) ilişkileri Çizelge 7.1 ve Çizelge 7.2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre Li zenginleşmesinin Mg açısından zengin kil mineralleri ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir.



Çizelge 7. 1.Uzun Tepe Üyesine ait tüm kayaç örneklerinin Li (ppm) – MgO (wt%) ilişkisi.



Çizelge 7.2. Uzun Tepe Üyesine ait kil fraksiyonu örneklerinin Li (ppm) – MgO (wt%) ilişkisi.

8. SONUÇLAR

Neojen yaşlı Bigadiç Havzasında yer alan Ayana Ovası'nda yapılmış olan dört sondajdan alınan örnekler mineralojik, petrografik ve jeokimyasal açılardan incelenmiş olup, elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. İnceleme alanı olarak belirlenen Ayana Ovası'nda Bigadiç Formasyonu ve Kuvaterner oluşukları yer almaktadır. Bigadiç Formasyonu dört üyeden oluşmaktadır. Bu üyeler yaşlıdan gence doğru Değirmenli Tüf Üyesi, Uzun Tepe Üyesi, Emirler Tüf Üyesi ve İskele Üyesi'dir.
2. Bigadiç Formasyonunun Değirmenli Tüf Üyesi, Uzun Tepe Üyesi, Emirler Tüf Üyesi ve İskele Üyesinin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri 2020 ve 2021 yıllarında yapılmış 4 farklı sondajdan (20BM – 613, 20BM – 619, 20BM – 632 ve 20BM – 644) alınan karot örnekleri üzerinde incelenmiştir. Bu sondajlardan toplam 363 adet karot örneği alınmıştır. XRD-TK analizleri sürecinde, bazı örneklerin, farklı litolojik özelliklere sahip kısımları 'A' ve 'B' olarak iki ayrı örneğe ayrılmış ve toplam 390 adet örnek olmuştur. XRD-TK çözümlenmeleri yapılmış, illit/mika, amfibol, kil, kuvars, opal – CT, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit, analsim, klinoptilolit / höylandit, pirit, jips ve anhidrit mineralleri ile borat mineralleri (kolemanit, üleksit, probertit ve havlit) tespit edilmiştir. Seçilen 128 adet örneğin XRD- KF çözümlenmeleri yapılmış, simektit, illit, kaolinit, klorit ve serpantin mineralleri saptanmıştır.
3. Değirmenli Tüf Üyesi kapsamında, XRD-TK analizleri sonucunda, illit/mika, amfibol, kil, kuvars, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit, klinoptilolit/höylandit ve jips minerali saptanmış ve bulunuş frekansı en yüksek kil, illit/mika, kuvars ve feldispat minerali olarak gözlenmiştir. XRD-KF analizler sonucunda, simektit, klorit, illit, kaolinit ve serpantin minerali saptanmıştır. Optik mikroskop incelemesinde Vitrik Tüf olarak isimlendirilmiştir.

4. Uzun Tepe Üyesi kapsamında, XRD-TK analizleri sonucunda, illit/mika, amfibol, kil, kuvars, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit, analsim, klinoptilolit/höylandit, jips, anhidrit ve pirit mineralleri saptanmış ve bu minerallere ek olarak borat minerallerinden; kolemanit, üleksit, probertit ve havlit mineralleri saptanmıştır. Bulunuş frekansı en yüksek kalsit minerali olarak gözlenmiştir. XRD-KF analizler sonucunda, illit, simektit, klorit ve kaolinit mineralleri saptanmıştır. SEM-EDS analizleri sonucunda bu minerallere ek olarak apatit, kromit, zirkon ve allanit mineralleri tespit edilmiştir.
5. Emirler Tüf Üyesi kapsamında, XRD-TK analizleri sonucunda, illit/mika, kil, kuvars, opal – CT, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit ve klinoptilolit/höylandit mineralleri saptanmıştır. Bulunuş frekansı en yüksek kil, illit/mika ve klinoptilolit/höylandit minerali olarak gözlenmiştir. XRD-KF analizler sonucunda, simektit, klorit, illit ve kaolinit mineralleri tayin edilmiştir. Optik mikroskop incelemesinde Vitrik Tüf olarak isimlendirilmiştir. SEM-EDS analizleri sonucunda bu minerallere ek olarak torit, zirkon, pirit ve galenit mineralleri tespit edilmiştir.
6. İskele Üyesi kapsamında, XRD-TK analizleri sonucunda, illit/mika, kil, kuvars, feldispat, kalsit, dolomit, aragonit, klinoptilolit/höylandit ve anhidrit mineralleri saptanmıştır. Bulunuş frekansı en yüksek kil minerali olarak gözlenmiştir. XRD-KF analizler sonucunda, simektit, klorit, illit ve kaolinit mineralleri saptanmıştır. Optik mikroskop incelemesinde Kristal Tüf olarak isimlendirilmiştir. SEM-EDS analizleri sonucunda bu temel minerallere ek olarak pirit mineralleri tespit edilmiştir.
7. Major ve iz element analizleri verilerine göre, Değirmenli Tüf Üyesi kapsamında, 619-79 numaralı örneğin kalsit ve dolomit içeriklerinin yüksek olması nedeniyle ateşte kaybı yüksek, SiO₂ içeriği ise düşük, CaO ve MgO içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir. 632-98 numaralı örneğin, SiO₂,

Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içerikleri yüksek olup, bu durum kil, feldispat ve kuvars mineralinden kaynaklanmaktadır. Uzun Tepe Üyesi kapsamında, 20BM-619 sondajında, Karbonat mineral (kalsit, dolomit ve aragonit) içeriği yüksek olan örneklerin SiO_2 içerikleri düşük, CaO, MgO içerikleri ile ateşte kayıpları yüksek olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan karbonat içerikleri düşük, kil, feldispat ve kuvars içerikleri yüksek olanların ise, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve K_2O içerikleri yüksek, ateşte kayıpları düşük olduğu tespit edilmiştir. Li elementinin dağılımına bakıldığında, simektit içeriği yüksek olan örneğin Li içeriği de yüksek olduğu saptanmış ve bu örneğin tüm kayaç MgO içeriğine bakıldığında bu değer de oldukça yüksek olduğu (%14.35) gözlenmiştir. Örneğin dolomit içermemesi, MgO zenginleşmesinin Li içeren trioktaedrik simektitlerden kaynaklandığını ortaya koyulmuştur. 20BM-632 sondajında, karbonatça zengin seviyelerde CaO, TOT/C ve ateşte kayıp değerleri yüksektir. Kil içerikleri yüksek olan seviyelerde ise MgO ve Al_2O_3 değerleri yüksektir. Kil fraksiyonu olan ve sadece simektit içeren 632-52B (CF) ve 632-75B (CF) numaralı örneklerin major element ve iz element analizleri gerçekleştirilmiş ve yapısal formülleri hesaplanmıştır İkisi de Hektorit olarak adlandırılmıştır. Emirler Tüf Üyesi kapsamında, SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O ve CaO içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu zenginleşmenin zeolit, kil ve mika minerallerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu örneğin Li içeriği düşük olup, 60 ppm dir. Sr içeriğinin yüksek olması olasılıkla Ca elementine bağlıdır. İskele Üyesi kapsamında, diğer üyelerdeki gibi karbonatlı seviyelerde CaO, TOT/C ve ateşte kayıp değerleri yüksektir. Zeolitli ve killi seviyelerde ise SiO_2 , Al_2O_3 ve K_2O değerleri yüksektir. Kil fraksiyonu olan ve simektit içeren 613 – 9 (CF) numaralı örneğin major element ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu örneğin yapısal formülleri hesaplanmış ve Hektorit olarak adlandırılmıştır. MgO (%21.4) ve Li içeriği (1880 ppm) yüksek olduğu görülmektedir, bu duruma göre Li zenginleşmesinin Mg açısından zengin kil mineralleri ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

8. Bor izotop verilerine göre, boratların kökeni denizel olmayan evaporit olarak saptanmıştır. Bor izotop verilerine göre, $\delta^{11}B$ azalması sırasının

üleksit ($\delta^{11}\text{B}$: - 4.3 ‰ ve - 4.9 ‰) ve probertit ($\delta^{11}\text{B}$: - 4.0‰) → kolemanit ($\delta^{11}\text{B}$: - 9.1‰) şeklinde olması jeolojik kökeninin aynı olduğunu ortaya koymuştur. Havlit minerali ($\delta^{11}\text{B}$: - 15.1 ve $\delta^{11}\text{B}$: - 14.7 ‰) ise kolemanit mineralinden itibaren oluştuğu söylenebilir. Bu değerler kapsamında aynı çökeltme ortamından çökelmiş olduklarına işaret etmektedir.

9. Zeolit minerallerinden analsim sadece Uzun Tepe Üyesi'nde gözlenmiştir. Analsim minerallerinin gözlemlendiği sondajların (20BM-619 ve 20BM-644) bulunduğu bölge, Uzun Tepe Üyesi'nin çökeltimi sırasında tuzluluk, alkalinite ve pH'ın yüksek olduğunu göstermektedir. Uzun Tepe Üyesi'nde 644-26 numaralı örnekte yapılan SEM-EDS çalışması sonucunda klinoptilolit + K-feldispat birlikteliği gözlenmiştir. Emirler Tüf Üyesi'nde 619-5 numaralı örnekte yapılan SEM-EDS çalışması sonucunda Klinoptilolit + K-feldispat birlikteliği gözlenmiştir. Bu durum için birçok çalışmada desteklenen K-feldispat mineralinin her zaman analsim mineralinden sonra oluşacağı görüşünü zayıflatmıştır. Uzun Tepe üyesinde gözlenen klinoptilolit mineralinin egemen oluşu ve analsim mineraliyle birlikte gözlemlenmemesi analsim mineralinin doğrudan ilksel volkanik malzemedan doğrudan oluşumunun aksine, klinoptilolitten itibaren oluşmuş olabileceğini yorumu yapılabilmektedir.

10. Borat minerali oluşumu için, Uzun Tepe Üyesi kapsamında, 20 BM-613 sondajında istifin borat mineralleri içeren seviyesinde en alttan üste doğru, kolemanit → kolemanit + probertit → probertit → kolemanit minerali şeklinde dizilim göstermektedir. 20 BM-619 sondajında istifin borat mineralleri içeren seviyede en alttan üste doğru, havlit → kolemanit + havlit → kolemanit → havlit → kolemanit + havlit → havlit minerali şeklinde aralanma göstermektedir. Bu durumda havlit mineralinin diyajenetik olarak kolemanit mineralinden itibaren oluştuğu ileri sürülebilir. En alt kesimde havlit mineralinden başlamasının sebebi kolemanit mineralinin tamamen havlit mineraline dönüşmesinden kaynaklanabilir. 20BM-632 sondajında istifin borat mineralleri içeren seviye de en alttan üste doğru, kolemanit → probertit → üleksit → kolemanit → üleksit → üleksit +

probertit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit → üleksit → kolemanit + üleksit → üleksit minerali şeklinde dizilim göstermektedir. 20BM-644 sondajında istifin borat mineralleri içeren seviye de en alttan üste doğru, kolemanit → probertit → kolemanit → üleksit → kolemanit ardalanması mevcuttur.

11. Optik mikroskop çalışmalarında Emriler Tüf Üyesi'nde plajiyoklaz mineralinde serisitleşme gözlenmektedir. XRD-KF analizinde simektit, illit ve kaolinit saptanmıştır. Bu durumda, illit mineralinin feldispatların bozunmasıyla oluşmuş olabileceği yönünü desteklemektedir. Farklı seviyelerde detritik kökenli de olabilir. Emirler Tüf Üyesi ve Uzun Tepe Üyesi'nde gözlemlenen opal-CT minerallerinin olduğu örneklerden yapılan XRD-KF analizlerinde simektit minerali saptanmıştır. Bu durumda simektit mineralinin volkanik camın hidrolizi ile oluşabileceği şeklinde yorumlanabilmektedir. Uzun Tepe Üyesi ve İskele Üyesi kil fraksiyonu örneklerinden yapılan major ve iz element sonuçlarından yapısal formülleri hesaplanmış ve tüm örneklerin Hektorit minerali olduğu saptanmıştır. Çalışma kapsamında Serpantin minerali Uzun Tepe Üyesi'nde gözlenmektedir. 20BM-619 ve 20BM-644 sondajlarında istifin en alt kısmında rastlanılmıştır. Detritik olarak temel kayalardan geldiği düşünülmektedir.

12. Kalsit minerali oluşumu için, ortamda anhidrit mineralinin varlığı aragonit mineralinin düşük Mg/Ca oranlarına sahip çözeltilerden kimyasal çökeltme ile oluşmuştur. Genel olarak bakıldığında Mg/Ca oranındaki değişim, ortamdaki evaporasyon/beslenme rejimi ile ilişkilidir. Dolomit mineralinin gözlemlendiği kesimler, tuzluluk ve pH bakımından yüksek olduğu koşulları yansıtmaktadır.

13. Sülfat minerali oluşumu için, Değirmenli Tüf Üyesi ve Uzun Tepe Üyesi'ndeki tüflü seviyelerde jips minerali saptanmıştır. Çalışma sahasında bu şekilde bir oluşum meydana gelmesinin sebebi çatlaklardan

itibaren etraftaki yan kayaçlardan gelen çözeltilerden oluştuğu yorumu yapılabilmektedir. Boratlı seviyeler kapsamında, borat – sülfat mineralleri arasında gözlenen parajenez ilişkileri, jips + havlit; jips + anhidrit + kolemanit + havlit; jips+ anhidrit+ havlit parajenezi saptanmıştır. Bu minerallerin oluşumu sırasında, pH ve tuzluluğun yüksek olduğu yorumu yapılmaktadır. Optik mikroskop incelemelerinde jips mineralinden anhidrit mineraline dönüşüm gözlenmektedir. Bu durumda gömülme süreçlerinde suyunu kaybederek anhidrit mineraline dönüşebildiği yorumu yapılabilmektedir.

9. KAYNAKLAR

- A.S.T.M., Inorganic Index to the powder diffraction file: JointCommittee on Powder Diffraction standart, (1972) 1432.
- Akyol, E. ve Akgün, F., Bigadiç, Kestelek, Emet ve Kırka Boratlı Neojen Tortularının Palinolojisi, MTA Dergisi, 111 (1990) 165-173.
- Ataman, G. and Baysal, O., Clay mineralogy of Turkish borate deposits, Chemical Geology, 22 (1978) 233-247.
- Ataman, G., Batı Anadolu (Ege Bölgesi) zeolit oluşumlarının saptanması, TBTA, TBAG-197 Projesi, 72s, 1977a.
- Ataman, G., Batı Anadolu zeolit oluşumları, Yerbilimleri, 3 (1977b) 85-95.
- Barth, S., Boron isotope variations in nature: a synthesis. Geologische Rundschau, 82 (1993) 640-651
- Baysal, O., Salancı, B., Batman, B., Yılmaz, O., Kasapoğlu, B., Şahbaz, A., Görmüş, S., Kocaefe, S., Gündoğdu, N., Kazanoğlu, H., Şentürk, A., Öner, M., Bayhan, H., Cerit, O., Karayığit, A.İ., Yalçın, H., Tolluoğlu, Ü., Demirel, İ.H., Genç, Y., Dilaver, T., Temel, A., Çetin, H., Bağcı, G., Bigadiç borat havzası jeolojisi ve ekonomik potansiyelinin tespit edilmesi projesi, H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Proje Kodu: YUVAM/84-3, 256, 1985.
- Baysal, O., Batman, B., Yılmaz, O., Görmüş, S., Şahbaz, A., Cerit, O., Yalçın, H., Karayığit, A.İ., Salancı, B. ve Bayhan, H., Bigadiç borat havzası ve yakın çevresinin jeolojik incelenmesi, danışmanlık ve kontrol hizmetleri projesi, H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Proje Kodu: YUVAM/85-1, 90, 1986a.
- Baysal, O., Gündoğdu, M.N., Temel, A. ve Öner, F., Bigadiç zeolit oluşumlarının ekonomik jeolojik incelenmesi projesi, H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Proje Kodu: YUVAM/85-2, 155, 1986b.
- Baysal, O., Sarıkaya (Kırka) Borat Yataklarının Mineralojik ve Jenetik İncelenmesi, Doçentlik tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1972.
- Bétard, F., Caner, L., Gunnell, Y. and Bourgeon, G., Illite neoformation in plagioclase during weathering: Evidence from semi-arid Northeast Brazil, Geoderma, 152(1-2) (2009) 53-62.
- Bragg, W. H. and Bragg, W. L., The reflection of X – rays by crystals. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 88(605) (1913) 428-438.

- Christ, C. L., Crystal chemistry and systematic classification of hydrated borate minerals. *American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials*, 45(3-4) (**1960**) 334-340.
- Christ, C. L., Truesdell, A. H., Erd, R. C., Borate mineral assemblages in the system $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 31(3) (**1967**), 313-337.
- Çiftçi, N. B., Bozkurt, E., Pattern of normal faulting in the Gediz Graben, SW Turkey, *Tectonophysics*, 473(1-2) (**2009**) 234-260
- De Boer, R., Stability of Mg-Ca carbonates, *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 41(2) (**1977**) 265–270.
- Doglioni, C., Agostini, S., Crespi, M., Innocenti, F., Manetti, P., Riguzzi, F., Savaşçı, Y., On the extension in western Anatolia and Aegean Sea, *Journal of Virtual Exploration*, 8 (**2002**) 169 – 183.
- Dott, R.H., Wacke, greywacke and matrix—what approach to immature sandstone classification?, *Journal of Sedimentary Petrology*, 34 (**1964**) 625-632.
- Evans, K., Lithium, *Critical Metals Handbook*, Editor(s): Gus Gunn, John Wiley & Sons, Chapter 10, 230 – 260, **2014**.
- Gemici, Ü., Tarcan, G., Helvacı, C., Somay, A.M., High arsenic and boron concentrations in groundwaters related to mining activity in the Bigadiç borate deposits (Western Turkey), *Applied Geochemistry*, 23 (8), (**2008**) 2462-2476.
- Glanzman, R.K., McCarthy Jr., J.H., Rytuba, J.J., Lithium in the McDermitt Caldera, Nevada and Oregon, *Energy*. 3 (**1978**) 347–353.
- Graf, D. L., Goldsmith, J. R., Some hydrothermal syntheses of dolomite and protodolomite, *The Journal of Geology*, 64(2) (**1956**) 173–186.
- Griffen D. T., Howlite, $\text{Ca}_2\text{SiB}_5\text{O}_9(\text{OH})_5$: Structure refinement and hydrogen bonding, *American Mineralogist*, 73 (**1988**) 1138- 1144.
- Gündoğdu, M. N., Yılmaz, O., Kil mineralojisi yöntemleri, I. Ulusal Kil Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi., Adana, Bildiriler, 319-330, **1984**.
- Gündoğdu, M. N., Bonnot-Courtois, C., Clauer, N., Isotopic and chemical signatures of sedimentary smectite and diagenetic clinoptilolite of a lacustrine Neogene basin near Bigadiç, western Turkey, *Applied Geochemistry*, 4(6) (**1989**) 635-644
- Gündoğdu, M.N, Yalçın, H., Temel, A., Clauer, N., geological, mineralogical and geochemical characteristics of zeolite deposits associated with borates in

- the Bigadiç, Emet and Kırka neogene lacustrine basins, Western Turkey, Mineral Deposite, 31, (1996), 492-513.
- Gündoğdu, M.N., Ataman, G., Bigadiç formasyonunda bazı eser elementlerin dağılımı ve Sr izotop jeokimyası, 37. Türkiye Jeoloji Bilimsel Teknik ve Kurultayı özetleri, 115-116, 1983.
- Gündoğdu, M.N., Gökçen, S.L., Bigadiç gölssel Neojen basenindeki birincil sedimanter yapılar ve kökenleri, Yerbilimleri, 10 (1983) 89-93.
- Gündoğdu, M.N., Bigadiç gölssel Neojen baseninde karbonat mineralleri ile simektitlerin dağılımı, II. Ulusal Kil Sempozyumu Bildirileri, M.N. Gündoğdu, H. Aksoy (Eds), Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, 123-140, 1985.
- Gündoğdu, M.N., Bigadiç Gölssel Neojen baseninin jeolojisi, Yerbilimleri, 11 (1984) 91-104.
- Gündoğdu, M.N., Neojen Yaşlı Bigadiç Sedimanter Baseninin Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 1982.
- Hatipoğlu Z.N., Emet (Kütahya) Borat Havzası Volkanosedimanter Çökellerin Mineralojisi ve Jeokimyası, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.
- Hay, R. L., Geologic occurrence of zeolites and some associated minerals, In Studies in Surface Science and Catalysis, 28, (1986) 35-40.
- Hay, R. L., Zeolites and zeolitic reactions in sedimentary rocks, In Geological Society of America Special Papers (1966) 1-122.
- Hay, R. L., Sheppard, R. A., Occurrence of zeolites in sedimentary rocks: an overview, Reviews in mineralogy and geochemistry, 45(1) (2001) 217-234.
- Helke, A., Beobachtungen An Türkischen Minerallagerstätten. N. Jhrb. Min. Abh. 88 (1955).
- Helvacı, C., Firman, R.J., Emet Borat Yataklarının Jeolojik Konumu ve Mineralojisi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 2, (1977) 17-29.
- Helvacı, C., Palmer, M. R., Origin and distribution of evaporite borates: The primary economic sources of boron. Elements, An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology, 13(4) (2017) 249-254.
- Helvacı, C., Alaca, O., Bigadiç Borat Yatakları ve Çevresinin Jeolojisi ve Mineralojisi, MTA Dergisi 113, (1991) 61-92.
- Helvacı, C., Alonso, R. R., Borate deposits of Turkey and Argentina; a summary and geological comparison, Turkish Journal of Earth Sciences, 9(1) (2000) 1-27.

- Helvacı, C., Türkiye Borat Yataklarının Mineralojisi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 7(2) (1983) 37-54.
- Helvacı, C., Türkiye Bor Madenciliğinin İşletme, Stoklama ve Pazarlama Sorunlarına Mineralojik Bir Yaklaşım, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 13(1) (1989) 5-17.
- Helvacı, C., Türkiye Borat Yatakları. Jeolojik Konumu, Ekonomik Önemi ve Bor Politikası, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 13-14 Mayıs, İzmir, Türkiye, 11-27, 2004.
- İnan, K., Sulu Bor Mineral Yataklarının Oluşumu, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18 (1975) 165-168.
- Kadir, S., Külah, T., Erkoyun, H., Helvacı, C., Eren, M., Demiral, B., Mineralogy, geochemistry, and genesis of lithium-bearing argillaceous sediments associated with the Neogene Bigadiç borate deposits, Balıkesir, Western Anatolia, Türkiye, Applied Clay Science, 242 (2023) 107015.
- Kalafatçıoğlu, A., Balıkesir-Kütahya arasındaki bölgenin jeolojisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 9(1-2) (1964) 46-62.
- Karakaya, M.Ç., Kil Minerallerinin Özellikleri ve Tanımlama Yöntemleri, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayını, Konya, 640s, 2006.
- Ketin, İ., Anadolu'nun Tektonik Birlikleri: M.T.A. Enstitüsü Dergisi, 66 (1966) 20-37.
- Kloprogge, J. T., Komarneni, S., Amonette, J. E. Synthesis of smectite clay minerals: a critical review, Clays and Clay Minerals, 47(5) (1999) 529-554.
- Koçak, İ., 2009. Bigadiç (Balıkesir) Çevresi Borat Yataklarının Mineralojik ve Jeokimyasal İncelemesi (Yüksek lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2009.
- Koçak, İ., 2014. Batı Anadolu Borat Yataklarının Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2014.
- Langella, A. Cappelletti, P. and Gennaro, R. D., Zeolites in closed hydrologic systems. Reviews in mineralogy and geochemistry, 45(1) (2001) 235-260.
- Leeman, W. P., Carr, M. J., Morris, J. D., Boron geochemistry of the Central American volcanic arc: constraints on the genesis of subduction-related magmas, Geochimica et Cosmochimica Acta, 58(1) (1994) 149-168.
- Lippmann, F., Sedimentary carbonate minerals. In Springer, 229, 1973.
- McLennan, S. M., Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 2(4) (2001).

- Meixner, H., Die neue Türkische boratprovinz in İskeleköy bei Bigadiç im Vilayet Balıkesir. Sonerabdruck aus Kaliund Steinsals, part, 2 (**1956**) 43-47
- Meixner, H., Einige boratminerale (colemanitund tertschit, ein neues mineral) aus der Türkei. Fortschr. Mineralogie, 31 (**1952**) 39-42.
- Meixner, H., Neue Türkische boratlagerstätten Berg. U. Hüttenmann. Monatsh. 98 (**1953**) 86-92.
- Morris, J.D., Keeman, W.P., Tera, F., The subducted component in island arc lavas: constraints from Be isotopes and B-Be systematics, Nature, 344 (**1990**) 31-36.
- Müller, G., Irion, G. and Förstner, U., Formation and diagenesis of inorganic Ca-Mg carbonates. Naturwissenschaften, 59(4) (**1972**) 158-164.
- Nichols, G., Sedimentology and Stratigraphy. Blackwell Science Ltd., London, 335, **2009**.
- Oi, T., Nomura, M., Musashi, M., Osaka, T., Okamoto, M., Kakihana, H., Boron isotopic compositions of some boron minerals. Geochimica Et Cosmochimica Acta, 53(12) (**1989**) 3189–3195.
- Özpeker, I., İnan, K., Batı Anadolu borat yataklarında izlenen mineral birlikteliklerinin yatak evrimiyle ilişkileri, Bulletin of the Geological Society of Turkey, 21, (**1978**) 1-10.
- Özpeker, I., Batı Anadolu Borat Yataklarının Mukayeseli Jenetik Etüdü, İTÜ, Doktora Tezi, İstanbul, **1969**.
- Palmer, M. R., Helvacı, C., The boron isotope geochemistry of the Kirka borate deposit, western Turkey, Geochimica Et Cosmochimica Acta, 59(17) (**1995**) 3599–3605.
- Palmer, M. R., Helvacı, C., The boron isotope geochemistry of the neogene borate deposits of western Turkey, Geochimica Et Cosmochimica Acta, 61(15) (**1997**) 3161–3169.
- Schmid, R., Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks, Geology, 9 (**1981**) 41-43.
- Sheppard, R. A., Gude, A. J., Distribution and genesis of authigenic silicate minerals in tuffs of Pleistocene Lake Tecopa, Inyo County, California (Vol. 597), US Government Printing Office, **1968**, 38s.
- Sheppard, R. A., Gude, A. J., Diagenesis of Tuffs in the Barstow Formation, Mud Hills, San Bernardino County, California: Physical Properties, Chemistry, and Origin of Silicate Minerals Formed in Silicic Tuffs of a Lacustrine Deposit (Vol. 634). US Government Printing Office, **1969**, 35s.

- Sheppard, R. A., Gude, A. J., Zeolites and associated authigenic silicate minerals in tuffaceous rocks of the Big Sandy Formation, Mohave County, Arizona (Vol. 830). US Government Printing Office, **1973**, 36s.
- Sun, S. and McDonough, W., Chemical and Isotopic Systematic of Oceanic Basalts: Implications for Mantel Composition and Processes. Special Publication of Geological Society of London, 42 (**1989**) 313-345.
- Swihart, G. H., Moore, P. B., Callis, E. L., Boron isotopic composition of marine and nonmarine evaporite borates. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 50(6), (**1986**) 1297–1301.
- Şahin, T., Kırka (Eskişehir) Borat Havzasının Mineralojisi ve Jeokimyası, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2009**.
- Şengör, A. M. C., Türkiye'nin neotektoniğinin esasları, Türkiye Jeoloji Kurumu Konferans Serisi, 2 (**1980**) 40.
- Taylor, S. R., McLennan, S. M., The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 312, **1985**.
- Taylor, S. R., McLennan, S. M., The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of geophysics*, 33(2) (**1995**) 241-265.
- T.C. Bigadiç Kaymakamlığı, <http://www.bigadic.gov.tr/ilcemizde-bor> (Erişim tarihi: **2 Haziran 2025**).
- Temel, A., Gündoğdu, M.N., Distribution and characteristics of primary sedimentary structures in borate containing sedimentary units within the Bigadiç lacustrine volcanosedimentary basin of Neogene age, NW Turkey. *METU Journal of Pure and Applied Science*, 21 (**1988**) 251-269.
- Temel, A., Bigadiç Baseni Merkezi Kesiminin Mineralojik-Petrografik, Jeokimyasal İncelenmesi ve Neoformasyon Minerallerinin Dağılımı, Yüksek Lisans Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Beytepe, Ankara, **1987**.
- Török, Á., Forgó, L. Z., Vogt, T., Löbens, S., Siegesmund, S. and Weiss, T., The influence of lithology and pore-size distribution on the durability of acid volcanic tuffs, Hungary. *Geological Society London Special Publications*, 271(1) (**2007**) 251–260.
- Tüysüz, N. ve Yaylalı, G., Jeostatistik: Kavramlar ve Bilgisayarlı Uygulamalar, ISBN: 975-6983-43-4, **2005**.
- Vengosh, A., Starinsky, A., Kolodny, Y., Chivas, A. R., Raab, M., Boron isotope variations during fractional evaporation of sea water: New constraints on the marine vs. nonmarine debate. *Geology*, 20(9) (**1992**) 799.

- Yalçın, H., Emet Neojen Gölsel Baseninin Jeolojik ve Mineralojik-Petrografik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1984**.
- Yalçın, H., Kırka (Eskişehir) Yöresi Volkanosedimanter Oluşumlarının Mineralojik Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1988**.
- Yalçın, S., Bilimsel Araştırma Yöntemleri: Verilerin Analizi, Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri, **2020**.
- Yılmaz, O., Gündoğdu, M.N., Gümüş, S., Neojen yaşlı Bigadiç volkanosedimanter havzasının jeolojisi: Etibank Proje Raporu, Hacettepe Üniversitesi 87s, **1982**.

EKLER

EK – 1 – Değirmenli Tuf üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İlit / Mika (%)	Klinoptilolit / Höyländit (%)	Aragonit (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)
613-93	688.90	12.00	64.29			3.33	19.27	0.36	0.74
613-94	693.60	18.58	59.29		4.21	2.00	12.55	1.22	2.16
613-95	694.90	16.01	63.85	1.64		2.99	15.51		

EK – 2 – Değirmenli Tuf üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İlit / Mika (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)	Jips (%)
619-79	636.70	14.35	34.17	5.55	10.07	10.16	25.18	0.51
619-80	643.90	10.50	33.98	9.61	8.14	17.66	19.56	0.56

EK – 3 – Değirnenli Tuf üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İllit / Mika (%)	Klinoptilolit / Höyländit (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)
632-95	639.90	3.07	64.33	3.35	5.80	22.75	0.70
632-96	645.60	5.20	60.35	7.11	6.16	15.26	5.92
632-97	650	2.30	76.85	5.34	2.97	12.20	0.35
632-98	655.20	2.85	67.32	1.95	3.74	23.64	0.50

EK – 4 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%).

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İllit / Mika (%)	Klinoptilolit / Höylendit (%)	Aragonit (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)	Jips (%)
613-49	404.60	23.59	21.06	12.90		13.45	19.59	5.37	4.03	
613-50	408.80	17.24	26.94	11.79		15.06	20.05	4.80	4.13	
613-51	415.70	12.96	13.50	42.52		15.50	7.65	7.87		
613-52	423.80	33.57	23.97	10.10		11.56	11.52	4.75	3.44	1.07
613-53	426.70	9.37			54.72	8.52	1.30	10.90	15.21	
613-54	449.10	27.36	19.54	4.49		1.70	4.85	42.07		
613-55	465.80	34.23	20.67	12.11	11.31	6.98	6.24	8.45		
613-56	473.40	23.00	37.64	10.48		8.80	5.66	13.19	1.22	
613-57	475.80					2.67		97.33		
613-58	478.10	10.93				3.40		85.67		
613-59	484.10	10.70			3.88	1.02		84.40		
613-60	491							100.00		
613-61	496.40	25.88			3.13	1.44	1.91	67.64		
613-62	504.40	42.29	9.44			4.43	2.93	40.91		
613-63	511.40	37.92	18.62	5.18		3.81	4.20	28.97	1.30	
613-64	524	20.23				0.97		78.80		
613-65	526.20							100.00		
613-66	538.60	25.36	15.85	5.55		7.04	6.18	38.99	1.04	
613-67	543.30	33.66	24.04	10.12		11.84	13.79	4.26	2.30	
613-68	548.70	20.33						79.67		
613-69	552.60	Kil + Kuvars + Kalsit + Kolemanit								
613-70	553.80	Kil + Kalsit + Kolemanit								
613-71	556	Kil + Kuvars + Kalsit + Kolemanit								
613-72	562.40	Kil + Kalsit + Kolemanit								
613-73	569.20	Kil + Kalsit + Kolemanit								
613-74	574.20	64.51				13.62	2.10	19.77		
613-75	579.30	Kuvars + Kalsit + Kolemanit								
613-76	580.35	42.96				9.54		47.50		
613-77	585	Kil + Kuvars + Kalsit + Kolemanit								
613-78	589.70	Kuvars + Probertit								
613-79	590.10	Kil + Kuvars + Kalsit + Probertit								
613-80	593.10	Kil + Kuvars + Kolemanit + Probertit								
613-81	595	27.51				0.44		71.43	0.63	
613-82	602.70	Kuvars + Kolemanit + Probertit								
613-83	607.60	Kil + Kalsit + Kolemanit + Probertit								
613-84	614.55	63.80			14.36	1.11		1.56	19.16	
613-85	615.25	Kil + Kuvars + Dolomit + Kolemanit + Probertit								
613-86	621.70	31.87				1.20		20.26	46.67	
613-87	627.70	İllit / Mika + Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Aragonit + Feldispat + Kolemanit								

EK-4 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%) devamı

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İllit / Mika (%)	Klinoptilolit / Höylandit (%)	Aragonit (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)	Jips (%)
613-88	642	İllit / Mika + Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Aragonit + Feldispat + Kolemanit								
613-89	654.40	İllit / Mika + Kil + Kuvars + Kalsit + Aragonit + Feldispat + Kolemanit								
613-90	666.90	İllit / Mika + Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Aragonit + Feldispat + Kolemanit								
613-91	678.60	13.03	43.05			6.05	3.75	20.04	14.08	
613-92	684.10	26.53				3.65			69.82	

EK – 5 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İlit / Mika (%)	Klinoptilolit / Höylandit (%)	Aragonit (%)	Analimsim (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)	Jips (%)	Pirit (%)
619-8	326.50	23.33	34.71				13.68	19.38	4.92	3.99		
619-9	331.10	20.86	25.27	20.37			10.19	17.16	3.92	2.24		
619-10	344	32.40	8.68	12.40			3.26	8.61	24.25	10.41		
619-11	350.60	36.18	34.78	5.33			9.65	8.63	3.52	1.90		
619-12	358.50	25.37	9.06				4.01		39.01	22.55		
619-13	369	24.94	17.13	15.74	23.63		6.56	6.59	2.91	2.49		
619-14	370	18.58	15.20	14.39	14.58		6.00	6.17	23.18	1.90		
619-15	386	11.04	35.32	24.66	10.00		6.30	5.71	2.70	4.28		
619-16	389.50	15.34	26.54	31.46			6.65	11.47	8.54			
619-17	393.50	16.86			12.22		5.24		65.68			
619-18	396.40	13.22			19.16		6.17		51.50	9.94		
619-19	399	37.62					0.54		58.23	3.60		
619-20	401.50	44.96					1.38	4.27	49.39			
619-21-A	405.30	İlit/Mika + Amfibol + Kil + Kuvars + Feldispat + Kalsit + Dolomit + Klinoptilolit/Höylandit										
619-21-B	407	21.36	7.63	2.34	10.06		7.36	2.36	32.84	16.06		
619-22	409.70	23.03	21.41	18.89	14.25		6.66	8.50	3.98	3.28		
619-23	413.20	32.40	17.17	14.95	17.61		6.98	3.36	6.15	1.38		
619-24	421.10	20.95	19.74	17.19	16.45		8.08	6.19	9.66	1.75		
619-25	427.30	22.79	18.08	16.61			6.97	15.14	19.21	1.21		
619-26-A	433.10	15.76			14.27		8.20		21.12	40.66		
619-26-B	436	18.27			2.48		10.38		21.72	47.15		
619-27	441.60	25.90	28.90	10.03	12.90		7.59	3.82	8.95	1.92		
619-28	448	19.73	8.81		12.87		7.08		10.78	40.73		
619-29	456.90	61.54	5.97				9.09	5.33	16.78	1.28		
619-30	466.50	12.30			37.88		1.91		47.91			
619-31	468.10						0.61		99.39			
619-32	470.80	78.42					0.94	1.74	18.91			
619-33-A	472.40	20.53	16.49		3.72		0.98	22.27	31.56			4.45
619-33-B	473.8	20.33					0.49		79.18			
619-34	476.90	19.43					4.42		76.16			
619-35	482.70	41.43			2.50		2.64		53.43			
619-36	486.50	11.07					2.12		86.81			
619-37	490.50	46.70			4.23		4.19		44.88			
619-38	496.50	47.81	6.40		4.33		4.46		37.00			
619-39	502	İlit/Mika + Kil + Kalsit + Havlit										
619-40	502.90	Dolomit + Havlit										
619-41	505.20	40.42	42.09				6.68	6.39	1.27	3.16		
619-42	507	Dolomit + Havlit										
619-43-A	507.90	Jips + Havlit										

EK-5 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%) devamı

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İlit / Mika (%)	Klinoptilolit / Høylandit (%)	Aragonit (%)	Analsim (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)	Jips (%)	Pirit (%)
619-43-B	508	Kil + Kalsit + Jips + Anhidrit										
619-44	508.30	Kil + Jips + Anhidrit										
619-45	511	Kil + Kalsit + Jips + Anhidrit + Kolemanit + Havlit										
619-46	513.70	Jips + Anhidrit + Havlit										
619-47	521.50	Kil + Kuvars + Jips + Anhidrit										
619-48-A	522.10	Kuvars + Havlit										
619-48-B	523	Kil + Kuvars + Jips + Anhidrit										
619-49	524.50	Kil + Kuvars + Jips + Anhidrit										
619-50	525.40	Havlit										
619-51-A	526.40	10.86					0.52				88.62	
619-51-B	528.4	47.19	30.19					8.71	8.12		5.79	
619-52	531.70	30.58	52.99				6.24	6.97	1.00	2.21		
619-53	536.90	Jips + Anhidrit										
619-54	540.50	27.12						2.00	70.88			
619-55	546.10	Jips + Anhidrit										
619-56	551.50	68.86							31.14			
619-57	554.70	Havlit										
619-58	562.70	Jips + Havlit										
619-59-A	567.80	Jips + Anhidrit										
619-59-B	569	Jips + Anhidrit + Havlit										
619-60	572.30	39.63	30.95				11.53	12.07	3.34			2.48
619-61	579.65	33.95	37.44	6.55			6.93	12.61	2.53			
619-62	583.10	27.28		5.59			14.36		52.77			
619-63	584.40	Kil + Kuvars + Kalsit + Havlit										
619-64	584.90	Havlit										
619-65-A	589.50	Dolomit + Kolemanit										
619-65-B	590	Kil + Kuvars + Kolemanit + Havlit										
619-66	591.50	Havlit										
619-67	596.50	46.35					12.07		39.86			1.72
619-68	598.30	39.00					16.39		43.68			0.93
619-69	599.50	39.69	24.36	7.46			8.55	9.61	2.89	1.87		5.58
619-70	601	38.31					0.73		59.68			1.28
619-71	602.30	10.04					11.28		78.68			
619-72-A	604	55.10	11.18		14.97				18.75			
619-72-B	607	27.55							72.45			
619-73	610.25	12.38	31.78				7.92	7.20	23.80	16.93		
619-74	615.85	10.65	25.34		17.36	1.52	4.41	5.50	27.46	7.76		
619-75-A	617.50	19.17	30.80			2.29	5.23	2.55	29.48	10.48		
619-75-B	619.5	12.05	34.95		14.18	5.40	5.12		23.15	5.15		

EK – 5 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%) devamı

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İlit / Mika (%)	Klinoptilolit / Höylandit (%)	Aragonit (%)	Analsim (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)	Jips (%)	Pirit (%)
619-76-A	622.70	14.52				2.48	1.74	20.90	37.21	23.16		
619-76-B	624	18.17	8.11			1.55	3.33		46.88	21.95		
619-77-A	625.60	24.82					1.48		8.79	64.90		
619-77-B	628	20.89	22.15			2.01	5.37	11.57	19.81	18.21		
619-78	631.70	7.11	17.46				7.57	24.03	27.53	16.29		

EK – 6 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	ilit / Mika (%)	Opal- CT (%)	Klinoptilolit / Höylandit (%)	Aragonit (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kaist (%)	Dolomit (%)
632-1	5	71.33					7.02	3.22	18.44	
632-2	11.80	14.58	10.12		65.09		1.78	8.43		
632-3	20.60	7.39	7.42		74.78		1.19	9.21		
632-4	27	9.26	7.44		73.39		1.11	8.81		
632-5	33.80	17.23	17.95	9.08	29.06	10.93	4.54	7.95	3.27	
632-6	36	20.20	19.73	9.16	24.51	10.06	4.02	8.81	3.51	
632-7	42.70	9.66	10.78		3.96	3.50	1.16	1.60	34.69	34.66
632-8	43.50			22.11		60.16	2.68	1.99	13.05	
632-9	48.20	18.07	10.76	7.84	9.88	4.37	1.01	2.67	45.40	
632-10	53	14.35	23.80		30.84		5.05	11.13	14.83	
632-11	59	5.12		9.51	6.99	65.32	2.45		10.61	
632-12	62	35.88	18.48	6.93	10.19	10.50	4.56	5.81	7.68	
632-13	66.90			6.86		10.02	10.37		72.75	
632-14	70	8.35	20.51		6.85	8.32	3.10	16.19	32.11	4.57
632-15	75.30	24.49	18.88		27.39	18.15	3.49	5.30	2.31	
632-16	86	6.78	7.06	7.98	7.41	62.19	2.27		0.91	5.40
632-17	93.80	14.48	23.92	7.81	23.36	15.21	4.88	6.57	1.98	1.78
632-18	99.30	29.76	18.88	10.48	13.28		5.36	12.32	2.54	7.39
632-19	103	13.44	9.00	1.87	5.51	14.60	1.29	28.64	25.66	
632-20	107	11.71			16.00	23.33	0.42	3.24	45.30	
632-21	112.90	21.75	15.78	10.62	18.96	17.98	4.42	5.42	3.51	1.58
632-22	123.60	17.22	23.05	8.11	18.20	16.01	3.87	7.24	4.18	2.12
632-23	129.10	14.24	25.43		25.96		5.38	23.13	4.56	1.30
632-24	133.80	15.81	23.82		20.00		6.05	19.04	14.60	0.68
632-25	140.60	5.20			8.53	3.77	1.49		81.01	
632-26	145.90						2.08	7.41	20.99	69.52
632-27	156.50	24.42	26.89		16.03	11.80	5.57	6.67	6.51	2.11
632-28	171.90	34.80	24.08		9.99	14.18	6.00	3.85	5.55	1.55
632-29	178.50	14.13	7.88		8.69	40.30	2.03		26.97	
632-30	184.20						3.82		96.18	
632-31	192.10						7.87		92.13	
632-32	201.40	11.19					1.07		87.74	
632-33	206	24.88	19.44				4.46	2.76	48.46	
632-34	213	17.03	11.40				1.02	3.77	66.77	
632-35	222.30	40.57	8.05		3.70	9.80	3.24		34.66	
632-36	231	39.43	39.83		3.97		7.05	5.51	3.36	0.85
632-37	237.40	36.24	6.47				1.56		55.73	
632-38	244.70	34.68	38.70				10.03	14.40	2.19	
632-39	253.30	26.88					32.79		40.33	

EK – 6 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%) devamı

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İllit / Mika (%)	Opal-CT (%)	Klinoptilolit / Höylandit (%)	Aragonit (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)
632-40	255.10	19.34					5.32		75.34	
632-41	258.20	18.72	8.35		3.41		20.60		48.92	
632-42	265.50	Kil + Kuvars + Kalsit + Kolemanit								
632-43	273.20	Kalsit + Kolemanit								
632-44	275.30	Kil + Kalsit + Kolemanit								
632-45	275.31	43.83							56.17	
632-46	287.80	Kil + Kalsit + Kolemanit								
632-47	288.90	Kalsit + Dolomit + Kolemanit								
632-48	291.30	Kil + Kuvars + Kalsit + Kolemanit + Üleksit								
632-49	293.90	Kil + Kalsit + Dolomit + Kolemanit								
632-50	296.05	Kalsit + Dolomit + Üleksit								
632-51	298.20	Kil + Kalsit + Dolomit + Kolemanit								
632-52	299.60	Kil + Kalsit + Dolomit + Kolemanit								
632-53	301.30	Üleksit + Kalsit								
632-54	304	Üleksit + Kalsit								
632-55	307.60	Kil + Kalsit + Dolomit + Kolemanit								
632-56	310	Kuvars + Kalsit + Üleksit								
632-57-A	312.20	Üleksit								
632-57-B	313.5	Kil + Kalsit + Kolemanit								
632-58	317.20	Kalsit + Üleksit								
632-59	320.90	Üleksit								
632-60	322.70	Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Üleksit								
632-61	327.50	Üleksit + Probertit								
632-62	329.60	90.21	7.32				2.47			
632-63	333.40	Kalsit + Üleksit								
632-64	341.40	Kil + Kalsit + Üleksit								
632-65-A	346.80	Üleksit								
632-65-B	347.2	Kil + Kalsit + Üleksit								
632-66	347.80	İllit/Mika + Kil + Kalsit + Üleksit								
632-67	351.60	Kil + Kalsit + Üleksit								
632-68	353.90	27.16					2.17		70.06	0.62
632-69	361.80	62.36				14.24	3.24		20.16	
632-70	363.50	50.68	9.05			11.02	3.96		25.29	
632-71	367.90	İllit/Mika + Kil + Feldispat + Kalsit + Aragonit + Kolemanit								
632-72	377.20	Kuvars + Kalsit + Üleksit								
632-73	378.50	Kil + Kalsit + Dolomit + Aragonit + Üleksit								
632-74-A	381.10	Üleksit								
632-74-B	381.9	Kuvars + Kalsit + Aragonit + Üleksit								
632-75	382.60	39.37				48.30			11.59	0.73

EK-6 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%) devamı

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İllit / Mika (%)	Opal- CT (%)	Klinoptilolit / Höyländit (%)	Aragonit (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)
632-76-A	389.50	Kuvars + Kalsit + Üleksit								
632-76-B	400.5	Kuvars + Aragonit + Üleksit								
632-77	401.40	50.46	5.93			33.67	1.49	1.47	3.63	3.36
632-78	407.40	Kalsit + Üleksit								
632-79	412.10	Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Probertit								
632-80	415.50	Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Probertit								
632-81	417.80	Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Probertit								
632-82	428.70	47.28	8.95			36.07	1.75	1.59	1.23	3.13
632-83	432.60	65.16				24.92	2.77	1.92	1.76	3.46
632-84	436.90	Kil + Kalsit + Kolemanit								
632-85	440	30.58	9.93			33.74	2.59	2.92	9.77	10.45
632-86	516.40	Kil + Kuvars + Kalsit + Aragonit + Kolemanit								
632-87	541.50	Kil + Kuvars + Kalsit + Aragonit + Kolemanit								
632-88	569.40	13.78	6.15			30.96	2.57		18.83	27.70
632-89	570.50	Kuvars + Kalsit + Aragonit + Kolemanit								
632-90	591	Kil + Kuvars + Feldispat + Kalsit + Aragonit + Kolemanit								
632-91	612.70	19.49	8.70			11.30	3.26	3.02	14.00	40.23
632-92	618.20	İllit / Mika + Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Aragonit + Kolemanit								
632-93	626.40	13.59	6.07			20.92	1.46	3.76	53.27	0.93
632-94	633.80	15.60	11.60			16.01	13.93	2.88	39.98	

EK – 7 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İllit / Mika (%)	Opal- CT (%)	Klinoptilolit / Höyländit (%)	Aragonit (%)	Analsim (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)	Jips (%)
644-6	92.20	15.04	23.49	5.03	25.91	11.17		5.00	9.16	3.35	1.85	
644-7	104.50	19.11	6.09	15.23	24.63	4.45		0.98	3.93	19.61	5.97	
644-8	118.70	18.07	8.06			12.27		1.84	1.00	33.13	25.63	
644-9	124	17.47	5.20		5.57	44.84		1.25	1.61	21.66	2.39	
644-10	128.50		14.73		4.51			0.99	3.65	62.59	13.53	
644-11	134	14.37	17.86	6.87	28.62	19.52		3.27	4.55	2.49	2.46	
644-12	139.50	9.95	17.20	6.01	31.62	20.72		3.96	4.96	3.21	2.38	
644-13	142.50	23.75	22.12	9.41	10.45	20.57		3.21	5.15	2.66	2.68	
644-14	147	18.97	15.72	5.79	28.15	15.71		3.70	7.50	2.60	1.85	
644-15	154	15.87	22.67	7.97	11.72	6.04		5.32	24.61	4.50	1.30	
644-16	158		6.10	12.71	6.23	30.55		0.98	1.51	35.05	6.86	
644-17-A	161	İllit / Mika + Kil + Amfibol + Kuvars + Opal- CT + Feldispat + Kalsit + Dolomit + Klinoptilolit / Höyländit										
644-17-B	163	6.34	5.66	19.15	10.40	42.77		0.91	1.23	11.70	1.84	
644-18	169.30	9.69	20.19	6.61	25.18	17.56		5.33	7.16	4.90	2.43	0.95
644-19	172.70	20.00	23.21	6.20	16.77	16.18		4.50	7.09	3.37	2.19	0.50
644-20	181.30	12.33	36.15		30.33			6.02	8.77	2.85	2.89	0.66
644-21	186.30	19.67	28.36	7.03	15.30			4.99	12.56	9.11	2.17	0.81
644-22	192	11.03	4.92	6.15	6.03	11.98		1.32	3.05	40.44	15.07	
644-23	193	7.13			5.85	7.75		1.71	6.32	55.17	16.08	
644-24-A	198	28.87				6.54		1.73	6.39	55.49	0.99	
644-24-B	201	82.06		4.49	3.96			1.36	4.28	3.86		
644-25	212.30	17.22	27.33	5.34	20.40			6.59	13.77	7.07	1.57	0.71
644-26	217.70	51.92	5.19	16.81	17.62			1.54	1.49	5.43		
644-27	221.20	10.04	29.14		39.55	9.10		2.67	4.45	4.57	0.48	
644-28	226	62.39	11.84	2.61	7.25			5.52	4.32	6.07		
644-29	231	5.39				9.77		2.06		81.30	1.47	
644-30	237.20	5.89						1.69		92.41		
644-31	248.80	11.77						1.13	2.61	84.50		
644-32	255.40	34.41				1.56		2.68		61.35		
644-33	259.70	43.79	5.58			2.27		2.24		43.98	2.14	
644-34	268.70	43.10	11.54			6.25		3.92	2.39	29.87	2.95	
644-35	272.70	34.05	11.40		9.31	9.25		2.04	4.71	27.78	1.45	
644-36	278	21.34						2.04		76.62		
644-37-A	284									100.00		
644-37-B	286	27.26						1.96		70.78		
644-38	290.10	15.86						22.77		61.37		
644-39	291.40	25.11	7.47					5.61		61.81		
644-40	296.60	35.17	35.68					10.71	13.45	3.23	1.75	
644-41	301.90	23.57						18.42		58.01		

EK-7 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%) devamı

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İllit / Mika (%)	Opal-CT (%)	Klinoptilolit / Höyländit (%)	Aragonit (%)	Analsim (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)	Jips (%)
644-42	306.40	16.05						29.95		53.99		
644-43	310.40	27.74						18.58		53.67		
644-44	313.80	18.23	49.99		6.41			8.97	12.11	1.98	2.31	
644-45	316.50	41.23						5.59		53.18		
644-46-A	322.30	İllit / Mika + Kalsit + Kolemanit										
644-46-B	324	Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Kolemanit										
644-47	326.70	İllit / Mika + Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Kolemanit										
644-48	328.70	Kil + Kuvars + Kalsit + Kolemanit										
644-49	331.20	41.47						3.14		53.49	1.89	
644-50	334.30	20.97	37.45				7.17	11.79	16.26	6.37		
644-51	340.6	13.91	51.73				9.11	7.98	15.40	1.88		
644-52	345.50	7.89	35.21				6.96	6.92	42.22	0.80		
644-53	348.60	43.03	6.40			18.71	4.66	10.23	3.49	6.82	6.67	
644-54-A	352.60	Üleksit										
644-54-B	353.5	Dolomit + Üleksit										
644-55	355.40	Kil + Kuvars + Kalsit + Aragonit + Kolemanit										
644-56	361	Kil + Kuvars + Probertit										
644-57	366.30	55.29				31.21		2.92	1.42	1.95	7.21	
644-58	367.80	İllit / Mika + Kil + Kuvars + Feldispat + Kalsit + Dolomit + Kolemanit										
644-59	370.30	64.16				24.96		1.43	1.40	2.66	5.39	
644-60	375.50	18.58	29.85				2.54	6.04	7.82	27.81	7.36	
644-61	379.10	56.00				16.91		15.41		3.07	8.61	
644-62	381.30	51.45				43.59		1.19		2.52	1.25	
644-63	384.60	46.04				33.36		4.37	11.36	1.26	3.60	
644-64	385.90	32.62	21.03			11.49	3.72	6.07	17.06	1.83	6.19	
644-65	390.60	49.92	4.84			27.13		1.69	9.73	1.43	5.27	
644-66	392.60	61.94				20.19		2.43	1.65	2.19	11.60	
644-67	395.30	54.92						1.56	1.45	19.18	22.88	
644-68	400.40	3.09	33.06				1.58	8.12	19.82	23.57	10.76	
644-69	405.50	16.42	40.32					7.01	3.64	20.08	12.54	
644-70	415.40	15.67	43.13					4.75	6.94	19.68	9.82	
644-71-A	418.30	12.90				4.67		1.85		43.08	37.49	
644-71-B	420	20.77	6.95					3.73	2.87	12.08	53.59	
644-72	424.60	13.01	29.04					7.94	7.20	25.01	17.79	
644-73	430.70	22.40	12.85					10.95	11.34	21.52	20.78	0.17
644-74	438.20	11.44	35.73					8.32	13.17	12.96	18.14	0.24
644-75	441.40	10.35	23.10					9.47	15.18	17.67	24.23	
644-76	447.10	17.17	39.84					5.95	9.88	13.80	12.44	0.92

EK – 7 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%) devamı

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	ilit / Mika (%)	Opal-CT (%)	Klinoptilolit / Høylandit (%)	Aragonit (%)	Analsim (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)	Jips (%)
644-77	451.70	11.76	23.62					8.58	9.44	22.61	23.51	0.47
644-78	453.40	16.87	40.48					5.90	7.47	16.11	12.25	0.90
644-79-A	468.50	17.65	15.76			7.46		3.24	2.61	45.24	8.04	
644-79-B	470	16.23	12.07			23.51		2.33		39.94	5.92	
644-80	475.50	9.62				13.94		3.45		72.99		
644-81-A	476.60	21.27						3.90	14.13	54.88	5.82	
644-81-B	478	20.48						2.94		70.97	5.60	
644-82-A	483.50	12.63	8.46			13.73		2.57		46.64	15.97	
644-82-B	486	17.26	23.12					5.37	5.73	33.18	15.34	
644-83-A	523.50	18.97	8.47			18.65		2.85	6.00	20.42	24.64	
644-83-B	526	21.88	6.84			26.96		2.46	12.84	16.60	12.42	
644-84	538.20	11.64	8.90		2.73	44.87		2.19	14.73	11.77	3.18	
644-85	558	20.64	4.61			42.06		2.26	15.81	12.62	2.00	
644-86	562.50	29.07	18.54			6.02		4.17	3.22	30.46	8.52	
644-87	568.50	17.51	3.55			41.53		2.17	15.87	12.08	7.29	
644-88	582	10.96				4.96		1.05	2.43	42.40	38.20	
644-89	592.50	17.48	5.20					2.23		44.81	30.28	
644-90	597.30	14.41	44.32	4.47	12.26			2.64	8.51	11.75	1.64	

EK – 8 – Emirler Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İlit / Mika (%)	Klinoptilolit / Höylendit (%)	Aragonit (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)
613-30	177.50	10.09	2.25	46.89			40.77	
613-31	186.90	4.60	14.38	56.62		5.21	19.19	
613-32	190.90	7.62	11.06	77.10			4.22	
613-33	198	9.84	8.78	79.63			1.74	
613-34	213.70	7.99	8.02	80.24			3.76	
613-35	215.90	7.15	7.97	66.42		6.20	12.26	
613-36	236.40	4.27	6.68	87.63			1.42	
613-37	253.20	10.29	6.43	83.28				
613-38	274.40	7.68	6.00	77.13			1.91	7.28
613-39	295.80	7.91	8.83	80.57			2.19	0.50
613-40	307.60	23.58	7.02	61.45		3.08	4.87	
613-41	321	4.31	3.85	87.16		2.06	2.62	
613-42	334	5.92	8.81	80.39		2.27	2.62	
613-43	348.20	8.19	7.31	66.31	14.55	2.00	1.63	
613-44	355	7.06	5.51	71.38	10.54	3.76	1.76	
613-45	371.80	6.55	13.64	29.83	6.72	5.22	35.28	2.76
613-46	381.70	8.12	5.44	82.13			2.47	1.85
613-47	392	7.67	13.00	62.46	9.16	1.80	3.74	2.17
613-48	399.20	9.93	7.39	66.54	10.80	2.22	3.12	

EK – 9 – Emirler Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İlit / Mika (%)	Opal- CT (%)	Klinoptilolit / Höyländit (%)	Aragonit (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)
619-1	103.30	26.27	10.94	13.02	44.05		1.26	4.46		
619-2	125.50	19.74	6.17	11.01	59.37		1.09	2.62		
619-3	217.50	8.15	12.36	11.21	64.60		0.97	2.71		
619-4	249	7.16	5.76	13.32	56.80	7.27	0.93	1.75	7.03	
619-5	284.80	13.78	7.99	11.27	53.86	6.74	1.42	3.81		1.13
619-6	289.40	18.62	15.51		41.40	4.95	4.01	13.74		1.78
619-7	320.50	8.27	8.86		67.36	8.68	1.19			5.65

EK – 10 – Emirler Tüf üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İllit / Mika (%)	Opal- CT (%)	Klinoptilolit / Höylandit (%)	Aragonit (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)
644-1	6.50	3.94	7.91	9.89	77.03		1.23	
644-2	22.30	8.31	8.90	8.34	66.35		0.91	7.18
644-3	40.70	5.29	6.30	9.51	49.67		1.31	27.93
644-4	54	8.26	5.16		66.40	15.86	1.03	3.29
644-5	71.50	6.49	5.79		65.61	13.51	1.24	7.36

EK – 11 – İskele üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-TK sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Kil (%)	İlit / Mika (%)	Klinoptilolit / Höylandit (%)	Aragonit (%)	Kuvars (%)	Feldispat (%)	Kalsit (%)	Dolomit (%)
613-1	13.90	36.79	8.60	30.66		1.80	10.09	12.05	
613-2	16	38.17	4.79	11.74	28.74	1.34	3.96	3.92	7.34
613-3	19.80					0.66		0.93	98.40
613-4	25.60	5.17		5.66		0.99		81.11	7.07
613-5	27.70	5.26		5.76		5.54		82.00	1.44
613-6	32.40	38.71				3.84			57.45
613-7	35.50	50.36				0.55	1.52		47.57
613-8	37.30	39.94							60.06
613-9	41.70	45.35				2.65			52.00
613-10-A	47	10.27	8.02	38.62	6.51	7.07	10.81	18.70	
613-10-B	49	12.93	14.43	36.23		2.55	9.66	24.20	
613-11	54.70	37.19	8.30	9.15		2.76	2.06	27.84	12.71
613-12	57.60					2.62		94.88	2.50
613-13	63.80	27.38				1.53		71.09	
613-14	74.40	Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Aragonit + Anhidrit							
613-15	80.30	72.62				9.01		18.37	
613-16	87.10	23.57			64.90			5.25	6.28
613-17	93.50	Kil + Kuvars + Kalsit + Dolomit + Anhidrit							
613-18	95.40	14.49			58.80	1.25	2.89	22.58	
613-19	97.70	38.28				18.84		42.88	
613-20	103.80	22.96	8.20	6.28	6.65	2.97	5.08	35.30	12.55
613-21	104.80	Kil + Kuvars + Kalsit + Anhidrit							
613-22	111	26.79						69.55	3.66
613-23	115.30	13.03	7.47	72.75			3.91	2.07	0.76
613-24	122.90	12.42	5.54	79.80			1.60	0.63	
613-25	137.70	12.00	6.25	79.31			2.44		
613-26	143.40	6.45	6.71	85.18			1.67		
613-27	157.50	10.22	6.39	81.58			1.81		
613-28	167.90	9.42	7.57	74.67			8.34		
613-29	170.50	10.35	4.62	83.20			1.83		

EK – 12 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-KF sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Simektit (%)	Klorit (%)	İllit (%)	Kaolinit (%)
613-54	449.10	94.69		1.77	3.54
613-56	473.40	56.79	8.64	30.86	3.70
613-63	511.40	98.33		0.83	0.83
613-67	543.30	58.45	12.79	22.37	6.39
613-74	574.20	96.30		1.85	1.85
613-76	580.35	97.90		0.70	1.40
613-79	590.10	94.78		2.24	2.99
613-84	614.55	99.17		0.42	0.42
613-89	654.40	8.24	17.65	56.47	17.65

EK – 13 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 619 sondajına ait örneklerin XRD-KF sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Simektit (%)	Klorit (%)	İllit (%)	Kaolinit (%)	Serpantin (%)
619-8	326.50	27.45	13.73	52.94	5.88	
619-11	350.60	34.21	10.53	38.16	17.11	
619-14	370	49.53	14.95	32.71	2.80	
619-16	389.50	71.23	5.48	21.92	1.37	
619-17	393.50	98.36			1.64	
619-19	399	99.06			0.94	
619-20	401.50	97.74		1.50	0.75	
619-21-A	405.3	95.07		4.93		
619-23	413.20	76.16	3.31	15.23	5.30	
619-26-B	436	76.67	13.33	10.00		
619-27	441.60	58.79	6.67	26.06	8.48	
619-29	456.90	74.85	7.36	14.72	3.07	
619-32	470.80	100.00				
619-33-A	472.40	98.48			1.52	
619-38	496.50	76.25	3.75	18.13	1.88	
619-39	502	96.72	0.82	1.64	0.82	
619-41	505.20	71.43	3.25	18.83	6.49	
619-45	511	100.00				
619-48-B	523	100.00				
619-49	524.50	100.00				
619-51B	528.4	78.67	6.67	13.33	1.33	
619-56	551.5	100.00				
619-60	572.30	47.64	11.32	27.36	13.68	
619-62	583.10	92.59		3.70	3.70	
619-63	584.40	100.00				
619-65-B	590	100.00				
619-67	596.50	99.19			0.81	
619-69	599.50	83.12	3.25	11.69	1.95	
619-70	601	95.45		2.73	1.82	
619-72-A	604	90.30	2.24	5.97	1.49	
619-73	610.25	42.06	11.68	25.70	14.02	6.54
619-76-B	624	69.52	8.56	14.97	3.21	3.74
619-77-A	625.6	57.35	9.00	21.33	12.32	

EK – 14 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 632 sondajına ait örneklerin XRD-KF sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Simektit (%)	Klorit (%)	İllit (%)	Kaolinit (%)
632-4	27	80.00		20.00	
632-5	33.80	39.50	10.92	46.22	3.36
632-7	42.70	31.03	17.24	44.83	6.90
632-10	53	61.70	10.64	27.66	
632-12	62	54.33	4.72	31.50	9.45
632-14	70	35.14		48.65	16.22
632-17	93.80	70.00	6.00	22.00	2.00
632-18	99.30	76.82	3.31	18.54	1.32
632-20	107	88.89		11.11	
632-23	129.10	41.51	9.43	45.28	3.77
632-24	133.80	45.30	7.73	44.75	2.21
632-28	171.90	69.89	2.69	19.35	8.06
632-29	178.50	42.25	14.08	36.62	7.04
632-33	206	32.50	17.50	38.75	11.25
632-35	222.30	83.92	2.80	11.89	1.40
632-36	231	86.75	3.61	7.23	2.41
632-38	244.70	50.69	11.52	29.03	8.76
632-42	265.50	99.14			0.86
632-44	275.30	100.00			
632-45	278.9	98.43		0.79	0.79
632-48	291.30	100.00			
632-52	299.60	100.00			
632-55	307.60	100.00			
632-57-B	313.5	100.00			
632-60	322.70	99.26			0.74
632-62	329.60	93.18	0.76	3.79	2.27
632-66	347.80	98.15			1.85
632-70	363.50	97.78		0.74	1.48
632-71	367.90	94.57	0.78	3.88	0.78
632-73	378.50	98.43			1.57
632-75	382.60	100.00			
632-77	401.40	98.43		1.57	
632-80	415.50	96.53		2.08	1.39
632-85	440	93.24	2.03	3.38	1.35
632-87	541.50	35.80	17.28	30.86	16.05
632-94	633.80	40.00	13.33	33.33	13.33

EK – 15 – Uzun Tepe üyesi kapsamındaki 20BM – 644 sondajına ait örneklerin XRD-KF sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Simektit (%)	Klorit (%)	İllit (%)	Kaolinit (%)	Serpantin (%)
644-6	92.20	36.84	9.21	50.00	3.95	
644-13	142.50	43.27		41.35	15.38	
644-15	154	65.79		26.32	7.89	
644-17-B	163			100.00		
644-19	172.70	48.39	10.75	39.78	1.08	
644-26	217.70	100.00				
644-32	255.40	80.00	4.00	12.00	4.00	
644-34	268.70	77.92	3.25	15.58	3.25	
644-37-B	286	99.14			0.86	
644-40	296.60	33.33	11.90	30.95	23.81	
644-41	301.90	89.29		5.95	4.76	
644-43	310.40	90.55	1.57	6.30	1.57	
644-44	313.80	60.00	6.43	28.57	5.00	
644-45	316.50	96.80	0.40	2.40	0.40	
644-46-B	324	94.85	0.74	3.68	0.74	
644-47	326.70	97.60		0.80	1.60	
644-48	328.70	98.48			1.52	
644-49	331.20	97.64		1.57	0.79	
644-50	334.30	53.33	15.00	25.83	5.83	
644-53	348.60	95.65		4.35		
644-55	355.40	98.48		1.52		
644-57	366.30	100.00				
644-59	370.30	97.46		1.69	0.85	
644-61	379.10	95.76		4.24		
644-62	381.30	100.00				
644-63	384.60	100.00				
644-66	392.60	100.00				
644-69	405.50	26.22	14.23	36.33	23.22	3.75
644-71-B	420	78.43	6.54	13.07	1.96	
644-75	441.40	10.53	18.42	42.11	28.95	14.74
644-78	453.40		16.67	43.21	40.12	
644-82-B	486	52.82	14.08	24.65	8.45	
644-86	562.50	31.50	14.17	37.01	17.32	
644-90	597.30	80.84	3.59	13.17	2.40	

EK – 16 – İskele üyesi kapsamındaki 20BM – 613 sondajına ait örneklerin XRD-KF sonuçları (%)

Örnek No	Derinlik (m)	Simektit (%)	Klorit (%)	İlit (%)	Kaolinit (%)
613-1	13.90	91.74		8.26	
613-7	35.50	99.21		0.79	
613-9	41.70	98.43		1.57	
613-11	54.70	45.59	8.82	33.09	12.50
613-15	80.30	100.00			
613-17	93.50	100.00			